

Bulut Tabanlı Öğrenme Yönetim Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Analizi Yaklaşımı

Araştırma Makalesi/Research Article

 Hakan ÖZCAN¹,  Bülent Gürsel EMİROĞLU²

¹Bilgisayar Teknolojileri, Amasya Üniversitesi, Amasya, Türkiye

²Bilgisayar Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

hozcan@amasya.edu.tr, emiroglu@kku.edu.tr

(Geliş/Received:10.07.2019; Kabul/Accepted:26.01.2020)

DOI: 10.17671/gazibtd.589757

Özet— Bulut bilişim teknolojisinin gelişmesiyle öğrenme yönetim sistemleri (ÖYS'ler) yeni özellikler ve servis seçenekleri kazanmıştır. Buna bağlı olarak artan ürün alternatifleri arasından seçim yapma süreci zorlaşmıştır. Belli kriterlere bağlı en uygun bulut tabanlı ÖYS'yi seçmek kurumlar için önemli bir karar verme sorunu olmuştur. Bu çalışmada, kurumların bir grup bulut tabanlı ÖYS arasından belli kriterlere uygun seçim yapabilmesini kolaylaştıracak Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) tabanlı bir model geliştirilmiştir. Bu modelde, bulut tabanlı ÖYS seçiminde etkili olabilecek içerik desteği, etkileşim ve iş birliği, ölçme ve değerlendirme, ders yapısı, arayüz, verimlilik araçları, platform esnekliği, ölçeklenebilirlik, güvenlik, destek ve lisanslama kriterleri literatüre ve uzman görüşlerine dayalı incelenmiş ve oluşturulan bir hiyerarşik yapı ile sunulmuştur. Çalışmada hem kriterler hem de durum çalışması kapsamında ele alınan altı alternatif, çevrim-içi eğitim alanında uzman yedi karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Belirlenen kriterlere bağlı olarak, seçilen alternatifler arasında yapılan bulanık ikili karşılaştırmalar sonucu en uygun bulut tabanlı ÖYS, TalentLMS olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler— çok kriterli karar analizi, bulanık analitik hiyerarşi süreci, bulut tabanlı öğrenme yönetim sistemleri

A Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis Approach for Cloud-Based Learning Management System Selection

Abstract—With the development of cloud computing technology, learning management systems (LMSs) have gained new features and service options. Consequently, the process of choosing among increasing product alternatives has become difficult. Choosing the most appropriate cloud-based LMS with certain criteria has been an important decision-making problem. In this study, a model has been developed by using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to facilitate selection of the most suitable one from a group of cloud-based LMSs according to certain criteria. In this model, content support, interaction and collaboration, measurement and evaluation, course structure, interface, productivity tools, platform flexibility, scalability, security, support and licensing criteria that can be effective in cloud-based LMS selection are examined based on literature and expert opinions, and presented in a hierarchical structure. In the study, both the criteria and six alternatives in the context of a case study were evaluated by seven decision-makers specialized in the field of online education. Based on the determined criteria, the most appropriate cloud-based LMS was chosen as TalentLMS as a result of fuzzy pairwise comparisons between the selected alternatives.

Keywords— multi criteria decision analysis, fuzzy analytic hierarchy process, cloud based learning management systems

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çevrimiçi teknolojilerde yaşanan gelişmeler, öğrenme yönetim süreçlerini kolaylaştıran araçların yeni özellikler

kazanmasını sağlamıştır. Bu araçların başında gelen öğrenme yönetim sistemleri (ÖYS) öğrenme materyallerinin hazırlanması, iletilmesi, izlenmesi ve raporlanması gibi eğitim-öğretim süreçlerinin

yürütülmesinde yararlanılan bir teknolojidir. Bu sistemler, kurumlara ortak bir arayüz üzerinden çevrimiçi veya karma (kısmen çevrimiçi ve kısmen yüz yüze) kurslar oluşturma ve ilişkin değerlendirme faaliyetlerini yönetme imkanları sağlamaktadır [1,2]. ÖYS'ler taşıdıkları özelliklere ve servis şekillerine göre farklılık gösterebilmektedir. Bugün, bulut tabanlı çözümlere ait uygulama alanlarının genişlemesi ÖYS'lerin mimari yapılarında ve servis seçeneklerinde önemli yenilikler oluşturmuştur [3]. Bulut tabanlı ÖYS'ler geleneksel kurum merkezli ÖYS'lerden farklı olarak ölçeklenebilir servis özellikleriyle bilgiyi uzak sunucularda depolamak ve kurum tarafından herhangi bir kurulum veya bakım gerektirmeden altyapıyı kullanıma hazır sunmaktadır [4,5]. Kurumların bulut tabanlı ÖYS'lere olan ilgisi ve alternatif bulut tabanlı ÖYS sayısı her geçen yıl artmaktadır [6]. Artan seçenekler arasında en uygun alternatifin seçilmesi kurumlar için kompleks bir karar sürecini başlatmıştır [5]. En uygun bulut tabanlı ÖYS seçiminde mevcut sistemlere ait özelliklerin incelenmesi ve bu özelliklerin beklentiyi şekillendiren kriterlere göre karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, bulut tabanlı ÖYS'lerin kurumların ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini ortaya çıkarma süreci çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak kabul edilebilir.

ÇKKV yöntemleri ile en iyi ürün, servis ve kaynak seçimine ve alternatiflerin belirlenmesine yönelik literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur [7]. Son yıllarda, ÖYS'lerin değerlendirilmesine yönelik yürütülen birçok çalışma en iyi seçimin yapılabilmesini kolaylaştırmak amacıyla çeşitli metotlar kullanarak uygulama örnekleri sunmuştur. 2010 yılında yapılan bir çalışmada [8], ÖYS seçimi belirli bir projenin amaçlarına bağlı kriterlerle AHS metodunu kullanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Atutor, Blackboard, Dokeos, E-nocta, HotChalk, Ilias, Joomla, Moodle, Sakai Project ve Sumtotal Systems incelenmiş ve en iyi sistem önerisi olarak Moodle belirlenmiştir [8]. 2011 yılında yapılan bir durum çalışmasında [9] ise Docent, Quasar, Claroline, IWT, Running Platform, Moodle, ATutor, ADA, Ilias3 ve Docebo sistemleri belirlenen 5 kritere göre ve 3 farklı kullanım senaryosu dikkate alınarak AHS metoduyla incelenmiştir. Çalışmadaki bulgulara göre en uygun ÖYS'ler: Bilgisayar okuryazarlığı kursu (ECDL) ve karma-aktivite temelli kurs senaryoları için Docent, profesyonel eğitim amaçlı kullanım için ise Atutor olarak belirlenmiştir [9]. 2012 yılında yapılan bir başka çalışmada [10] AHS metodu kullanılarak CLIX 5, Blackboard 6 ve Moodle 1.5.2'yi incelenmiştir. Bu çalışmada, Kurilovas [11] tarafından önerilen temel kriterler bir alan uzmanı tarafından ikili karşılaştırmalarla kıyaslanmış ve CLIX 5 kriterlere en uygun ÖYS olarak belirlenmiştir [10]. 2013 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada [12] TOPSIS metodu kullanılarak üç farklı ÖYS'nin performansları değerlendirilmiştir. Değerlendirme modeline ait kriterlerin literatüre ve uzman görüşlerine bağlı belirlendiği bu çalışmada, en uygun seçeneğin ikinci ÖYS olduğu raporlanmış ve kriter ağırlıklarının AHS veya AAS (Analitik Ağ Süreci) ile bulunabileceği öneri olarak sunulmuştur [12]. ÖYS seçimine yönelik daha önce

yapılan bir araştırmanın [8] değerlendirme kriterlerini ve ÖYS adaylarını tekrar ele alan 2015 yılında yapılan başka bir çalışmada [13] ise bulanık AHS metoduyla ÖYS'ler incelenmiş ve Joomla LMS en iyi alternatif olarak seçilmiştir. Kurumlarda etkili uzaktan eğitim sistemi için ÖYS seçim sürecini inceleyen bir çalışmada [14] lisans maliyeti, esneklik, güvenlik ve pazar payı faktörleri açısından Sakai, Moodle, BlackBoard ve SharePoint LMS AHS metoduyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre lisans maliyeti ve esneklik açısından açık kaynak kodlu ÖYS'lerin (Sakai ve Moodle); güvenlik ve pazar payı dikkate alındığında ise ticari ÖYS'lerin (BlackBoard ve SharePoint) daha avantajlı olduğu raporlanmıştır [14]. 2017 yılında yapılan bir çalışmada [15] BAHS ve bulanık TOPSIS kullanarak beş uzman görüşlerine göre öğrenme yönetim sistemleri değerlendirilmiştir. ATutor, Claroline, Sakai, Moodle, OLAT ve Dokeos'un durum çalışmasına alındığı bu çalışmada, literatüre ve uzman görüşlerine dayalı oluşturulan değerlendirme kriterlerine göre yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu Moodle en iyi alternatif olarak seçilmiştir [15]. Aynı yıl yapılan bir başka çalışmada [16] ise özellik-filtreleme yoluyla bulut tabanlı ÖYS'ler için bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma kapsamında Collaborize Classroom, CourseSites, Ecto, Edmodo, GoConqr ve Google Classroom olmak üzere altı adet sistem avantaj ve dezavantaj olarak önerilen maddelerle değerlendirme altına alınmış, sonuç olarak bulut tabanlı ÖYS'lerin diğer ÖYS'lerden farklı yapısal özelliklere ve kendine özgü avantajlara veya dezavantajlara sahip olduğu raporlanmıştır [16]. 2019 yılında yapılan bir başka çalışmada [17] Moodle, Sakai ve NTEL ÖYS'leri AHS metodu kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada, literatürdeki kriterler uzman görüşleri alınarak seçilmiş, ikili karşılaştırmalar sonucunda NTEL en uygun ÖYS olarak belirlenmiştir [17].

Bugüne kadar birçok çalışmada başta geleneksel AHS olmak üzere farklı metotlar izlenerek ÖYS değerlendirmeleri yapılmıştır. Literatürde [18]–[20] ÇKKV metotlarıyla yapılmış, bulut tabanlı hizmetlerin seçimine ve adaptasyonuna özgü çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Buna rağmen, doğrudan bulut tabanlı ÖYS'lere özgü yapılmış henüz yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, en uygun bulut tabanlı ÖYS seçiminin yapılabilmesi için ÇKKV yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) izlenerek bir model geliştirilmiştir. Bu modelde öncelikle, bulut tabanlı ÖYS seçiminde etkili olabilecek kriterler literatüre ve alan uzmanlarının görüşlerine dayalı oluşturulmuş ve bir hiyerarşik yapıda sunulmuştur. Ardından, kriterler arası yerel ve genel öncelikler ikili karşılaştırmalarla belirlenmiştir. Daha sonra ise bir durum çalışması kapsamında Docebo, iSpring Learn, TalentLMS, 360learning, LatitudeLearning ve Litmos bulut tabanlı ÖYS alternatifleri belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonraki bölümleri sırayla; bulut tabanlı ÖYS'leri değerlendirmede kullanılabilecek kriterleri, çalışmada izlenen genişletilmiş BAHS metodunu, geliştirilen modeli ve hiyerarşik yapıyı,

gerçekleştirilen uygulamayı, bulguları ve sonucu içermektedir.

2. BULUT TABANLI ÖYS DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ (CLOUD BASED LMS EVALUATION CRITERIA)

Bulut bilişim sayesinde, donanım ve yazılımı ilgilendiren kurulum, güncelleme ve güvenlik zorlukları, sağlanan isteğe-bağlı ve esnek servis seçenekleri ile aşılabilir yenilikçi öğrenme ortamlarının gelişimine katkı sağlayacak imkanlar doğmuştur [21]. Kurumların eğitim-öğretim süreçlerinde bulut tabanlı çözümleri tercih etmelerinin temel nedenleri başında maliyet, güvenilirlik, uyarılabilirlik, yönetim, zaman kazanımı, öğretme ve öğrenmedeki yeni yönelimler olduğu görülmektedir [22]. Bu bağlamda yapılan literatür taraması, ÖYS'lerin seçiminde rol alan kriterlerin de zaman içinde teknolojik gelişmelere uygun şekillendiğini göstermektedir. Literatür taraması yapılırken kriterlerdeki çeşitliliği ortaya çıkarmak hedeflenmiştir. Bu amaçla İnternet erişim ağı üzerinden, öğrenme yönetim sistemleri (learning management systems), değerlendirme kriterleri (evaluation criteria), değerlendirme faktörleri (evaluation factors), seçim kriterleri (selection criteria), sistem analizi (system analysis), uygulama ve kullanım (implementation and use) gibi anahtar kelimelerle kombinasyonlar yapılarak, başlıkta, özetle ve anahtar kelimelerde ULAKBİM, ScienceDirect, Springer, Web of Science, Google Scholar ve EBSCO arama motorlarında tarama yapılmıştır. Bulunan sonuçlar yıllara göre sıralanmış ve aynı sıra ile de vurgu yapılan başlıklar gruplanarak raporlanmıştır.

Yıldırım ve diğerleri [23] iyi bir ÖYS'de içerik ve öğretim tasarımı, yönetim ve destek araçları, teknik altyapı, arayüz özellikleri, işlevsellik ve kuruma uygun lisanslama konularının önemli seçim kriterleri olduğuna vurgu yapmıştır. Black ve diğerleri [24] ÖYS'lerin sınav araçları, forumlar, canlı ders formatı, notlandırma mekanizmaları bulundurma gerektirdiğini ve denenebilir olmasını belirtmiştir. Salmeron [25] ÖYS'lerde olması gereken kritik faktörleri bulanık bilişsel harita modeli üzerinde göstermiştir. Bu modele göre senkron ve asenkron iletişim araçları, uyumluluk standartları, içerik yapısı ve arayüzün kullanılabilirliği, ücretlendirme, bakım maliyetleri, ödev yönetimi ve çoklu medya içerik araçları ÖYS seçimini etkileyen kritik faktörler olarak sunulmuştur [25]. ÖYS'lerin değerlendirme metodolojilerini inceleyen bir çalışmada [11] önemli seçim kriterleri arasında güvenlik, diğer platformlarla entegre edilebilirlik, satın alma ve lisanslama maliyetleri, kişiselleştirilme, yerleştirme ve esnek navigasyon seçeneklerinin olması gerektiği ele alınmıştır. Ma ve diğerleri [26] bulut tabanlı ÖYS yapılarının adaptasyonunu belirlerken öğretim materyallerine hızlı erişimin önemli olduğunu, iş birliğine dayalı etkin öğrenme araçlarının gerekliliğini raporlamıştır. Laverty ve diğerlerinin [27] ÖYS seçimine yönelik çalışmada, ÖYS'lerde olması gereken pedagojik ve teknolojik yeteneklerin yanı sıra öğretim elemanlarının katılımını artırmaya yönelik materyal paylaşımı ve iş birliği kriterlerine yer verilmiştir [27].

Çavuş [28] özellikle gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarına uygun ÖYS seçiminde etkili olabilecek kriterler üzerine yaptığı çalışmada platformlar arası uyumluluk, entegrasyon, yerleştirme ve bağlantı için bant genişliği parametrelerinin önemini vurgulamıştır. Bulut tabanlı ÖYS'lerin tercih sebeplerini araştıran bir başka çalışmada [29] ise, ödev ve ders materyallerinin takibi için sistemin bildirim mekanizmasına sahip olmasının en önemli kriter olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, bulut tabanlı ÖYS'lerde veri kapasitesinin uygunluğuna ve öğrenci katılımını artırıcı özelliklerin varlığına önem verilmesi tavsiye edilmiştir [29]. Çoban'ın [30] eğitim kurumlarında uzaktan eğitim için kullanılan ÖYS'leri incelediği çalışmada karar vericilerin destek personel sayısını azaltmak için ödeme gerektiren lisanslı sistemlere daha eğilimli oldukları ortaya çıkmıştır. Walker ve diğerlerinin [31] ÖYS seçimini etkileyen faktörleri bir araya getirdiği genel çerçevede sistem arayüzüne, değerlendirme araçlarına, içerik desteğine, yönetsel araçlara ve iletişim seçeneklerine yer verilmiştir. Bu çerçeveyi karar vericilere daha kapsamlı bir rehber oluşturması için genişleten Pina [5] ise ÖYS'lerde e-portfolyo oluşturma ve öğrenme nesnesi paylaşma imkanlarının yanı sıra senkron iletişim seçeneklerinin, öğrenme çıktısı raporlarının ve destek hizmetlerinin önemli olduğunu belirtmiştir. Pina, bulut tabanlı ÖYS'lerin ölçeklenebilirliğine de değindiği yazısında kurumların sistemleri satın almadan önce denemesinin, erişim testleri yapmasının ve örnek içerikler yükleyerek sistemi incelemesinin önemine işaret etmiştir [5]. Bulut tabanlı sistemlere özel olarak, ÖYS altyapılarının gerekliliklerini inceleyen bir başka çalışmada [32] ise ölçeklenebilirlik, erişilebilirliği belirleyen kapasite ve sistemin cevap verme hızına ilişkin özellikler servis kalitesine bağlı tercihi belirleyen kriterler arasında sunulmuştur.

Genel olarak ÖYS'lerin seçimini ilgilendiren kriterler sisteme ait teknik özelliklerinden pedagojik beklentilere kadar birçok konuyu barındırmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, bulut tabanlı ÖYS'lerin değerlendirilmesine yön verebilecek çeşitli kriterlerin bir araya gelmesini sağlamıştır. Bu kapsamda, kriterler şu konuları içermektedir: İçerik desteği [5,25,31], etkileşim ve iş birliği [5,24-27,29,31], ölçme ve değerlendirme [5,24,25,31], ders yapısı [23,24,27,29], arayüz [11,23,25,28,31], verimlilik araçları [23,31], platform esnekliği [11,23,24,28], ölçeklenebilirlik [5,26,29,32], güvenlik [11,23,26], destek [5,27,30] ve lisanslama [5,23-25,28,30].

3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (MULTICRITERIA DECISION MAKING BASED ON FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

Kriterlere bağlı karar verme, en az bir ölçütün yardımıyla belli sayıda seçenek arasından en az bir amaca yönelik en uygun bir ya da daha fazla seçeneği belirleme sürecidir. Karar verme süreçlerinde, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) belli sayıda seçenek arasından en iyinin belirlenmesine yönelik birden fazla çelişen ölçütü karşılıklı

değerlendirmeye yarayan metotlar içerir [7]. ÇKKV çalışmalarında AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), AAS (Analitik Ağ Süreci), VIKOR, TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE gibi metotlar kullanılabilir [33].

AHS karar vericilerin kriterlerine bağlı olarak çoklu seçenekler üzerinden derecelendirme ve seçim yapılmasına olanak veren nicel bir ÇKKV metodudur [34]. AHS karar vericilerin yargılarına bağlı olarak ikili karşılaştırmalarla değerlendirmeyi ilgilendiren öncelikleri belirlemekte ve kompleks problemlere yönelik karar verme süreçlerini kolaylaştırmaktadır [35].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, karar vericilerin ürün veya servis alternatifleri arasından en uygun olanını seçme sürecinde AHS yaygın olarak kullanılmaktadır [7], [18]. AHS’de, karar vericilerin her bir kriter için uzlaşmaya varabilmeleri yargı değerlerinin geometrik ortalamalarının alınması ile mümkün olabilmektedir [36]. AHS, kompleks problemlere yönelik birden fazla karar vericinin yargılarından yola çıkarak oluşturulan hiyerarşik bir yapı üzerinden yapılacak derecelendirmeyele araştırmacının karara ulaşmanı sağlayan en iyi yollardan biridir [37,38].

AHS, nicel ve nitel kriterleri bir arada kullanarak ÇKKV problemlerine yönelik pratik çözümler sunsa da karar vericilerin yargılarından kaynaklı oluşabilen belirsizliklerden dolayı eleştirilmiştir [37,39]. Birçok araştırmacı, bu belirsizliklerin azaltılabilmesi ve daha açıklayıcı kararların elde edilebilmesi için geleneksel AHS’yi genişleterek bulanık mantık temelli AHS yaklaşımları önermiştir [37,40]. Bu yaklaşımlardan Chang’ın önerisi hesaplama gereksinimlerinin nispeten az olması, net (crisp) değerler yerine üçgensel bulanık sayılar kullanması, buna bağlı olarak daha açıklayıcı sonuçlar üretmesi, geleneksel AHS’nin adımlarını izlemesi ve ayrıca uygulanması gereken kompleks işlemler içermemesi ile kullanışlı bulunmuştur [41].

Bu araştırmada Chang’ın genişletilmiş bulanık AHS (BAHS) yaklaşımını temel alan bir model oluşturulmuştur. Chang [41] tarafından önerilen genişletilmiş BAHS metoduna göre kriterler ve ulaşılmak istenen hedefler birer küme ile gösterilir. Buna göre, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ (3.1) bir nesnel kümesi olmak üzere, $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ (3.2) de ulaşılmak istenen amaçlar kümesi olsun. Her bir nesne ile G kümesinde verilen amaçların ne ölçüde eşleştiğini tutan değerler $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n$ (3.3) olarak gösterilebilir. Burada karşılaştırma için yararlanılan $M_{g_i}^j$ ($j=1, 2, \dots, m$) değerleri için m tane üçgensel bulanık sayı kullanılmaktadır. Karşılaştırma kriterlerini bu üçgensel bulanık sayılarla değerlendirme altına alan A matris kümesi olsun. A kümesinin elemanları $[0, 1]$ aralığında n elemanlı reel değerlerle ifade edilmektedir. Aralık değişkenleri $l \leq m \leq u$ kabul edilmek üzere, l alt değeri, u ise üst değeri temsil etmektedir. Üyelik fonksiyonu (μ) ise şu şekilde gösterilmektedir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m}, & x \in [m, u] \\ 0, & \text{Diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.4)$$

Metoda göre her bir obje için üyelik fonksiyonuna uygun bulanık sentetik derecenin değeri hesaplanır. Bu işlemde i ’nci amaç için sentezlenecek bulanık sentetik derece aşağıdaki formülle elde edilir:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \odot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3.5)$$

Oluşturulacak karşılaştırma matrisinde $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerinin bulunabilmesi için m ’ye kadar aralık değerlerine toplama işlemi uygulanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right] \quad (3.6)$$

Daha sonra, $n \times n$ şeklinde oluşturulmuş bulanık karşılaştırma matrisinde karşılık değerlerinin bulunabilmesi için l ’den n ’ye kadar elde edilecek toplamın tersi alınır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \right] \quad (3.7)$$

Karşılaştırma matrislerinde, henüz ağırlıklar hesaplanmadan önce tutarlılık analizinin yapılması tavsiye edilmektedir [42]. Önerilen bir yöntemde, üçgensel bulanık sayıların öncelikli olarak durulaştırılması (\check{A}_{net}) ve ardından bu değerleri kullanarak tutarlılık oranının bulunmasını amaçlamıştır [43].

$$\check{A}_{net} = \frac{(l+4m+u)}{6} \quad (3.8)$$

Saaty [42] karşılaştırma matrislerinde kullanılmak üzere ortalama tutarlılık indeksini gösteren aynı indeks sırasına bağlı rastgele oluşturulmuş bir karşıt matris önermiştir. Bu matris alternatif sayısına uygun değerler taşımaktadır. Buna göre, kriter sayısı (n) 11’e kadar elde edilen ve 1-9 değerlendirme skalası kullanan bir matrise karşıt gelen rastgele değer indeksi (RI) Tablo 1’de gösterilmiştir [42], [44].

Tablo 1. Rastgele Değer İndeks (Random Index)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Tutarlılık oranı hesaplamalarında, oluşturulan matrisin özdeğerleri arasındaki en büyük değer (λ_{max}) kullanılarak öncelikle tutarlılık göstergesi (CI) elde edilir [42].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3.9)$$

CI değerinin rastgele değer indeksine bölümüyle de tutarlılık oranı (CR) bulunur [42,45]. CR'nin 0,1 veya daha az bir değerde olması karar matrisinin tutarlılığına işaret etmektedir [42].

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.10)$$

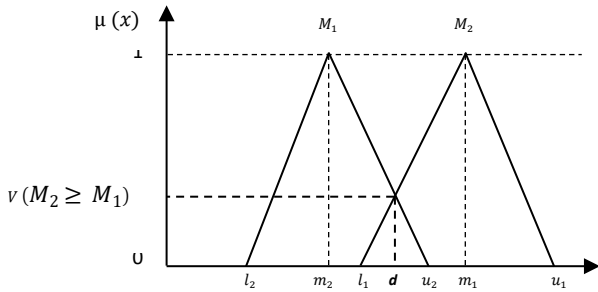
Bulanık sentez dereceleri karşılaştırılırken, sentezlenen üçgensel bulanık sayılardan ikisi $\tilde{M}_i = (l_i, m_i, u_i)$ ve $\tilde{M}_k = (l_k, m_k, u_k)$ olduğunu varsayarsak, bu iki değer için $x \geq y$ olmak koşuluyla $\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_k$ eşitliğinin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [41].

$$V(w_i \geq w_k) = \begin{cases} 1, & m_i \geq m_k \\ 0, & l_i \geq u_k \\ \frac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)}, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (3.11)$$

Bu bağlamda ele alınan olabilirlik derecesi (d), üçgensel bulanık sayılardan oluşan kümenin içinde, seçilen iki değeri sınırlayarak kesişim noktasını oluşturan en küçük değer bulunması esasına dayanır [41].

$$V(w_i \geq w_k) = \sup \left(\min \left(\mu_{w_i}(x), \mu_{w_k}(y) \right) \right) \quad (3.12)$$

Seçilen üçgensel bulanık sayılardan \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 için olabilirlik derecesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Olabilirlik derecesi gösterimi
(Displaying the degree of possibility)

Konveks bir bulanık sayının M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) olarak verilen k adet konveks sayıdan büyük olabilme derecesi $V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i)$ olarak gösterilmektedir. Buradan yola çıkarak $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ için $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ kabul edildiğinde ağırlık vektörü (W') elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (3.13)$$

Her bir kriter için ağırlıklar belirlendiğinde normalizasyon yapılarak ağırlık vektörleri (W) elde edilir. Burada elde edilen W artık bulanık sayı değildir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (3.14)$$

4. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN UYGULANMASI (APPLICATION OF THE FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

Bu çalışmada, BAHS süreçleri genişletilmiş sentetik analizle bulut tabanlı ÖYS seçim kriterlerinin derecelendirilmesinde ve farklı alternatiflerin bir durum çalışması kapsamında kriterlere göre karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Bulut tabanlı ÖYS'lerin kriterlere göre değerlendirilmesini sağlamak amacıyla BAHS yaklaşımına uygun adımlar sırayla uygulanmıştır. İlk aşamada, karar verme probleminin tanımlanması yapılmıştır. Ardından, durum çalışmasında kullanılmak üzere ÖYS alternatifleri belirlenmiştir. Daha sonra, ana kriterler ve ilişkin alt kriterler oluşturulmuştur. Elde edilen tüm kriterler bir araya getirilerek hiyerarşik yapının oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada, ana kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırmalarını sağlayacak bulanık dilsel ölçek belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada, ana kriterlerin ve alt kriterlerin yerel ve genel ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Son aşamada ise alternatifler kriterlere göre ikili karşılaştırılmış, toplam ağırlıkları göz önüne alınarak sıralanmıştır. Çalışmanın hem kriterler-arası hem de kriterlere göre alternatifler-arası yapılan karşılaştırmalarında oluşan tüm matrisler için tutarlılık kontrolü yapıldıktan sonra sonraki adımlar izlenmiştir.

4.1. Problemin Tanımlanması ve Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi (Defining the Problem and Determining the Evaluation Criteria)

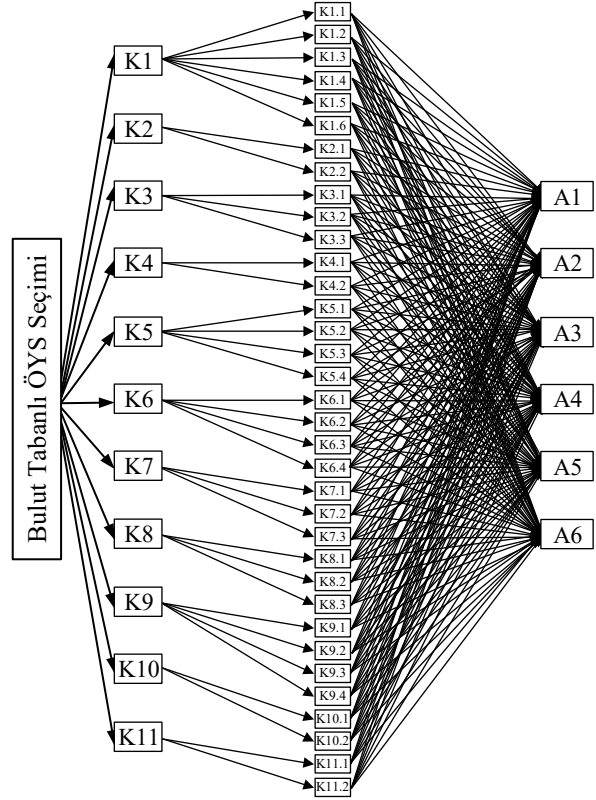
Bulut tabanlı ÖYS mimarileri sundukları özelliklere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Uygulanan teknolojinin gelişmesiyle giderek artan sistem özellikleri seçim ve karar verme süreçlerini karmaşık hale getirmiştir. Bu çalışma kapsamında çevrimiçi bir katalog [46] üzerinden seçilen Docebo (A1), iSpring Learn (A2), TalentLMS (A3), 360learning (A4), LatitudeLearning (A5) ve Litmos LMS (A6) olmak üzere altı adet bulut tabanlı ÖYS yedi alan uzmanı (karar verici) tarafından incelenmiştir. Alternatif bulut tabanlı ÖYS'ler belirlenirken üç temel gereksinim aranmıştır. Bunlardan ilki yaygın kullanıma sahip olmaları, ikincisi deneme hesabı sağlayarak sistem özelliklerini inceleme imkanı sunmaları, üçüncüsü ise sağlanan servisin tamamen bulut tabanlı olmasıdır. Yapılan incelemelerde hangi ÖYS'nin kurumlar için daha uygun bir alternatif olabileceği araştırılmaya çalışılmıştır.

Bulut tabanlı ÖYS'lerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler, literatürdeki ilgili çalışmaların [5,23–32] bulguları temel alınarak ve alan uzmanlarının görüşlerine dayanarak gruplanmış ve birbirinden bağımsız olduğu kabul edilmiştir. Kriterler kapsadıkları konulara göre detaylı açıklamaları Ek 12'de sunulmuştur. Çalışma kapsamında öğrenme yönetim sistemleri üzerinde araştırmaları olan, çevrim-içi eğitim alanında çalışmış ve Doktora derecesine sahip yedi uzmanla çalışılmıştır. Bulut tabanlı ÖYS'lerin değerlendirme kriterleri ve ilişkin alt kriterler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Bulut tabanlı ÖYS değerlendirme kriterleri
(Cloud-based LMS evaluation criteria)

Ana kriterler	Alt kriterler
K1: İçerik desteği	K1.1: İçerik standartları
	K1.2: İçerik geliştirme araçları
	K1.3: İçerik formatları
	K1.4: İçerik yedekleme ve taşıma seçenekleri
	K1.5: Kategori oluşturma ve yönetimi
	K1.6: Müfredat tasarımı oluşturma
K2: Etkileşim ve iş birliği	K2.1: Asenkron iletişim ve paylaşım araçları
	K2.2: Senkron iletişim ve paylaşım araçları
K3: Ölçme ve değerlendirme	K3.1: Ölçme ve değerlendirme araçları
	K3.2: Notlandırma ve geribildirim mekanizması
	K3.3: İlerleme ve başarı raporu
K4: Ders yapısı	K4.1: Format esnekliği
	K4.2: Öğretim tasarımı seçenekleri
K5: Arayüz	K5.1: Kullanım kolaylığı
	K5.2: Kişiselleştirme
	K5.3: Yönlendirme ve navigasyon
	K5.4: Yerelleştirme ve dil desteği
K6: Verimlilik araçları	K6.1: Arama ve yönlendirme araçları
	K6.2: Çevrim dışı kullanım için kaydetme
	K6.3: Takvim ve planlama araçları
	K6.4: Not alma araçları
K7: Platform esnekliği	K7.1: Entegrasyon uyumluluğu
	K7.2: Web tarayıcılarla uyumluluk
	K7.3: Mobil cihazlarla uyumluluk
K8: Ölçeklenebilirlik	K8.1: Veri kapasitesi artırım seçenekleri
	K8.2: Kullanıcı sayısı artırım seçenekleri
	K8.3: Bant genişliği seçenekleri
K9: Güvenlik	K9.1: Kayıt ve kimlik doğrulama
	K9.2: Güvenlik standartları
	K9.3: Yetkilendirme
	K9.4: Yedekleme (Sistem ayarları ve kullanıcılar)
K10: Destek	K10.1: Canlı destek
	K10.2: Destek materyalleri
K11: Lisanslama	K11.1: Lisanslama esnekliği
	K11.2: Lisanslama maliyeti

Ana kriterler, ana kriterleri şekillendiren alt kriterler ve alternatifler bir hiyerarşik yapı üzerine oturtulmuştur. Oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Hiyerarşik yapı
(Hierarchical structure)

4.2. Bulanık Dilsel Ölçeğin Belirlenmesi (Determining Fuzzy Linguistic Scale)

Ana kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında değerlendirilmesine ve alternatiflerin alt kriterlere göre karşılaştırılmasına yönelik tüm ikili karşılaştırma matrislerinde önem derecelerini gösteren üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Dilsel önem derecelerinin bulanık değerlerle gösterildiği ölçek [41] Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Bulanık dilsel ölçek
(Fuzzy linguistic scale)

Dilsel Önem Derecesi	Üçgensel Bulanık Değer (l, m, u)	Üçgensel Bulanık Karşılık Değer (l, m, u)
Eşit önemli	(1, 1, 1)	(1,1,1)
Biraz daha önemli	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Kuvvetli derecede önemli	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Mutlak derecede önemli	(9, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/9)
Ara değerler	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)

Karşılıklı değerlendirmelerin tamamı ölçeğe uygun olarak $\bar{1}$ ile $\bar{9}$ arasındaki üçgensel bulanık sayılarla yapılmıştır. Dilsel önem derecesine göre karşılaştırma anında kriterlerden veya o anki değerlendirme aşamasına bağlı olarak alternatiflerden birinin diğerinden mutlak derecede önemli olduğu durumlar (9, 9, 9), eşit önemde olduğu durumlar (1, 1, 1) ve en az öneme sahip olduğu durumlar ise (1/9, 1/9, 1/9) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, üyelik derecelerinin kısmi aralıkta gösterilmesini sağlayan (1, 2, 3), (3, 4, 5), (5, 6, 7) ve (7, 8, 9) bulanık değerleri de değerlendirmede skalasında yer almıştır. Herhangi bir değer karşılığını oluşturan değer ise ilgili üçgensel bulanık sayının tersi ile temsil edilmiştir.

4.3. Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması (Calculating Weight Values of Criteria)

Hem ana kriterler için hem de alt kriterlere yönelik her bir karar vericiden alınan karşılaştırma matrislerinde tutarlılık analizi yapıldıktan sonra Saaty ve Shang'ın önerdiği şekilde [36] geometrik ortalamalar kullanılarak sentetik ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Oluşturulan sentetik ikili karşılaştırma matrisleri için de tutarlılık analizi yapıldıktan sonra kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Ana kriterlerin değerlendirilmesine ait üçgensel bulanık sayıların (l, m, u) geometrik ortalamaları alınarak oluşturulan sentetik ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Ana kriterlerin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi
(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of the main criteria)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	1,0000 1,0000 1,0000	1,4262 2,2456 2,9947	1,4262 1,8422 2,1879	1,4262 1,8422 2,3535	0,8548 1,3459 1,8734	1,2917 1,7385 2,2588	0,7012 1,0420 1,4504	0,9437 1,2397 1,6097	0,5338 0,6907 1,0000	1,1041 1,3895 1,6685	0,6518 0,7012 0,7742
K2	0,3339 0,4453 0,7012	1,0000 1,0000 1,0000	0,7012 1,0420 1,4504	0,8548 1,0000 1,2585	0,4202 0,5428 0,8203	0,6617 0,8203 1,1041	0,3806 0,4762 0,6730	0,4283 0,5752 0,8773	0,2886 0,4033 0,5993	0,6730 0,8066 0,9597	0,2795 0,3506 0,4835
K3	0,4571 0,5428 0,7012	0,6895 0,9597 1,4262	1,0000 1,0000 1,0000	0,7742 1,1041 1,5112	0,4241 0,6095 1,0000	0,7306 0,9057 1,1699	0,4453 0,5805 0,7873	0,4888 0,6730 0,9437	0,3267 0,3907 0,5046	0,5123 0,7012 1,1399	0,2381 0,3151 0,4719
K4	0,4249 0,5428 0,7012	0,7946 1,0000 1,1699	0,6617 0,9057 1,2917	1,0000 1,0000 1,0000	0,4917 0,6617 0,9597	0,7012 0,9437 1,2397	0,4379 0,5719 0,7873	0,5752 0,7499 0,9597	0,2876 0,3625 0,5000	0,6792 0,9057 1,1699	0,2723 0,3396 0,4640
K5	0,5338 0,7430 1,1699	1,2190 1,8422 2,3796	1,0000 1,6407 2,3577	1,0420 1,5112 2,0339	1,0000 1,0000 1,0000	1,1504 1,7680 2,4794	0,6245 0,8203 1,1699	0,9437 1,2190 1,4504	0,4917 0,5993 0,8203	0,9057 1,2190 1,6256	0,4071 0,5210 0,7742
K6	0,4427 0,5752 0,7742	0,9057 1,2190 1,5112	0,8548 1,1041 1,3687	0,8066 1,0596 1,4262	0,4033 0,5656 0,8693	1,0000 1,0000 1,0000	0,3234 0,4274 0,6617	0,4494 0,6730 1,1041	0,3396 0,4071 0,5210	0,6245 0,8824 1,3687	0,2795 0,3506 0,4835
K7	0,6895 0,9597 1,4262	1,4860 2,0998 2,6273	1,2702 1,7226 2,2456	1,2702 1,7487 2,2838	0,8548 1,2190 1,6013	1,5112 2,3399 3,0917	1,0000 1,0000 1,0000	0,9597 1,4024 1,8253	0,5037 0,7873 1,4262	1,4262 1,8701 2,2250	0,5338 0,7430 1,1699
K8	0,6212 0,8066 1,0596	1,1399 1,7385 2,3346	1,0596 1,4860 2,0458	1,0420 1,3335 1,7385	0,6895 0,8203 1,0596	0,9057 1,4860 2,2250	0,5479 0,7131 1,0420	1,0000 1,0000 1,0000	0,4571 0,5993 0,8203	1,0694 1,4504 1,8114	0,4539 0,5993 0,8420
K9	1,0000 1,4478 1,8734	1,6685 2,4794 3,4653	1,9816 2,5597 3,0614	2,0000 2,7584 3,4770	1,2190 1,6685 2,0339	1,9195 2,4566 2,9447	0,7012 1,2702 1,9852	1,2190 1,6685 2,1879	1,0000 1,0000 1,0000	1,4262 2,1879 2,9947	0,5993 0,7742 1,0596
K10	0,5993 0,7197 0,9057	1,0420 1,2397 1,4860	0,8773 1,4262 1,9520	0,8548 1,1041 1,4724	0,6152 0,8203 1,1041	0,7306 1,1332 1,6013	0,4494 0,5347 0,7012	0,5520 0,6895 0,9351	0,3339 0,4571 0,7012	1,0000 1,0000 1,0000	0,3607 0,4453 0,6152
K11	1,2917 1,4262 1,5341	2,0684 2,8523 3,5775	2,1193 3,1733 4,1996	2,1552 2,9447 3,6719	1,2917 1,9195 2,4566	2,0684 2,8523 3,5775	0,8548 1,3459 1,8734	1,1877 1,6685 2,2032	0,9437 1,2917 1,6685	1,6256 2,2456 2,7727	1,0000 1,0000 1,0000

Ana kriterler için oluşturulan sentetik ikili karşılaştırma matrisine ait tutarlılık analizinin yapılabilmesi için Tablo 4'te verilen değerler Formül 3.8 kullanılarak öncelikle durulaştırılmıştır. Ardından her bir kriter için değerler normalize edilmiştir. Daha sonra, bu değerlerin ağırlıklarıyla çarpım değerleri hesaplanmıştır. Bu sayede ağırlıklı toplamlar bulunmuştur. Son olarak ise bu toplamlar, kriter ağırlıklarıyla ve oranıyla birlikte bir tutarlılık hesaplama matrisine çevrilmiştir. Tutarlılık vektörü oranlarının ortalamasıyla bulunan λ_{\max} (11,1985) kullanılarak tutarlılık göstergesi (CI) elde edilmiştir. Buna göre, Formül 3.9 ile CI değeri 0,0199 olarak elde edilmiştir. Kriter sayısı on bir için rastgele değer indeksi

(RI) değeri Tablo 1'den 1,51'e karşılık gelmektedir. Formül 3.10 uygulanarak CR değeri hesaplanmıştır:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0199}{1,51} = 0,0131$$

CR değeri 0,1'den küçük olduğu için ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi tutarlı kabul edilmiştir. Hesaplama elde edilen durulaştırılmış ikili karşılaştırma değerlerinin ağırlıklı toplamları, ağırlıkları ve oranlar Tablo 5'te sunulmuştur. Durulaştırma işlemi burada izlenen aynı adımlar takip edilerek hem alt kriterler hem de alternatifler için elde edilen karşılaştırma matrislerinde de

uygulanmıştır. Bu sayede, tüm ikili karşılaştırmalarda tutarlılık oranları kontrol edilmiştir.

Tablo 5. Durulaştırılmış ikili kıyaslama değerlerinin ağırlıklı toplamları, ağırlıkları ve oranları
(Weighted sums, weights and ratios of defuzzified pairwise comparison values)

	Ağırlıklı Toplam	Ağırlık	Oran
K1	1,2066	0,1077	11,1988
K2	0,6066	0,0542	11,1975
K3	0,6360	0,0568	11,1983
K4	0,6466	0,0577	11,1976
K5	1,0234	0,0914	11,2007
K6	0,6601	0,0590	11,1946
K7	1,2780	0,1141	11,2011
K8	0,9689	0,0865	11,1954
K9	1,6052	0,1433	11,1984
K10	0,7703	0,0688	11,1984
K11	1,7973	0,1604	11,2028

Tablo 5'te verilen ağırlıklar λ_{max} , CI, RI ve CR değerlerini hesaplayabilmek için oluşturulan durulaştırılmış ikili kıyaslama matrisine aittir. Sonraki adımlarda elde edilecek ağırlıklar ise olabilirlik dereceleri hesaplandıktan ve minimum değer vektörleri elde edildikten sonra sentetik derece analizi ile oluşturulan ağırlıkları temsil etmektedir.

Alt kriterlere ait karşılaştırmalar için de geometrik ortalamalar alınarak Ek 1-11'de verilen sentetik ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

İkili karşılaştırma matrislerinin her biri için hesaplanan CR değerleri 0,1'den küçük bulunmuştur. Bu adımdan sonra, tüm kriterler için normalizasyon ile bulanık sentetik derece (S) hesabı yapılmıştır. Öncelikle Formül 3.6 kullanılarak aralık değerleri toplamları elde edilmiştir. Ardından Formül 3.7 ile toplamlar toplamının tersi bulunmuştur. En son ise Formül 3.5'e göre toplamlar toplamının tersi ile aralık değerlerinin toplam değerleri çarpılarak S değerleri hesaplanmıştır. İşlemleri K1 için uyguladığımızda:

$$S_{K1} = (11,3597, 15,0775, 19,1711) \otimes (0,0055, 0,0071, 0,0095) = 0,0625, 0,1071, 0,1821$$

Sentetik derece hesaplaması tüm ana kriterler için uygulanmıştır. Ana kriterlere ait sentetik derece değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ana kriterlerin bulanık sentetik derece değerleri
(Fuzzy synthetic extent values of main criteria)

	Bulanık sentetik derece değeri (S)
K1	0,0625, 0,1071, 0,1821
K2	0,0331, 0,0530, 0,0943
K3	0,0335, 0,0553, 0,1012
K4	0,0348, 0,0567, 0,0973
K5	0,0512, 0,0915, 0,1640
K6	0,0354, 0,0587, 0,1053
K7	0,0633, 0,1128, 0,1988
K8	0,0494, 0,0854, 0,1518
K9	0,0810, 0,1439, 0,2478
K10	0,0408, 0,0679, 0,1185
K11	0,0913, 0,1613, 0,2711

Ana kriterlerin sentetik derece değerlerini hesaplariken izlenen adımlar tüm alt kriterler için de uygulanmıştır.

Sonuçta elde edilen alt kriterlere ait bulanık sentetik derece değerleri Tablo 7'de listelenmiştir.

Tablo 7. Alt kriterlerin bulanık sentetik derece değerleri
(Fuzzy synthetic extent values of sub criteria)

	Bulanık sentetik derece değeri (S)
K1.1	0,1289, 0,2461, 0,4350
K1.2	0,0753, 0,1262, 0,2213
K1.3	0,1535, 0,2810, 0,4995
K1.4	0,0584, 0,0952, 0,1708
K1.5	0,0662, 0,1081, 0,1818
K1.6	0,0823, 0,1439, 0,2635
K2.1	0,3754, 0,4353, 0,5060
K2.2	0,4761, 0,5646, 0,6682
K3.1	0,2740, 0,3935, 0,5564
K3.2	0,2732, 0,3891, 0,5524
K3.3	0,1636, 0,2173, 0,2991
K4.1	0,3912, 0,5103, 0,6504
K4.2	0,3851, 0,4897, 0,6374
K5.1	0,1981, 0,3586, 0,6289
K5.2	0,1262, 0,2134, 0,3526
K5.3	0,1241, 0,1993, 0,3361
K5.4	0,1406, 0,2280, 0,3809
K6.1	0,2056, 0,3609, 0,6158
K6.2	0,1744, 0,2754, 0,4310
K6.3	0,1017, 0,1581, 0,2584
K6.4	0,1276, 0,2055, 0,3353
K7.1	0,2225, 0,3106, 0,4226
K7.2	0,2124, 0,2805, 0,3719
K7.3	0,2965, 0,4093, 0,5719
K8.1	0,1707, 0,2542, 0,3755
K8.2	0,3141, 0,4975, 0,7572
K8.3	0,1717, 0,2485, 0,3903
K9.1	0,1525, 0,2414, 0,3959
K9.2	0,1988, 0,3453, 0,5733
K9.3	0,1210, 0,1879, 0,2932
K9.4	0,1496, 0,2259, 0,3459
K10.1	0,4808, 0,5534, 0,6350
K10.2	0,3946, 0,4464, 0,5070
K11.1	0,3845, 0,4517, 0,5329
K11.2	0,4574, 0,5484, 0,6546

Ana kriterler ve alt kriterlerin her biri için sentetik derece değerleri elde edildikten sonra Formül 3.6 kullanılarak her bir değer için olabilirlik dereceleri hesaplanmıştır. Olabilirlik derecesi hesabını K1 için uyguladığımızda:

$$V(S_{K1} \geq S_{K2}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K3}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K4}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K5}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K6}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K7}) = (0,0633 - 0,1821) / ((0,1071 - 0,1821) - (0,1128 - 0,0633)) = 0,9542, V(S_{K1} \geq S_{K8}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K9}) = (0,081 - 0,1821) / ((0,1071 - 0,1821) - (0,1439 - 0,081)) = 0,7331, V(S_{K1} \geq S_{K10}) = 1,0000, V(S_{K1} \geq S_{K11}) = (0,0913 - 0,1821) / ((0,1071 - 0,1821) - (0,1613 - 0,0913)) = 0,6262$$

Olabilirlik derecelerinin karşılaştırılmasıyla $\min V(S_{K1} \geq S_k)$ değeri 0,6262 olarak bulunmuştur. Bulunan minimum değer vektörü ağırlık (W) içinde K1'i temsil etmektedir.

$$\min V(S_{K1} \geq S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,6262$$

Ana kriterlerin her biri için Formül 3.6 kullanılarak değerlerin olabilirlik dereceleri hesaplanmış ve minimum değer vektörleri ($\min V$) elde edilmiştir. Aynı işlem sırayla diğer ana kriterler için de uygulandığında:

$$\min V(S_{K2} \geq S_{K1}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,0270;$$

$$\min V(S_{K3} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,0854;$$

$$\min V(S_{K4} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,0542;$$

$$\min V(S_{K5} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,5102;$$

$$\min V(S_{K6} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,1201;$$

$$\min V(S_{K7} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,6891;$$

$$\min V(S_{K8} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,4435;$$

$$\min V(S_{K9} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K10}, S_{K11}) = 0,8999;$$

$$\min V(S_{K10} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K11}) = 0,2255;$$

$$\min V(S_{K11} \geq S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}) = 1,0000$$

Bulunan minimum değer vektörlerinden Formül 3.13 ile kriterlere ait ağırlık değerleri (W') oluşturulmuştur.

$$W' = (\min V(S_{K1}), \min V(S_{K2}), \min V(S_{K3}), \min V(S_{K4}), \min V(S_{K5}), \min V(S_{K6}), \min V(S_{K7}), \min V(S_{K8}), \min V(S_{K9}), \min V(S_{K10}), \min V(S_{K11}))^T$$

$$W' = (0,6262, 0,0270, 0,0854, 0,0542, 0,5102, 0,1201, 0,6891, 0,4435, 0,8999, 0,2255, 1,0000)^T$$

Bu değerler Formül 3.14 ile normalize edilmiştir. Bu sayede, ana kriterlere ait ağırlık vektörü elde edilmiştir.

$$W = (0,6262 / 4,6811, 0,0270 / 4,6811, 0,0854 / 4,6811, 0,0542 / 4,6811, 0,5102 / 4,6811, 0,1201 / 4,6811, 0,6891 / 4,6811, 0,4435 / 4,6811, 0,8999 / 4,6811, 0,2255 / 4,6811, 1,0000 / 4,6811)^T$$

$$W = (0,1338, 0,0058, 0,0182, 0,0116, 0,1090, 0,0257, 0,1472, 0,0947, 0,1922, 0,0482, 0,2136)^T$$

Alt kriterler için de Formül 3.6 kullanılarak değerlerin olabilirlik dereceleri hesaplanmış, minimum değer vektörleri aynı yolla elde edilmiştir. Bu sayede, alt kriterlere için yerel ağırlık değerleri bulunmuştur.

Hesaplamalar sonunda elde edilen ana kriter ağırlıkları ile alt kriter ağırlıkları çarpılarak her bir alt kritere ait genel ağırlık değerleri elde edilmiştir. İkili matrislere ait tutarlılık oranları 0,1'den küçük çıkmıştır.

Bu aşama sonunda elde edilen ana kriterlere ait ağırlık değerleri, tutarlılık oranları ve alt kriterlerin yerel ve genel ağırlık değerleri Tablo 8'de listelenmiştir.

Tablo 8. Kriterlerin yerel ve genel ağırlık değerleri
(Local and global weight values of the criteria)

Ana kriter	Tutarlılık oranı	Ağırlık	Alt kriter	Yerel ağırlık	Genel ağırlık
K1	0,0188	0,1338	K1.1	0,3105	0,0415
			K1.2	0,1063	0,0142
			K1.3	0,3490	0,0467
			K1.4	0,0297	0,0040
			K1.5	0,0491	0,0066
			K1.6	0,1554	0,0208
K2	0,0000	0,0058	K2.1	0,1581	0,0009
			K2.2	0,8419	0,0049
K3	0,0190	0,0182	K3.1	0,4741	0,0086
			K3.2	0,4667	0,0085
			K3.3	0,0591	0,0011
K4	0,0000	0,0116	K4.1	0,5201	0,0060
			K4.2	0,4799	0,0056
K5	0,0250	0,1090	K5.1	0,3902	0,0425
			K5.2	0,2011	0,0219
			K5.3	0,1811	0,0197
			K5.4	0,2276	0,0248
K6	0,0253	0,0257	K6.1	0,4190	0,0108
			K6.2	0,3038	0,0078
			K6.3	0,0866	0,0022
			K6.4	0,1906	0,0049
K7	0,0200	0,1472	K7.1	0,2906	0,0428
			K7.2	0,1913	0,0282
			K7.3	0,5181	0,0763
K8	0,0280	0,0947	K8.1	0,1403	0,0133
			K8.2	0,6965	0,0660
			K8.3	0,1632	0,0155
K9	0,0209	0,1922	K9.1	0,2536	0,0487
			K9.2	0,3873	0,0744
			K9.3	0,1452	0,0279
			K9.4	0,2138	0,0411
K10	0,0000	0,0482	K10.1	0,8356	0,0403
			K10.2	0,1644	0,0079
K11	0,0000	0,2136	K11.1	0,3048	0,0651
			K11.2	0,6952	0,1485

Kriterlerin yerel ve genel ağırlık değerleri incelendiğinde, ana kriterler içinde ağırlıklarına göre en fazla önem derecesine sahip kriter 0,2136 değerle lisanslama olmuştur. Lisanslama kriterini sırayla güvenlik (0,1922), platform esnekliği (0,1472), içerik desteği (0,1338), arayüz (0,1090), ölçeklenebilirlik (0,0947), destek (0,0482), verimlilik araçları (0,0257), ölçme ve değerlendirme (0,0182), ders yapısı (0,0116), etkileşim ve iş birliği (0,0058) kriterleri takip etmiştir. Genel ağırlık değerleri dikkate alındığında ise en belirleyici kriterin 0,1485 değerle lisanslama maliyeti olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kriterden sonra ise sırayla mobil cihazlarla uyumluluk (0,0763), güvenlik standartları (0,0744), kullanıcı sayısı artırımı seçenekleri (0,066) ve diğer alt kriterler gelmiştir.

4.4. Alternatiflerin Kriterlere Göre İkili Karşılaştırılması (Pairwise Comparison of Alternatives According to Criteria)

Bu aşamada alternatiflerin her bir alt kritere göre ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Değerlendirme matrisleri için de öncelikle tutarlılık analizi yapılmış, daha sonra bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı değerleri 0,1'den küçük bulunmuştur. Bu aşamada,

normalizasyon yoluyla bulanık sentetik derece (S) hesabı karşılaştırmalı bulanık sentetik değerler matrisi Tablo 9'da gerçekleştirilmiştir. Alternatiflerin alt kriterlere göre sunulmuştur.

Tablo 9. Alternatiflerin alt kriterlere göre bulanık sentetik değerler matrisi
(Fuzzy synthetic values matrix of the alternatives with respect to sub criteria)

	K1.1	K1.2	K1.3	K1.4	K1.5	K1.6	K2.1
A1	0,0551, 0,1046, 0,2077	0,0514, 0,0852, 0,1616	0,1317, 0,2476, 0,4354	0,1717, 0,3237, 0,5639	0,1154, 0,2127, 0,3760	0,1176, 0,2684, 0,5258	0,0985, 0,1832, 0,3290
A2	0,0547, 0,0968, 0,1868	0,0514, 0,0858, 0,1590	0,1020, 0,2015, 0,3818	0,0774, 0,1394, 0,2553	0,0499, 0,0765, 0,1377	0,0802, 0,1469, 0,2845	0,0796, 0,1498, 0,2734
A3	0,0664, 0,1199, 0,2228	0,1434, 0,2684, 0,4736	0,0520, 0,0877, 0,1699	0,0755, 0,1347, 0,2467	0,1283, 0,2401, 0,4254	0,1009, 0,1986, 0,3802	0,0664, 0,1148, 0,2116
A4	0,0520, 0,0873, 0,1681	0,1484, 0,2725, 0,4780	0,1287, 0,2443, 0,4421	0,0645, 0,1107, 0,2040	0,1192, 0,2225, 0,4013	0,0716, 0,1227, 0,2315	0,1640, 0,3115, 0,5542
A5	0,1629, 0,2939, 0,5010	0,0618, 0,1040, 0,1927	0,0485, 0,0760, 0,1338	0,0614, 0,0990, 0,1792	0,0769, 0,1368, 0,2505	0,0803, 0,1560, 0,3073	0,0667, 0,1092, 0,1993
A6	0,1630, 0,2989, 0,5161	0,1040, 0,1824, 0,3153	0,0805, 0,1449, 0,2767	0,1077, 0,1945, 0,3433	0,0676, 0,1103, 0,2069	0,0645, 0,1071, 0,2157	0,0792, 0,1335, 0,2373
	K2.2	K3.1	K3.2	K3.3	K4.1	K4.2	K5.1
A1	0,0888, 0,1583, 0,2775	0,1085, 0,2104, 0,3751	0,1516, 0,2905, 0,5328	0,1253, 0,2616, 0,4949	0,1180, 0,2409, 0,4575	0,0901, 0,1838, 0,3570	0,0786, 0,1498, 0,2949
A2	0,0838, 0,1387, 0,2414	0,0655, 0,1145, 0,2311	0,0499, 0,0863, 0,1622	0,0531, 0,0918, 0,1726	0,0630, 0,1215, 0,2428	0,0593, 0,1028, 0,1973	0,1077, 0,2074, 0,3859
A3	0,1228, 0,2242, 0,3921	0,1019, 0,1960, 0,3561	0,0560, 0,0966, 0,1838	0,0817, 0,1637, 0,3354	0,0687, 0,1244, 0,2381	0,0889, 0,1962, 0,4000	0,1164, 0,2377, 0,4431
A4	0,1320, 0,2539, 0,4560	0,0886, 0,1718, 0,3254	0,1574, 0,2984, 0,5472	0,0511, 0,0891, 0,1710	0,1525, 0,3108, 0,5982	0,1717, 0,3401, 0,6300	0,0683, 0,1251, 0,2395
A5	0,0574, 0,0887, 0,1599	0,0946, 0,1709, 0,3222	0,0756, 0,1356, 0,2391	0,1342, 0,2630, 0,4954	0,0656, 0,1218, 0,2431	0,0512, 0,0933, 0,1883	0,0688, 0,1284, 0,2586
A6	0,0844, 0,1350, 0,2284	0,0801, 0,1361, 0,2489	0,0543, 0,0922, 0,1708	0,0699, 0,1304, 0,2702	0,0480, 0,0804, 0,1630	0,0483, 0,0854, 0,1849	0,0829, 0,1531, 0,2907
	K5.2	K5.3	K5.4	K6.1	K6.2	K6.3	K6.4
A1	0,0988, 0,2015, 0,3819	0,1341, 0,2759, 0,5188	0,0760, 0,1324, 0,2255	0,1486, 0,2963, 0,5360	0,0706, 0,1681, 0,3823	0,0882, 0,1977, 0,4039	0,0730, 0,1577, 0,3334
A2	0,0518, 0,0843, 0,1606	0,0464, 0,0779, 0,1613	0,0528, 0,0941, 0,1724	0,1148, 0,2160, 0,3826	0,1232, 0,2833, 0,6011	0,1564, 0,3152, 0,6056	0,1364, 0,2967, 0,6082
A3	0,1473, 0,2950, 0,5525	0,0779, 0,1604, 0,3172	0,2228, 0,3754, 0,6222	0,0723, 0,1300, 0,2501	0,1097, 0,2452, 0,5214	0,0638, 0,1190, 0,2376	0,0683, 0,1466, 0,3168
A4	0,0921, 0,1810, 0,3485	0,0676, 0,1176, 0,2250	0,0289, 0,0434, 0,0772	0,0604, 0,1096, 0,2137	0,0596, 0,1301, 0,2944	0,0797, 0,1796, 0,3823	0,1099, 0,2363, 0,4934
A5	0,0779, 0,1572, 0,3173	0,1215, 0,2400, 0,4504	0,0697, 0,1251, 0,2252	0,0519, 0,0873, 0,1638	0,0349, 0,0618, 0,1436	0,0536, 0,1037, 0,2230	0,0364, 0,0640, 0,1453
A6	0,0506, 0,0826, 0,1621	0,0699, 0,1295, 0,2569	0,1333, 0,2320, 0,3947	0,0900, 0,1619, 0,3080	0,0544, 0,1135, 0,2700	0,0498, 0,0835, 0,1781	0,0484, 0,0966, 0,2241
	K7.1	K7.2	K7.3	K8.1	K8.2	K8.3	K9.1
A1	0,1507, 0,2925, 0,5188	0,1263, 0,2586, 0,4771	0,1212, 0,2432, 0,4223	0,0538, 0,0991, 0,1920	0,0576, 0,1096, 0,2161	0,0525, 0,0827, 0,1505	0,1618, 0,3101, 0,5594
A2	0,0563, 0,0940, 0,1652	0,0945, 0,1716, 0,3047	0,1102, 0,1858, 0,3002	0,0923, 0,1873, 0,3580	0,0799, 0,1546, 0,2969	0,0805, 0,1344, 0,2355	0,0549, 0,0979, 0,1934
A3	0,1144, 0,1936, 0,3355	0,0820, 0,1455, 0,2738	0,1048, 0,1719, 0,2783	0,1138, 0,2113, 0,3851	0,1422, 0,2870, 0,5351	0,0844, 0,1475, 0,2719	0,0526, 0,0864, 0,1669
A4	0,0547, 0,0891, 0,1525	0,1238, 0,2214, 0,3826	0,0969, 0,1484, 0,2377	0,0559, 0,0931, 0,1787	0,0446, 0,0732, 0,1511	0,0993, 0,1780, 0,3124	0,1053, 0,2087, 0,3930
A5	0,0466, 0,0786, 0,1523	0,0683, 0,1116, 0,2057	0,0793, 0,1335, 0,2452	0,1498, 0,2787, 0,4889	0,1299, 0,2507, 0,4703	0,1300, 0,2411, 0,4262	0,0974, 0,1789, 0,3251
A6	0,1426, 0,2535, 0,4442	0,0589, 0,0918, 0,1629	0,0794, 0,1177, 0,2046	0,0711, 0,1318, 0,2564	0,0707, 0,1244, 0,2356	0,1194, 0,2157, 0,3751	0,0652, 0,1168, 0,2282
	K9.2	K9.3	K9.4	K10.1	K10.2	K11.1	K11.2
A1	0,0798, 0,1597, 0,3105	0,1546, 0,3082, 0,5621	0,0919, 0,1904, 0,3786	0,0995, 0,1776, 0,3016	0,0775, 0,1384, 0,2535	0,0498, 0,0924, 0,1830	0,0948, 0,1792, 0,3313
A2	0,0772, 0,1440, 0,2747	0,0555, 0,0922, 0,1714	0,1026, 0,2097, 0,3967	0,1937, 0,3368, 0,5474	0,1672, 0,3130, 0,5492	0,0477, 0,0839, 0,1697	0,0578, 0,1057, 0,2099
A3	0,0570, 0,1026, 0,1948	0,0622, 0,1064, 0,2047	0,0808, 0,1523, 0,3008	0,0759, 0,1203, 0,1946	0,0687, 0,1277, 0,2477	0,0868, 0,1722, 0,3200	0,1600, 0,3158, 0,5868
A4	0,0455, 0,0732, 0,1398	0,0987, 0,2066, 0,3955	0,0784, 0,1515, 0,2948	0,0820, 0,1337, 0,2248	0,0940, 0,1768, 0,3159	0,1361, 0,2645, 0,4840	0,1091, 0,2185, 0,4248
A5	0,1324, 0,2713, 0,5163	0,0760, 0,1390, 0,2739	0,0553, 0,0975, 0,2075	0,0650, 0,1066, 0,2012	0,0578, 0,0905, 0,1715	0,1684, 0,2960, 0,5108	0,0552, 0,1011, 0,2003
A6	0,1378, 0,2511, 0,4482	0,0873, 0,1497, 0,2686	0,0995, 0,1985, 0,3900	0,0737, 0,1240, 0,2220	0,0846, 0,1533, 0,2791	0,0516, 0,0909, 0,1761	0,0462, 0,0788, 0,1608

Alternatifler için ağırlıklar hesaplanırken her bir işlemde önceki aşamada izlenen adımlar izlenmiştir. Alternatiflerin ikili karşılaştırılmasında elde edilen minimum değer vektörleri kullanılarak kriterlere ait bulanık ağırlık değerleri oluşturulmuştur. Bulanık ağırlık değerleri normalize edilmesinin ardından alternatifler için ağırlıklar (W) hesaplanmıştır. Sonuç olarak, ana kriterlerin ağırlıkları kullanılarak alt kriterlerin genel ağırlıkları hesaplanmış, bu değerler kullanılarak da alternatiflerin alt kriterlere göre genel ağırlıkları bulunmuştur. Alternatiflerin ağırlıkları ve ilgili kriterlerin genel ağırlıkları Tablo 10'da listelenmiştir.

Tablo 10. Alternatiflerin her bir kritere göre ağırlıkları
(Alternative weights with respect to each criterion)

Kriter	Ağırlık	A1	A2	A3	A4	A5	A6
K1.1	0,0415	0,0733	0,0413	0,0981	0,0092	0,3862	0,3919
K1.2	0,0142	0,0003	0,0003	0,0047	0,0048	0,0010	0,0031
K1.3	0,0467	0,0129	0,0109	0,0025	0,0127	0,0002	0,0075
K1.4	0,0040	0,0017	0,0005	0,0005	0,0002	0,0001	0,0010
K1.5	0,0066	0,0016	0,0001	0,0017	0,0016	0,0009	0,0007
K1.6	0,0208	0,0055	0,0032	0,0043	0,0024	0,0034	0,0021
K2.1	0,0009	0,2163	0,1551	0,0749	0,3844	0,0571	0,1121
K2.2	0,0049	0,0008	0,0007	0,0012	0,0014	0,0002	0,0006
K3.1	0,0086	0,2061	0,1156	0,1947	0,1749	0,1739	0,1347
K3.2	0,0085	0,0033	0,0001	0,0004	0,0034	0,0011	0,0002
K3.3	0,0011	0,0003	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002
K4.1	0,0060	0,2886	0,1146	0,1116	0,3547	0,1149	0,0155
K4.2	0,0056	0,0013	0,0002	0,0015	0,0024	0,0001	0,0001
K5.1	0,0425	0,1547	0,2076	0,2310	0,1206	0,1306	0,1555
K5.2	0,0219	0,0052	0,0004	0,0072	0,0046	0,0040	0,0005
K5.3	0,0197	0,0057	0,0007	0,0035	0,0021	0,0051	0,0026
K5.4	0,0248	0,0002	0,0000	0,0158	0,0000	0,0002	0,0086
K6.1	0,0108	0,3342	0,2488	0,1267	0,0864	0,0227	0,1813
K6.2	0,0078	0,0015	0,0021	0,0019	0,0011	0,0002	0,0010
K6.3	0,0022	0,0005	0,0008	0,0002	0,0005	0,0002	0,0001
K6.4	0,0049	0,0009	0,0015	0,0008	0,0013	0,0001	0,0004
K7.1	0,0428	0,3819	0,0260	0,2488	0,0034	0,0028	0,3371
K7.2	0,0282	0,0077	0,0052	0,0044	0,0068	0,0027	0,0014
K7.3	0,0763	0,0194	0,0147	0,0134	0,0107	0,0103	0,0078
K8.1	0,0133	0,0591	0,2160	0,2416	0,0419	0,3108	0,1307
K8.2	0,0660	0,0062	0,0113	0,0210	0,0008	0,0189	0,0077
K8.3	0,0155	0,0005	0,0020	0,0024	0,0030	0,0040	0,0036
K9.1	0,0487	0,3763	0,0488	0,0084	0,2616	0,2087	0,0962
K9.2	0,0744	0,0136	0,0117	0,0060	0,0002	0,0221	0,0208
K9.3	0,0279	0,0099	0,0007	0,0020	0,0070	0,0041	0,0042
K9.4	0,0411	0,0078	0,0083	0,0065	0,0064	0,0040	0,0080
K10.1	0,0403	0,2391	0,5918	0,0024	0,0786	0,0187	0,0695
K10.2	0,0079	0,0010	0,0031	0,0009	0,0016	0,0001	0,0013
K11.1	0,0651	0,0260	0,0024	0,2143	0,3539	0,3893	0,0141
K11.2	0,1485	0,0313	0,0108	0,0562	0,0411	0,0089	0,0002
Toplam:	0,2027	0,1348	0,2053	0,1661	0,1568	0,1345	

ÖYS alternatifleri içinde toplam ağırlıklarına göre en fazla önem derecesine sahip seçenek 0,2053 değerle TalentLMS olmuştur. TalentLMS seçeneğini toplam ağırlıklarına göre sırayla Docebo (0,2027), 360learning (0,1661), LatitudeLearning (0,1568), iSpring Learn (0,1348) ve Litmos (0,1345) izlemiştir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bulut tabanlı çözümlerin getirdiği esneklikler ÖYS'lerdeki ürün ve servis özelliklerine de yansımıştır. Artan sistem özellikleri ve değişen servis koşulları kurumların bulut tabanlı ÖYS seçimini çok kriterli karar verme problemine dönüştürmüştür. Burada ortaya çıkan karar verme sorununun çözümüne katkı sağlamak için ürün alternatiflerinden ve ilişkin servis koşullarından beklenen özelliklerin hangi seçim kriterleriyle ne ölçüde ilişkili olması gerektiği araştırma konusunu şekillendirmiştir. Çalışma kapsamında ortaya çıkarılan hiyerarşik yapı ile bulut tabanlı ÖYS seçiminde bulanık AHS süreçlerinin izlenebileceği bir karar ağacı önerilmiştir. Bu ağacı yapılandırılan kriterlerin öncelikli olarak lisanslama, güvenlik, platform esnekliği ve içerik desteği olmak üzere arayüz, ölçeklenebilirlik, destek, verimlilik araçları, ölçme ve değerlendirme, ders yapısı, etkileşim ve iş birliği konularını içerdiği anlaşılmıştır. Bu temel kriterler ve ilişkili kabul edilen alt kriterler hiyerarşik yapının çerçevesini oluşturmuş, alternatifler arasından en uygun bulut tabanlı ÖYS seçimine yönelik bulanık AHS adımlarının gerektirdiği ikili karşılaştırmaların yapılmasına ve kararın verilmesine olanak sağlamıştır. Durum çalışmasında kullanılmak üzere, bulut tabanlı ÖYS alternatiflerinden TalentLMS, Docebo, 360learning, LatitudeLearning, iSpring Learn ve Litmos üzerinde sistem ve servis özellikleri incelemesi yapılmıştır. Bu altı sistem üzerinde gerçekleştirilen kriterlere bağlı ikili karşılaştırma analizleri sonunda her bir alternatif için toplam ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu ağırlık değerleriyle kriterlerin genel ağırlıkları da dikkate alınarak alternatifler üzerinde göreceli değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ve verilen kriterlere göre karar vericilerin gerçekleştirdiği alternatifler arası ikili karşılaştırmalar sonucu TalentLMS en fazla önem derecesine sahip bulut tabanlı ÖYS olarak belirlenmiştir. Özetle, bu çalışmada bulanık AHS süreçleri genişletilmiş sentetik analizle bulut tabanlı ÖYS seçim kriterlerinin derecelendirilmesinde ve farklı alternatiflerin belirlenen bir durum çalışması çerçevesinde kriterlere göre karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

Bu çalışmada AHS temel alınarak oluşturulan BAHS metodu izlenirken literatüre ve uzman görüşlerine dayalı değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme çalışmalarında AAS, TOPSIS, ELECTRE gibi metodların da kullanıldığı karma yöntemlerle sonuçların tekrar değerlendirilmesi araştırmacıların daha kesin sonuçlar elde etmesinde yardımcı olmaktadır [47]. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve kriterler arası ilişkilerin netleştirilmesi yönünde Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (ISM) ve Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Hem bulut tabanlı ÖYS alternatiflerinin daha kapsamlı incelenmesi hem de sistem seçiminde kararları etkileyen kriterlerin daha geniş katılımcı grubuyla derecelendirilmesi amacıyla bu alanda yapılacak yeni araştırmalara gereksinim vardır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. A. Piña, "Learning management systems: A look at the big picture", **Learning management systems and instructional design: Best practices in online education**, IGI Global, A.B.D, 1-19, 2013.
- [2] O. S. Turan, M. R. Canal, "Öğrenme yönetim sistemi kullanılabilirlik incelemesi; Gazi İngilizce Dil Okulu örneği", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 4(3), 47-52, 2011.
- [3] K. Bakshi, L. Beser, "Cloud Reference Frameworks", **Encyclopedia of Cloud Computing**, Editör: S. Murugesan, I. Bojanova, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, 71-88, 2016.
- [4] A. O. Akande, J.-P. Van Belle, "Cloud computing in higher education: A snapshot of software as a service", **2014 IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)**, Ota, Nigeria, 1-5, 2014.
- [5] A. A. Piña, "An Educational Leader's View of Learning Management Systems", **Leading and Managing e-Learning**, Editör: A. A. Piña, V. L. Lowell, B. R. Harris, Springer, Cham, 101-113, 2018.
- [6] P. Lal, "Organizational learning management systems: time to move learning to the cloud!", *Dev. Learn. Organ. Int. J.*, 29(5), 13-15, 2015.
- [7] A. Mardani, A. Jusoh, K. MD Nor, Z. Khalifah, N. Zakwan, A. Valipour, "Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014", *Econ. Res.-Ekon. Istraživanja*, 28(1), 516-571, 2015.
- [8] A. Çetin, A. H. Işık, İ. Güler, "Learning management system selection with analytic hierarchy process", **13th International Conference on Interactive Computer aided Learning(ICL2010)**, Hasselt, Belgium, 921-926, 2010.
- [9] F. Colace, M. De Santo, "Evaluation models for e-learning platforms and the AHP approach: A case study", *IPSI BGD Trans. Internet Res.*, 7(1), 31-43, 2011.
- [10] B. Srđević, M. Pipan, Z. Srđević, T. Arh, "AHP supported evaluation of LMS quality", **International workshop on the interplay between user experience (UX) Evaluation and system development (I-UxSED 2012)**, Copenhagen, Denmark, 50-57, 2012.
- [11] E. Kurilovas, V. Dagiene, "Learning objects and virtual learning environments technical evaluation criteria", *Electron. J. E-Learn.*, 7(2), 127-136, 2009.
- [12] A. Özbek, "PERFORMANCE EVALUATION OF LEARNING MANAGEMENT SYSTEM", *E-J. New World Sci. Acad.*, 8(2), 164-178, 2013.
- [13] A. H. Işık, M. Ince, T. Yigit, "A fuzzy AHP approach to select learning management system", *Int. J. Comput. Theory Eng*, 7(6), 499, 2015.
- [14] E. Karagöz, L. Ö. Oral, O. H. Kaya, V. Tecim, "LMS Selection Process for Effective Distance Education System in Organizations", *KnE Soc. Sci.*, 1(2), 343-356, 2017.
- [15] Y. A. Turker, K. Baynal, T. Turker, "The Evaluation of Learning Management Systems by Using Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS and an Integrated Method: A Case Study", *Turkish Online Journal of Distance Education*, 20(2), 195-218, 2019.
- [16] Yahfizham, F. Purwani, K. Rukun, Krismadinata, "A review of Cloud Learning Management System (CLMS) based on Software as a Service (SaaS)", **2017 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICs)**, Banda Aceh, 205-210, 2017.
- [17] V. Petrova, "Using the Analytic Hierarchy Process for LMS selection", **Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech '19**, Ruse, Bulgaria, 332-336, 2019.
- [18] Y. Gambo, P. Y. Mshelia, N. Nachandiya, "A Systematic Review on Applications of Multi-Criteria Decision Method (MCDM) in Evaluating Factors Influencing User Acceptance of Cloud-Based System", *J. Multidiscip. Eng. Sci. Stud. JMESS ISSN*, 2017.
- [19] E. Çakir, B. Kutlu Karabiyik, "Bütünleşik SWARA - COPRAS Yöntemi Kullanarak Bulut Depolama Hizmet Sağlayıcılarının Değerlendirilmesi", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 417-434, 2017.
- [20] Y. Şahin, D. M. İ. Ş. "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile E-Alışveriş Siteleri Tercih Analizi", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(4), 265-275, 2019.
- [21] A. Shawish, M. Salama, "Cloud Computing: Paradigms and Technologies", **Inter-cooperative Collective Intelligence: Techniques and Applications**, Cilt: 495, Editör: F. Xhafa, N. Bessis, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 39-67, 2014.
- [22] J. A. González-Martínez, M. L. Bote-Lorenzo, E. Gómez-Sánchez, R. Cano-Parra, "Cloud computing and education: A state-of-the-art survey", *Comput. Educ.*, 80, 132-151, 2015.
- [23] İ. S. Yıldırım, Y. Gökteş, N. Temur, A. Kocaman, "İyi bir öğrenme yönetimi sistemi (ÖYS) için kriter önerisi", *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(4), 455-462, 2004.
- [24] E. W. Black, D. Beck, K. Dawson, S. Jinks, M. DiPietro, "Considering implementation and use in the adoption of an LMS in online and blended learning environments", *TechTrends*, 51(2), 35-53, 2007.
- [25] J. L. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modelling LMS critical success factors", *Knowledge-Based Systems*, 22(4), 275-278, 2009.
- [26] H. Ma, Z. Zheng, F. Ye, S. Tong, "The applied research of cloud computing in the construction of collaborative learning platform under e-learning environment", **2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization**, Washington, DC, USA, 190-192, 2010.
- [27] J. P. Laverty, D. F. Wood, D. Tannehill, F. Kohun, J. Turcek, "Improving the LMS Selection Process: Instructor Concerns, Usage and Perceived Value of Online Course Delivery Tools", *Inf. Syst. Educ. J.*, 10(1), 75-88, 2012.
- [28] N. Cavus, "Selecting a learning management system (LMS) in developing countries: instructors' evaluation", *Interact. Learn. Environ.*, 21(5), 419-437, 2013.
- [29] K. Atcharyachanvanich, N. Siripujaka, N. Jaiwong, "What makes university students use cloud-based e-learning?: Case study of KMITL students", **International Conference on Information Society (I-Society 2014)**, London, UK, 112-116, 2014.

- [30] S. Çoban, “Üniversitelerde Öğretim Yönetim Sistemleri Yazılımları Kullanımına Yönelik Bir İnceleme”, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-12, 2016.
- [31] D. Walker, J. Lindner, T. Pesi Murphrey, K. Dooley, “Learning Management System Usage: Perspectives From University Instructors”, *Q. Rev. Distance Duction*, 12, 41-50, 2016.
- [32] H. Hamidi, S. Rouhani, “The Effects of Cloud Computing Technology on E-Learning: Empirical Study”, *Robot Autom Eng J*, 2(5), 2018.
- [33] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, S. Kildienė, “STATE OF ART SURVEYS OF OVERVIEWS ON MCDM/MADM METHODS”, *Technol. Econ. Dev. Econ.*, 20(1), 165-179, 2014.
- [34] L. G. Vargas, “An overview of the analytic hierarchy process and its applications”, *Eur. J. Oper. Res.*, 48(1), 2-8, 1990.
- [35] M. Velasquez, P. T. Hester, “An analysis of multi-criteria decision making methods”, *Int. J. Oper. Res.*, 10(2), 56–66, 2013.
- [36] T. L. Saaty, J. S. Shang, “Group decision-making: Head-count versus intensity of preference”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 41(1), 22-37, 2007.
- [37] A. Özdağoğlu, G. Özdağoğlu, “Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multi-criteria decision making processes with linguistic evaluations”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(11), 65-85, 2007.
- [38] T. L. Saaty, “Analytic Heirarchy Process”, **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**, N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri, J. L. Teugels, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2014.
- [39] T.-C. Wang, Y.-H. Chen, “Applying fuzzy linguistic preference relations to the improvement of consistency of fuzzy AHP”, *Inf. Sci.*, 178(19), 3755-3765, 2008.
- [40] M.-S. Kuo, G.-S. Liang, W.-C. Huang, “Extensions of the multicriteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment”, *Int. J. Approx. Reason.*, 43(3), 268-285, 2006.
- [41] D.-Y. Chang, “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP”, *Eur. J. Oper. Res.*, 95(3), 649-655, 1996.
- [42] T. L. Saaty, “How to make a decision: the analytic hierarchy process”, *Interfaces*, 24(6), 19–43, 1994.
- [43] C.-K. Kwong, H. Bai, “Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach”, *Iie Trans.*, 35(7), 619–626, 2003.
- [44] T. L. Saaty, L. T. Tran, “On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process”, *Math. Comput. Model.*, 46(7-8), 962-975, 2007.
- [45] T. L. Saaty, **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting**, McGraw-Hill, USA: Resource Allocation, 1980.
- [46] Internet: eLearning Industry, <https://elearningindustry.com>, 19.10.2019.
- [47] A. Kumar, M. K. Dash, **Fuzzy optimization and multi-criteria decision making in digital marketing**, Business Science Reference, An Imprint of IGI Global, Hershey, A.B.D, 2016.

EKLER (APPENDICES)**Ek 1. İçerik desteği alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi**

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of content support)

	K1.1	K1.2	K1.3	K1.4	K1.5	K1.6
K1.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,2190, 1,6938, 2,0684	0,6245, 1,0000, 1,6013	1,5746, 2,6671, 3,7125	1,5112, 2,1665, 2,7124	1,2702, 1,9019, 2,6273
K1.2	0,4835, 0,5904, 0,8203	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,3538, 0,4762, 0,6730	0,8203, 1,1504, 1,5602	0,9195, 1,1699, 1,5449	0,6270, 0,9597, 1,3814
K1.3	0,6245, 1,0000, 1,6013	1,4860, 2,0998, 2,8261	1,0000, 1,0000, 1,0000	2,1879, 2,9947, 3,7318	1,8074, 2,6918, 3,7342	1,4724, 2,1193, 2,8626
K1.4	0,2694, 0,3749, 0,6351	0,6410, 0,8693, 1,2190	0,2680, 0,3339, 0,4571	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6792, 0,8824, 1,1699	0,4071, 0,5752, 0,9057
K1.5	0,3687, 0,4616, 0,6617	0,6473, 0,8548, 1,0876	0,2678, 0,3715, 0,5533	0,8548, 1,1332, 1,4724	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,5572, 0,7573, 0,9597
K1.6	0,3806, 0,5258, 0,7873	0,7239, 1,0420, 1,5949	0,3493, 0,4719, 0,6792	1,1041, 1,7385, 2,4566	1,0420, 1,3205, 1,7948	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 2. Etkileşim ve iş birliği alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of interaction and collaboration sub-criteria)

	K2.1	K2.2
K2.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6598, 0,7711, 0,9051
K2.2	1,1048, 1,2969, 1,5157	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 3. Ölçme ve değerlendirme alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of quantification and consideration sub-criteria)

	K3.1	K3.2	K3.3
K3.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,8123, 1,0694, 1,3468	1,3483, 1,7546, 2,2136
K3.2	0,7425, 0,9351, 1,2311	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,4090, 1,8463, 2,2971
K3.3	0,4518, 0,5699, 0,7417	0,4353, 0,5416, 0,7097	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 4. Ders yapısı alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of course structure sub-criteria)

	K4.1	K4.2
K4.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,7905, 1,0420, 1,3113
K4.2	0,7626, 0,9597, 1,2651	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 5. Arayüz alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of interface sub-criteria)

	K5.1	K5.2	K5.3	K5.4
K5.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,1877, 1,6256, 2,2032	1,1399, 1,6938, 2,3346	1,0652, 1,7385, 2,6718
K5.2	0,4539, 0,6152, 0,8420	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6971, 1,0596, 1,5341	0,6473, 0,9296, 1,2275
K5.3	0,4283, 0,5904, 0,8773	0,6518, 0,9437, 1,4345	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6718, 0,8328, 1,0757
K5.4	0,3743, 0,5752, 0,9388	0,8146, 1,0757, 1,5449	0,9296, 1,2008, 1,4886	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 6. Verimlilik araçları alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of productivity tools sub-criteria)

	K6.1	K6.2	K6.3	K6.4
K6.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,7873, 1,0652, 1,4262	1,4860, 2,3184, 3,3064	1,3895, 1,9816, 2,7727
K6.2	0,7012, 0,9388, 1,2702	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,2636, 1,6802, 2,0876	0,9908, 1,2375, 1,5949
K6.3	0,3024, 0,4313, 0,6730	0,4790, 0,5952, 0,7914	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,5258, 0,7626, 1,1041
K6.4	0,3607, 0,5046, 0,7197	0,6270, 0,8081, 1,0093	0,9057, 1,3113, 1,9019	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 7. Platform esnekliği alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of platform flexibility sub-criteria)

	K7.1	K7.2	K7.3
K7.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,8371, 1,0499, 1,2917	0,5870, 0,8203, 1,0757
K7.2	0,7742, 0,9525, 1,1946	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,5397, 0,6395, 0,7688
K7.3	0,9296, 1,2190, 1,7037	1,3007, 1,5637, 1,8530	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 8. Ölçkelebilirlik alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi

(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of scalability sub-criteria)

	K8.1	K8.2	K8.3
K8.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,3868, 0,5017, 0,6459	0,7155, 1,0324, 1,3895
K8.2	1,5483, 1,9932, 2,5851	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,3205, 1,9666, 2,5362
K8.3	0,7197, 0,9686, 1,3976	0,3943, 0,5085, 0,7573	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 9. Güvenlik alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi
(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of security sub-criteria)

	K9.1	K9.2	K9.3	K9.4
K9.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,4962, 0,6907, 1,0000	0,9833, 1,3335, 1,9816	0,7923, 1,0324, 1,3037
K9.2	1,0000, 1,4478, 2,0153	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,1143, 1,6783, 2,3796	1,1525, 1,6772, 2,2588
K9.3	0,5046, 0,7499, 1,0170	0,4202, 0,5959, 0,8974	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6718, 0,8114, 1,0000
K9.4	0,7671, 0,9686, 1,2622	0,4427, 0,5962, 0,8677	1,0000, 1,2325, 1,4886	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 10. Destek alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi
(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of support sub-criteria)

	K10.1	K10.2
K10.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	1,0832, 1,2397, 1,4089
K10.2	0,7098, 0,8066, 0,9232	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 11. Lisanslama alt kriterlerinin bulanık sentetik ikili karşılaştırma matrisi
(Fuzzy synthetic pairwise comparison matrix of licensing sub-criteria)

	K11.1	K11.2
K11.1	1,0000, 1,0000, 1,0000	0,6975, 0,8236, 0,9811
K11.2	1,0193, 1,2141, 1,4336	1,0000, 1,0000, 1,0000

Ek 12. Kriterlerin açıklamaları
(Descriptions of criteria)

Kriter	Açıklama
K1	İçerik desteği ÖYS içindeki içerik araçlarının içerik türlerini kullanabilme, paketleyebilme ve gruplayabilme özellikleri farklılık gösterebilmektedir. İçeriklerin SCORM, Tin Can API, AICC ve Section 508 gibi standartlara uyumu ve ÖYS'nin kendi içinde üretebileceği içeriklerde sağladığı standartlar, sistemin kabul edebildiği içerik formatları (HTML 5, MP4, FLV, vb.), içeriklerin kategori altına alınabilmesi, gruplanması ve gerektiğinde bir müfredat içine dahil edilebilmesi, yedeklenebilmesi ve taşınabilmesi.
K2	Etkileşim ve iş birliği Başta yazışma, dosya paylaşımı ve tartışma panoları olmak üzere ÖYS içinde etkileşimin ve iş birliğinin sağlanmasına yönelik asenkron ve senkron araçların varlığı.
K3	Ölçme ve değerlendirme Ölçme ve değerlendirmeyi destekleyen araçların olması, bu araçlar üzerinden geribildirim sağlanabilmesi, notlandırma çeşitliliği ve ilerleme durumlarının raporlanabilmesi.
K4	Ders yapısı Ders yapısının şekillenmesini etkileyen konu tabanlı, aktivite tabanlı, serbest veya seçimi belli zaman dilimlerine dayalı ders akışı tasarımlarının oluşturabilmesi ve sunulan öğretim tasarımı esneklikleri.
K5	Arayüz Arayüzün kişiselleştirilebilmesi, sistem gösterge değerlerinin yerelleştirilebilmesi, navigasyon ve yönlendirme özellikleri, dil seçenekleri ve kullanım kolaylığı.
K6	Verimlilik araçları ÖYS kullanımında öğrenme etkinliğini artıracak yönlendirme ve arama mekanizmaları, materyallerin çevrim dışı kullanılabilme özellikleri, plan/takvim oluşturabilme ve kişisel notlar tutabilme özellikleri.
K7	Platform esnekliği Sistemin farklı platformlardan erişilebilmesini ve entegrasyonunu içerir. Web tarayıcılarla uyum, mobil cihazlardan erişilebilme ve sistem erişimlerinin çeşitli platform entegrasyonları (Active Directory/LDAP, SAML, vb.) ile esnek kılınması.
K8	Ölçeklenebilirlik Sistemin ihtiyaca uygun ölçeklenebilmesi için veri tutma kapasitesi, haberleşme kanalı kapasitesi (bant genişliği) ve sistem kullanıcı sayısı gibi konularda belirleyici seçeneklerin olması.
K9	Güvenlik İzlenen güvenlik standartları, kullanıcı kimlik doğrulama ve içeriğe güvenli erişim için alınan önlemler, sisteme ve kullanıcıya ilişkin yetkilendirme ve yedekleme olanakları.
K10	Destek Sistem sorunlarının çözümüne ve sistemin etkin kullanılmasına yönelik yardımcı materyallerin olması, anlık destek sağlanabilmesi.
K11	Lisanslama Kullanıcı sayısına ve kullanım yoğunluğuna bağlı genişleme veya daralma gereksinimlerine göre farklı lisanslama alternatiflerinin olması ve lisanslama maliyetlerine ilişkin seçenekler.