

Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinde Yazılım Tedarik Kararları: GAHP ve Duyarlılık Analizi Uygulaması

Mustafa Kaya¹ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, Türkiye'deki devlet üniversitelerinin Bilgi İşlem Daire Başkanlıkları (BİDB) bünyesinde yazılım tedarik süreçlerini verimliliği sağlayacak, sistematik ve bilimsel bir yöntemle yönetmelerine yardımcı olacak bir karar modeli sunmayı amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışmada, altı temel kriter (Maliyet, Teknik Uygunluk, Zaman ve Hız, Performans ve Kalite, Güvenlik ve Uyumluluk, Risk ve Esneklik) ve yedi alternatif (Tamamen Kurum İçi Geliştirme, Kısmen Dış Kaynak Kullanımı, Tamamen Dış Kaynak Kullanımı, Hazır Yazılım, Hibrit/Modüler Çözüm, Ortak Geliştirme, Bulut Çözüm) değerlendirilmiştir. Karar verme sürecine beş uzman katılmış, her biri teknik uygunluk, bütçe, güvenlik ve kullanıcı deneyimi gibi alanlarda katkı sağlamıştır. Çalışmada Grup Analitik Hiyerarşi Süreci (GAHP) yöntemi kullanılarak, karar vericilerin kolektif uzmanlığını nesnel bir çerçevede birleştirmesi amaçlanmıştır.

Bulgular: GAHP ve duyarlılık analizi sonuçları, Tamamen Kurum İçi Geliştirmenin en iyi alternatif olduğunu göstermektedir. Ayrıca, modelin karar değişimlerine karşı dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, Türkiye'deki devlet üniversitelerinde yazılım tedarik süreçlerine yönelik GAHP uygulamasını içeren sınırlı sayıda çalışmalardan biridir. Aynı zamanda, Sıralama Tersine Dönmesi Yöntemi ile duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve karar modelinin istikrarı test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Tedarikçi Seçimi, Grup Analitik Hiyerarşi Süreci (GAHP), Karar Destek Sistemleri, Yönetim Bilişim Sistemleri.

JEL Kodları: C44, C61, C88, M11, M15.

Software Supply Decisions in State Universities in Türkiye: An Application of GAHP and Sensitivity Analysis

ABSTRACT

Purpose: This study aims to present a decision model designed to help the Information Technology Departments (ITDs) of state universities in Türkiye manage software procurement processes more efficiently through a systematic and scientific approach.

Methodology: Six key criteria (Cost, Technical Suitability, Time and Speed, Performance and Quality, Security and Compliance, and Risk and Flexibility) and seven alternatives (In-House Development, Partial Outsourcing, Full Outsourcing, Off-the-Shelf Software, Hybrid/Modular Solution, Joint Development, and Cloud Solution) were evaluated. Five experts participated in the decision-making process, each contributing expertise in areas such as technical suitability, budgeting, security, and user experience. The Group Analytic Hierarchy Process (GAHP) method was applied to integrate the collective expertise of decision-makers into an objective framework.

Findings: The results of GAHP and the sensitivity analysis show that In-House Development is the most favorable alternative. Moreover, the model was found to be robust against ranking reversals.

Originality: This study is among the limited research focusing on the application of Group AHP in software procurement processes within Turkish state universities. In addition, sensitivity analysis was conducted using the rank reversal method, which confirmed the stability of the decision model.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Supplier Selection, Group Analytic Hierarchy Process (GAHP), Decision Support Systems, Management Information Systems.

JEL Codes: C44, C61, C88, M11, M15.

¹ Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Mustafa Kaya, mkaya@hacettepe.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1633117

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 04.02.2025 | Kabul / Accepted: 05.09.2025

Atıf/Cite: Kaya, M. (2025). "Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinde Yazılım Tedarik Kararları: GAHP ve Duyarlılık Analizi Uygulaması", *Verimlilik Dergisi*, 59(4), 925-942.

EXTENDED ABSTRACT

In Türkiye's state universities, rising student numbers, diversified research and development activities, and growing demand for digitalization have made software procurement and development decisions multi-stakeholder and multi-criteria in nature. Information Technology Departments (ITDs) manage software development or acquisition, integration of existing systems, improvements in user experience, and the alignment of institutional strategy with digital transformation. These tasks are carried out under principles of regulation, transparency, effectiveness, and efficiency. For this reason, cost, technical suitability, security, time, performance, and risk need to be evaluated together. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) offers a systematic, consistent, and objective framework for such complex problems.

The Analytic Hierarchy Process (AHP) and its group-decision form, Group AHP (GAHP), allow the integration of assessments from stakeholders with different expertise. In the Turkish literature, fuzzy AHP and hybrid approaches are common, while GAHP and formal sensitivity analyses are relatively limited. This study models software procurement decisions in state universities with GAHP and tests model stability through a rank-reversal-based sensitivity analysis. The central question is which alternative emerges as the most consistent and robust choice under multiple criteria in the ITD context.

The model evaluates six criteria (Cost, Technical Suitability, Time and Speed, Performance and Quality, Security and Compliance, Risk and Flexibility) and seven alternatives (In-House Development, Partial Outsourcing, Full Outsourcing, Off-the-Shelf Software, Hybrid/Modular Solution, Joint Development, Cloud Solution). Five experts participated: an ITD director, a senior software engineer, a system administrator, a user-side representative, and a finance officer. Using the 1–9 scale, they completed pairwise comparisons. Individual matrices were aggregated with the geometric mean under GAHP. Criterion weights and local priorities were computed with the eigenvector approach. A rank-reversal sensitivity analysis was then performed by removing each criterion and each alternative in turn. The implementation was carried out in a VBA-based Excel tool.

GAHP results show In-House Development (A1) ranks first with a final score of 0.3531, followed by Partial Outsourcing (A2) at 0.1827, then A5 (0.1360), A7 (0.1156), A3 (0.0846), A6 (0.0659), and A4 (0.0621). Criterion weights are as follows: Cost 0.3546, Technical Suitability 0.1890, Security and Compliance 0.1864, Time and Speed 0.1028, Risk and Flexibility 0.0872, Performance and Quality 0.0800. Criterion sensitivity: removing any single criterion did not change the ranking; the order $A1 > A2 > A5 > A7 > A3 > A6 > A4$ was preserved. Alternative sensitivity: when A1 was removed, A2 moved to first place. Removing A3 moved A4 and A6 up by one position. Removing A5 raised A7 to third place. Removing A4, A6, or A7 largely preserved the overall order.

Considering institutional know-how, regulatory compliance and security requirements, and long-term sustainability, in-house development is a strong leading alternative. Partial outsourcing appears as a rational second option due to speed and access to expertise. Limited criterion-level sensitivity indicates that results are not overly dependent on any single criterion, while the observed alternative-level changes are in expected directions, which supports consistency. From a governance perspective, the model supports transparency and accountability and facilitates stakeholder agreement. The main limitations are the small expert panel and the single country and institution type. Future work may expand stakeholder coverage, compare with fuzzy and hybrid MCDM approaches, add scenarios that incorporate total cost of ownership and life-cycle risks, and explore integration of machine-learning modules into the decision process.

1. GİRİŞ

Türkiye'deki devlet üniversiteleri, artan öğrenci sayısı, çeşitlenen araştırma-geliştirme faaliyetleri ve hızla artan dijitalleşme talebi ile kurumsal kapasitelerini geliştirmeye yönelik çeşitli yazılım çözümlerine ihtiyaç duymaktadır. Üniversitelerin bünyesinde faaliyet gösteren Bilgi İşlem Daire Başkanlıkları, bu yazılım çözümlerini geliştirmek veya temin etmek, mevcut sistemleri entegre etmek, kullanıcı memnuniyetini artıracak uygulamalar tasarlamak ve kurumun stratejik hedeflerini dijitalleşme yoluyla desteklemek gibi pek çok önemli görevi üstlenmektedir. Ancak, bu süreçte karşılaşılan temel zorluklardan biri, yazılım seçiminin birden fazla paydaşı ve kriteri dikkate alan çok boyutlu ve karmaşık bir karar verme sürecini gerektirmesidir.

Devlet kurumları, özellikle üniversiteler, kurumsal kaynakları kullanırken mevzuat, şeffaflık, *etkinlik*, *verimlilik* ve stratejik planlama ilkeleri doğrultusunda hareket etmek zorundadır. Bu durum, yazılım seçim sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerin ve kriterlerin artmasına neden olmaktadır. Maliyet, teknik uygunluk, güvenlik, zaman, performans ve risk gibi unsurların aynı anda değerlendirilmesi, sürecin sadece teknik değil aynı zamanda stratejik bir karar verme problemine dönüşmesine yol açmaktadır (Saaty, 1980, s. 1, 82–83). Bu bağlamda, çok kriterli karar verme yöntemleri, karmaşık ve çok boyutlu problemler için sistematik, tutarlı ve objektif bir çerçeve sunarak, karar vericilere önemli bir avantaj sağlamaktadır (Forman ve Peniwati, 1998).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve bir karar problemini hiyerarşik bir yapıda tanımlayarak kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırma yöntemiyle ağırlık hesaplaması yapan, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri arasında en yaygın kullanılan araçlardan biridir (Saaty ve Vargas, 2012, s. 14, 24–27). AHP'nin grup karar verme süreçlerine uyarlanmış hali olan GAHP, birden fazla uzmanın değerlendirmelerini birleştirerek daha kapsayıcı ve dengeli bir karar mekanizması sunar. Bu yöntemde, uzmanların görüşleri geometrik ortalama gibi toplulaştırma teknikleriyle birleştirilir ve nihai karar için ortak bir temel oluşturulur. GAHP, özellikle farklı uzmanlık alanlarından gelen paydaşların yer aldığı üniversite ortamlarında, yazılım seçimi gibi stratejik konular için oldukça uygundur (Karsak ve Ozogul, 2009).

Bu çalışmada, mevcut GAHP metodolojisi, Türkiye'deki devlet üniversitelerinin yazılım tedarik süreçlerine uyarlanmıştır. Karar verme süreci, 6 kriter (Maliyet, Teknik Uygunluk, Zaman ve Hız, Performans ve Kalite, Güvenlik ve Uyumluluk, Risk ve Esneklik) ve 7 alternatif (Tamamen Kurum İçi Geliştirme, Kısmen Dış Kaynak Kullanımı, Tamamen Dış Kaynak Kullanımı, Hazır Yazılım, Hibrit ve Modüler Çözüm, Ortak Geliştirme, Bulut Çözümü) üzerinden değerlendirilmiştir. Bu süreçte, AHP adımları izlenmiş, GAHP yaklaşımı kullanılarak uzman görüşleri birleştirilmiş ve nihai sıralamalar elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, Sıralama Tersine Dönmesi (Rank Reversal) yöntemi ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Sıralama Tersine Dönmesi, AHP'deki geleneksel sıralama sonuçlarının her seferinde bir kriterin veya alternatifin modelden çıkarılmasıyla nasıl değiştiğini analiz eden ve karar modelinin kırılabilirliklerini ortaya koyan bir yöntemdir. Belton ve Gear (1983), AHP'nin yeni bir alternatifin eklenmesiyle mevcut sıralamanın değişebileceğini ve bunun karar sürecini etkileyebileceğini göstermiştir. Dyer (1990), AHP'nin metodolojik tutarsızlıklar içerebileceğini ve Sıralama Tersine Dönmesinin karar verme süreçlerinde ciddi etkileri olabileceğini tartışmıştır. Bu eleştirilere yanıt olarak Saaty (1990), AHP'nin doğru uygulandığında Sıralama Tersine Dönmesini engelleyebileceğini ve yöntemin tutarlı kararlar ürettiğini savunmuştur.

Çalışmanın önemi, kamu kurumlarında karar verme süreçlerine sistematik bir yaklaşım getirerek, karar mekanizmasının şeffaflığının, doğruluğunun, *verimliliğinin* artırılmasına yönelik katkı sunmasıdır. Ayrıca, bir alternatifin çıkarılmasıyla hangi alternatiflerin daha güçlü hale geldiğini veya bir kriterin çıkarılmasıyla sıralamanın nasıl değiştiğini görmek, karar vericilerin daha bilinçli ve güvenilir sonuçlara ulaşmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, mevcut literatürde ters sıralama yönteminin Türkiye'deki kamu kurumlarında uygulama potansiyelini göstermesi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular, kamu kurumlarının verimliliğini artırmayı ve stratejik karar verme süreçlerine ışık tutmayı hedeflemektedir.

Makalenin devamında, literatür taramasıyla yazılım seçimi ve ÇKKV yöntemlerine dair teorik çerçeve sunulacak, ardından çalışmada kullanılan yöntemler detaylandırılacaktır. GAHP modeli ve duyarlılık analizi sonuçlarının tartışılmasıyla birlikte, modelin uygulanabilirliği ve karar vericilere sağladığı faydalar değerlendirilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karmaşık karar verme problemlerinde sistematik bir yaklaşım sunması nedeniyle işletme, mühendislik, tedarik zinciri yönetimi, sağlık ve kamu politikaları gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler, birden fazla kriterin dikkate alındığı, paydaşların farklı önceliklere sahip olduğu durumlarda karar vericilere objektif bir çerçeve sağlayarak öne çıkmaktadır. ÇKKV yöntemleri arasında en çok kullanılanlardan biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), kriterlerin ve

alternatiflerin ağırlıklandırılması için hiyerarşik bir yapıda ikili karşılaştırmalara dayalı bir analiz sunar (Saaty, 1980; Saaty ve Vargas, 2012). AHP'nin temel avantajları arasında uygulama kolaylığı, tutarlılık kontrolü ve karar verme sürecini şeffaf hale getirme kapasitesi yer almaktadır (Saaty ve Vargas, 2012). Özellikle, AHP'nin kamu yönetiminde dijital dönüşüm süreçlerinde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. E-devlet uygulamalarında kişisel veri koruma politikalarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda da AHP tabanlı analizler kullanılmaktadır (Muhammad ve Hromada, 2023).

Grup Analitik Hiyerarşi Süreci (GAHP), birden fazla karar vericinin görüşlerini entegre ederek ortak bir karar matrisine dönüştürme sürecidir (Forman ve Peniwati, 1998). Geometrik ortalama, aritmetik ortalama veya ağırlıklı toplulaştırma gibi teknikler kullanılarak bireysel değerlendirmeler birleştirilir ve tek bir grup kararı oluşturulur. Bu yöntem, özellikle üniversite, kamu kurumları ve büyük organizasyonlar gibi çok paydaşlı yapılar için oldukça uygundur. GAHP, uzman görüşlerinin entegre edilmesi ve farklı perspektiflerin bir araya getirilmesi açısından etkili bir çözüm sunmaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006).

Sıralama Tersine Dönmesi, AHP ve diğer ÇKKV yöntemleriyle elde edilen sıralamaların duyarlılık analizini gerçekleştirmek için kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, her bir kriter veya alternatif modelden tek tek çıkarılarak veya eklenerek yeni sıralamalar oluşturulur ve karar sürecindeki hassasiyet analiz edilir. Sıralama tersinmesi, hangi kriter veya alternatiflerin karar süreci üzerinde kritik bir etkisi olduğunu belirlemede karar vericilere önemli bilgiler sağlar. Literatürde, sıralama tersinmesi yöntemi, karar modellerinin kırılganlık ve istikrar analizi açısından önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır (Dyer, 1990). AHP'de sıralama tersinmesi sorunu ve bu durumu önlemeye yönelik çözüm yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar, karar verme süreçlerinin güvenilirliğini artırmaya yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Majumdar ve diğerleri, 2021). Özellikle Schmidt ve diğerleri (2016), Ishizaka ve Labib (2011) Sıralama Tersine Dönmesi olgusunun matematiksel temellerini ve etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemiştir.

Türkiye bağlamında yapılan araştırmalar, yazılım tedariki ve kamu kurumları ile yükseköğretimde karar verme süreçlerinde çoğunlukla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve onun bulanık uzantılarına dayalı ÇKKV yaklaşımlarını öne çıkarmaktadır. Çalışkan ve Aksakal (2019), Likert tabanlı AHP'yi PROMETHEE ile birleştirmiş ve yazılım seçimi özelinde modifiye edilmiş bir GAHP yaklaşımı geliştirmiştir. Bu çalışma, özellikle çok paydaşlı ortamlarda grup karar verme mekanizmalarının önemini vurgulamaktadır. Benzer biçimde Önüt ve Efendigil (2010), Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) yazılım seçimi için bulanık AHP modeli önermiş, Rouyendegh ve Erkan (2011) ise klasik AHP yapısını bir Türk ERP örneğine uygulamış, ancak grup veya bulanık uzantılar raporlanmamıştır.

Kurumsal Kaynak Planlaması dışındaki uygulamalarda, Kahraman ve diğerleri (2013) bulanık AHP ile bulanık İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniğini (TOPSIS) birleştirerek yükseköğretim yatırımlarını değerlendirmiş ve uzman tercihleri değiştiğinde sonuçların sağlamlığını test etmek için senaryo temelli hassasiyet analizi yürütmüştür. Bu özellik, yalnızca kriter ağırlıkları raporlanan ancak sağlamlık testi yapılmayan çoğu Türk çalışmasından farklıdır. Calik ve diğerleri (2012) bulanık AHP'den elde edilen ağırlıkları veri zarflama analizi (DEA) ile birleştirerek 69 devlet üniversitesinin görelî etkinliğini analiz etmiş, Vatansever (2013) ise devlet hastanelerindeki ürün tedarikinde bulanık AHP uygulamış ve sonuçları ihale mevzuatı ile karşılaştırmıştır. Daha yakın dönemde, Seker ve Kahraman (2021) Türkiye'de bir yakıt şirketinde yazılım tedariki için Pythagorean kübik bulanık hibrit (TOPSIS + Etkileşimli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (TODIM)) yaklaşımı geliştirmiş ve bulguların sağlamlığını hassasiyet ve karşılaştırma analizleriyle test etmiştir. Genel olarak bu çalışmalar, Türkiye'de bulanık AHP ve hibrit yaklaşımların hâkim olduğunu, ancak GAHP ve sistematik hassasiyet analizlerinin sınırlı kullanıldığını göstermektedir.

Uluslararası literatürde ise yöntemsel çeşitlilik daha ileri düzeydedir. Marcarelli ve Squillante (2019), kamu ihaleleri için birleşik bir GAHP modeli geliştirmiş ve puanlama kurallarının doğrulanması için hassasiyet analizinin önemini vurgulamıştır. Pekin ve arkadaşları (2006) öngörü yazılımlarının seçiminde AHP uygulamış ve ağırlıklardaki değişimlerin etkilerini test etmiştir. Favretto ve Nottar (2016) Brezilya'daki bir üniversite örneğinde AHP ile akademik yazılım seçimi yapmış ve bilgi güvenilirliği ile sağlayıcı desteğinin en kritik kriterler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, İslam ve Arakawa (2022) belirsizlik ortamında tedarikçi seçimi için entegre bulanık grup ÇKKV modeli geliştirmiş, Ghosh ve diğerleri (2012) ise AHP'yi Tavlama Benzetimi meta-sezgisel algoritması ile birleştirerek NP-zor tedarik problemlerini ele almıştır. Ivanco (2014), senaryo tabanlı testlerin ötesine geçerek türev temelli analitik hassasiyet modeli geliştirmiştir. Bunun yanında, Then ve Amaria (2013) ile Arshad ve diğerleri (2013), üniversitelerde yazılım tedarik süreçlerinde maliyet, yatırımın geri dönüşü (ROI), toplam sahip olma maliyeti (TCO) ve eski sistemlerle entegrasyon gibi yönetim kriterlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Tablo 1. Tedarik kararlarında kullanılan ÇKKV yaklaşımlarının karşılaştırmalı görünümü

<i>Çalışma</i>	<i>Odak</i>	<i>Yöntem</i>
Çalışkan ve Aksakal (2019)	HACM yazılım seçimi (Türkiye)	Likert-tabanlı AHP + PROMETHEE; GAHP varyantı
Önüt ve Efendigil (2010)	ERP yazılım seçimi (Türkiye)	Bulanık AHP hiyerarşik model
Rouyendegh ve Erkan (2011)	ERP yazılım seçimi (Türkiye)	Klasik AHP
Kahraman ve diğerleri (2013)	Yükseköğretim yatırımları (Türkiye)	Bulanık AHP + Bulanık TOPSIS; hassasiyet analizi
Calik ve diğerleri (2012)	Devlet üniversitelerinin etkinliği (Türkiye)	Bulanık AHP ağırlıkları + DEA
Vatansever (2013)	Kamu hastanelerinde tedarik (Türkiye)	Bulanık AHP
Seker ve Kahraman (2021)	Yazılım tedariki (yakıt şirketi, Türkiye)	Pythagorean kübik Fuzzy AHP (FAHP) + TOPSIS/TODIM
Uzoka ve Akinnuwesi (2019)	Genel yazılım seçimi (uluslararası)	AHP modeli, kriter ağırlıkları
Marcarelli ve Squillante (2019)	Kamu ihaleleri (uluslararası)	GAHP
Pekin ve diğerleri (2006)	Öngörü yazılım seçimi (uluslararası)	Klasik AHP + Hassasiyet analizi
Favretto ve Nottar (2016)	Akademik yazılım seçimi (Brezilya, üniversite)	Klasik AHP
Islam ve Arakawa (2022)	Belirsizlikte tedarikçi seçimi (Uluslararası)	Entegre bulanık grup ÇKKV
Ghosh ve diğerleri (2012)	Tedarikçi seçimi optimizasyonu (Uluslararası)	AHP + meta-sezgisel (Simüle Tavlama)

Tablo 1'e baktığımızda, konunun geneli hakkındaki akademik eğilimleri görmekteyiz. Türkiye'deki çalışmalar, özellikle bulanık AHP ve hibrit yöntemlerle belirsiz yargıları modellemeye odaklanırken (Önüt ve Efendigil, 2010; Kahraman ve diğerleri, 2013; Vatansever, 2013), GAHP ve formal hassasiyet analizleri yalnızca birkaç örnekle sınırlı kalmaktadır (Çalışkan ve Aksakal, 2019). Uluslararası literatür ise GAHP'nin formal çerçevede uygulanması (Marcarelli ve Squillante, 2019), türev tabanlı hassasiyet yöntemleri (Ivanco, 2014) ve meta-sezgisel hibritler (Ghosh ve diğerleri, 2012) gibi daha gelişmiş yaklaşımları içermektedir. Bu durum, Türkiye literatürünün bağlamsal açıdan zengin olmakla birlikte, uluslararası düzeyde yaygınlaşan metodolojik derinlikten henüz uzak olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada kamu politikaları bütüncül düzeyde doğrudan ele alınmamış, odak noktası olarak Türkiye'deki devlet üniversitelerinin yazılım tedarik süreçleri seçilmiştir. Bu kapsamda, literatürde vurgulanan şeffaflık, tutarlılık ve sistematiklik ilkelerinin mikro düzey karar süreçlerinde nasıl uygulanabileceği elde edilen bulgular üzerinden gösterilmiştir. İlk olarak, farklı uzmanların değerlendirmeleri GAHP yaklaşımıyla geometrik ortalama yöntemi üzerinden birleştirilmiş; böylece uzmanların farklı bakış açılarının ortak bir yapıya dönüştürülmesi, karar verme sürecinde çok paydaşlı katılımın ve şeffaflığın sağlanmasına imkân vermiştir. İkinci olarak, modelin duyarlılığını test etmek amacıyla gerçekleştirilen Sıralama Tersine Dönmesi analizi, her bir kriter ve alternatifin modelden çıkarılmasıyla öncelik sıralamalarındaki değişimleri ortaya koymuş; bu bulgu, karar modelinin tutarlılığını ve istikrarını değerlendirmeye olanak tanımıştır. Ayrıca, bu prosedürün adım adım uygulanması, duyarlılık analizinin sistematik bir biçimde yürütülmesini sağlamıştır. Çalışma, bu yönetsel katkılar aracılığıyla, üniversitelerin yazılım tedarik kararlarının yalnızca kavramsal düzeyde değil, ampirik bulgular ışığında daha şeffaf, karşılaştırılabilir ve değerlendirilebilir bir çerçevede ele alınabileceğini göstermekte; bu yönüyle mevcut literatüre Türkiye bağlamında somut bir uygulama örneği kazandırmaktadır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada yazılım geliştirme veya temin etme sürecinde dikkate alınacak değişkenleri temsil etmek üzere altı temel kriter belirlenmiştir: (1) Maliyet, (2) Teknik Uygunluk, (3) Zaman ve Hız, (4) Performans ve Kalite, (5) Güvenlik ve Uyumluluk ve (6) Risk ve Esneklik. Bazı kriterler yüksek kavramsal örtüşmeleri nedeniyle birlikte ele alınmıştır. Örneğin, Güvenlik/Uyumluluk kriteri hem teknik güvenlik önlemlerini hem de Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) ve ISO 27001 gibi yasal ve kurumsal standartlara uygunluğu kapsadığından tek başlık altında bütünleştirilmiştir. Ayrıca, AHP yönteminde kriter sayısının azaltılması karar vericiler için önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan kriterlerin kapsamı ve gerekçeleri Tablo 2'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Tablo 2. Yazılım tedarikinde dikkate alınan kriterler, açıklamaları ve referansları

Kriter	Açıklama	Referans
Maliyet	Özellikle bütçe sınırlamalarıyla çalışan kurumlarda büyük önem taşır; projelerin sürdürülebilirliği ve uygulanabilirliği üzerinde doğrudan etkilidir.	Önüt ve Efendigil (2010), Vaidya ve Kumar (2006), Çalışkan ve Aksakal (2019)
Teknik Uygunluk	Mevcut altyapı ve personel yetkinlikleriyle ne ölçüde uyduğunu değerlendirir. Özellikle Bilgi İşlem Daire Başkanlıkları (BİDB) tarafından yönetilen teknik altyapı, yazılımın kurulum, bakım ve entegrasyon süreçleri açısından kritik rol oynamaktadır. Bu nedenle kriter hem mevcut sistemlerle entegrasyon kabiliyetini hem de teknik personelin bilgi ve deneyimiyle uyumluluğu kapsamaktadır.	Vaidya ve Kumar (2006), Çalışkan ve Aksakal (2019)
Zaman ve Hız	Yazılım projelerinin ne kadar kısa sürede işlevsel hâle getirilebileceği veya güncellenebileceğini yansıtır; proje yönetimi ve kullanıcı ihtiyaçlarının hızlı karşılanmasında önemlidir.	Ishizaka ve Labib (2011), Çalışkan ve Aksakal (2019)
Performans ve Kalite	Performans, sistemin iş yükü altındaki kararlılığını ifade ederken; kalite, kullanıcı memnuniyeti ve işlevsellik boyutlarını kapsar. Yazılım performansı ve kalite birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceği için tek başlık altında birleştirilmiştir.	Önüt ve Efendigil (2010), Vaidya ve Kumar (2006), Ishizaka ve Labib (2011), Çalışkan ve Aksakal (2019)
Güvenlik ve Uyumluluk	Veri koruması, KVKK ve ISO 27001 gibi uluslararası standartlara uygunluğu, ayrıca siber saldırılara karşı dayanıklılığı içerir. Güvenlik teknik boyutu, uyumluluk ise yasal/regülasyon boyutu temsil ettiğinden tek kriter olarak ele alınmıştır.	Muhammad ve Hromada (2023); Vaidya ve Kumar (2006), Çalışkan ve Aksakal
Risk ve Esneklik	Risk, uzun vadede ortaya çıkabilecek belirsizlikleri ifade ederken; esneklik, sistemin değişen koşullara uyarlanabilme kapasitesini ifade eder. Bu iki unsur yazılım yaşam döngüsünde birbirini tamamladığı için tek başlıkta toplanmıştır.	Saaty, 1987; Majumdar ve diğerleri (2021), Çalışkan ve Aksakal

Çalışmada, üniversitelerin yazılım geliştirme veya temin etme aşamasında yararlanabileceği 7 farklı alternatif değerlendirilmeye alınmıştır. Tamamen Kurum İçi Geliştirme, tüm geliştirme sürecinin üniversite personeline yönetilmesini ifade eder. Kısmen Dış Kaynak Kullanımı, projenin belirli kısımlarında veya uzmanlık gerektiren alanlarında dışarıdan destek almayı içerir. Tamamen Dış Kaynak Kullanımı, bütünüyle harici bir firma veya ekibe yazılım geliştirme işinin devrini öngörür. Hazır (Paket) Yazılım, piyasada mevcut, yaygın kullanımda olan paket hâlindeki çözümlerin satın alınıp uyarlanmasıdır. Hibrit/Modüler Çözüm, birden fazla kaynaktan (kamu, özel, açık kaynak) alınan veya geliştirilen modüllerin bütüncül bir sistem olarak birleştirilmesini amaçlar. Ortak Geliştirme, bir ya da birden fazla üniversitenin iş birliği içinde aynı ihtiyaca yönelik yazılım geliştirmesini ifade eder. Son olarak, Bulut Hizmeti seçeneği, bulut sağlayıcıları üzerinden sunulan çözümlerin kiralanması veya abonelik sistemiyle kullanılması şeklinde tanımlanır.

Karar verme sürecinde, üniversite bünyesinde ve ilgili alanlarda deneyimli 5 uzman yer almıştır. Uzmanların profilleri, kurum içi bilişim stratejilerini çok yönlü bir bakış açısıyla değerlendirebilecek şekilde çeşitlendirilmiştir. Uzman 1 (U1), Bilgi İşlem Dairesi Başkanı'dır, stratejik planlama ve bütçe süreçlerini yakından takip etmektedir. Uzman 2 (U2), kıdemli yazılım mühendisi olarak teknik uygunluk ve yeni teknolojiler konusunda deneyim sahibidir. Uzman 3 (U3), sistem yöneticisi pozisyonunda güvenlik ve veri koruması alanında uzmanlaşmıştır. Uzman 4 (U4), öğrenci işleri daire başkanlığı temsilcisi sıfatıyla kullanıcı deneyimi ve yazılımların entegrasyon gereksinimleriyle yakından ilgilenmektedir. Son olarak, Uzman 5 (U5), mali işler sorumlusu olup proje maliyet analizi ve sürdürülebilirlik konularında derinlemesine bilgi sahibidir.

Öncelikle, bahsi geçen 5 uzmana kriterler arası ikili karşılaştırma matrisleri (6×6) doldurmaları için formlar sunulmuştur. Uzmanlar, Saaty'nin 1–9 ölçeğini kullanarak ilgili iki kriterin birbirine göre önemini belirlemişlerdir. Ardından, her bir kriter için 7 alternatifi (Tamamen Kurum İçi Geliştirme, Kısmen Dış Kaynak vb.) ikili karşılaştırma matrisleri (7×7) oluşturulmuş ve uzman görüşleri aynı şekilde toplanmıştır.

Elde edilen tüm matrisler, geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilerek tek bir "grup" matrisi oluşturulmuştur. Bu işlem, her uzmana eşit ağırlık vermek suretiyle bireysel değerlendirmelerin ortak bir sonuca dönüştürülmesini sağlamıştır. Son olarak, AHP yönteminin özvektör (*eigenvector*) yaklaşımı kullanılarak, önce kriter ağırlıkları (kriterlerin genel önemi) daha sonra da alternatiflerin her kritere göre öncelik değerleri

hesaplanmıştır. Bu öncelik değerleri, kriter ağırlıklarıyla çarpılarak her alternatifin nihai skoru elde edilmiş; böylece alternatiflerin öncelik sıralaması ortaya çıkmıştır.

GAHP sonucunda elde edilen orijinal sıralama sonrasında, kararın hangi derecede kırılabilir veya istikrarlı olduğunu anlamak amacıyla Sıralama Tersine Dönmesi analizi uygulanmıştır. Bu analizde, her seferinde bir kriter (ör. Maliyet ya da Güvenlik ve Uyumluluk) modelden çıkartılarak AHP hesaplamaları tekrar yürütülmüştür. Benzer şekilde, her bir alternatif de (ör. Tamamen Kurum İçi Geliştirme, Hazır Paket Yazılım vb.) modelden sırasıyla elenmiş ve kalan seçenekler arasında yeni bir öncelik sıralaması elde edilmiştir. Ortaya çıkan yeni sıralamalar, orijinal sonuçlar ile karşılaştırılarak, "Hangi kriter/alternatif eksik olduğunda sıralama ne yönde değişmektedir?" sorusu incelenmiştir. Böylece, belli bir kriter ya da alternatifin modeldeki önem düzeyi ve karar verici açısından ikame edilebilirliği veya vazgeçilmezliği görünür hâle gelmiştir. GAHP sonuçlarına ek bir duyarlılık testi sunarak, Sıralama Tersine Dönmesi durumunun varlığı test edilmiştir.

Bu çalışmada GAHP ve duyarlılık analizi, geliştirilen VBA tabanlı bir Excel eklentisi aracılığıyla uygulanmıştır. İlk aşamada standart analiz gerçekleştirilmiş, ardından programa eklenen ek satırlar sayesinde her bir kriter ve her bir alternatif tek tek döngüsel olarak modelden çıkarılarak analiz yeniden hesaplanmış ve raporlanmıştır. Böylece, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çerçevesinde Sıralama Tersine Dönmesi yöntemi kullanılarak hem kriterler hem de alternatifler bazında duyarlılık analizi yapılmış, karar modelinin tutarlılığı ile sıralamalardaki değişim potansiyeli kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir (Bkz. Tablo 7 ve Tablo 8).

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

AHP, Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş olup, ÇKKV yöntemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu yöntem, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir yapıya oturtarak, subjektif yargıları kantitatif verilere dönüştürmeyi amaçlamaktadır. AHP, karar vericinin tercihlerine dayalı olarak kriterlerin ve alternatiflerin karşılaştırılmasını sağlayarak, en uygun seçeneğin belirlenmesine imkân tanımaktadır (Saaty, 1990). Yöntemin temel aşamaları, problem hiyerarşisinin oluşturulması, ikili karşılaştırmaların yapılması, ağırlık vektörlerinin hesaplanması, tutarlılık analizinin gerçekleştirilmesi ve nihai karar sıralamasının belirlenmesi olarak sıralanabilir.

AHP'nin ilk aşaması, karar probleminin net bir şekilde tanımlanması ve bir hiyerarşik model oluşturulmasıdır. Bu hiyerarşi, en üst seviyede karar hedefini, orta seviyede karar kriterlerini ve en alt seviyede alternatifleri içerecek şekilde modellenir. Böylece, karar süreci daha sistematik hale getirilerek, kriterler arasındaki ilişkilerin ve her bir alternatifin göreceli öneminin daha net anlaşılması sağlanır (Saaty, 2008). Hiyerarşik yapı sayesinde, karmaşık karar problemleri daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayrılarak analiz edilebilir ve karar vericilerin daha bilinçli tercihler yapmasına olanak tanır.

İkinci aşamada, kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır. Karar vericiler, her bir kriterin diğerlerine ve her bir alternatifin ilgili kriterlere göre göreceli önemini belirleyerek bir çift karşılaştırma matrisi oluştururlar. Karşılaştırma matrisi Eşitlik 1 (A), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kapsamında kullanılan ikili karşılaştırmaların yer aldığı simetrik bir matristir. Bu matris, karar vericilerin belirlediği önceliklere göre oluşturulur. Karşılaştırma matrisindeki (a_{ij}) satır i ve sütun j kesişimindeki elemandır. Bu değer, i kriterinin veya alternatifinin j kriterine veya alternatifine göre önem derecesini gösterir. Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılarak belirlenir. Karşılaştırma matrisi, Eşitlik 1'deki gibi gösterilir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ & & & \ddots & \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bu matrisin simetrik olması ve karar vericinin tutarlı yargılar oluşturmasını sağlamak için belirli matematiksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Ağırlık vektörü, matrisin her bir satırının geometrik ortalaması (GM_i) alınarak normalize edilmesiyle elde edilir (Saaty ve Vargas, 2012):

Geometrik Ortalama Eşitlik 2 (GM_i); karşılaştırma matrisinin i 'inci satırındaki elemanların geometrik ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlık vektörü, matrisin her bir satırının geometrik ortalaması alınarak normalize edilmesiyle elde edilir (Saaty ve Vargas, 2012):

$$GM_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Bu değerler toplamlarına bölünerek normalleştirilir ve kriter ya da alternatiflerin ağırlıkları Eşitlik 3 (W_i) hesaplanır:

$$W_i = \frac{GM_i}{\sum_{k=1}^n GM_k} \quad (3)$$

AHP'nin en kritik aşamalarından biri, karar vericinin değerlendirmelerinin tutarlılığının ölçülmesidir. Tutarlılık, karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların ne derece mantıklı olduğunu belirlemek için hesaplanır. Bunun için öncelikle karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeri Eşitlik 4 ($\lambda_{\max}$) hesaplanır (Saaty, 2003). Ağırlık vektörü W ile karşılaştırma matrisi A çarpılarak şu formül kullanılır:

$$\lambda_{\max} = \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (4)$$

Elde edilen özdeğer ile tutarlılık indeksi Eşitlik 5 (CI - Consistency Index) şu şekilde hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Bu değer, rastgele oluşturulmuş bir matrisin beklenen tutarsızlığına karşılık gelen rastgele indeks (RI - Random Index) ile karşılaştırılarak tutarlılık oranı Eşitlik 6 (CR - Consistency Ratio) elde edilir (Saaty, 1990):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Burada RI değeri, matrisin boyutuna bağlı olarak önceden belirlenmiş sabit bir değerdir. Eğer $CR < 0.1$ ise karar vericinin değerlendirmeleri tutarlı kabul edilir. Ancak $CR \geq 0.1$ olması durumunda karşılaştırmaların gözden geçirilmesi önerilir (Saaty, 2001).

Son aşamada, alternatiflerin her bir kriter için ağırlıklı toplamaları hesaplanarak nihai skorlar belirlenir. Alternatiflerin her bir kriterine göre değerlendirme skorları ve kriterlerin ağırlıkları kullanılarak toplam ağırlıklandırılmış puan Eşitlik 7 ($S(A_i)$) hesaplanır (Saaty, 2003):

$$S(A_i) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot S_{ij} \quad (7)$$

Elde edilen toplam skorlar sıralanarak en uygun alternatif belirlenir. Bu yöntem, karar sürecinin sistematik, ölçülebilir ve rasyonel olmasını sağlayarak, subjektif yargıların objektif verilere dönüştürülmesine olanak tanır.

Çok sayıda kriter ve alternatif içeren karar problemlerinde sağladığı yapılandırılmış analiz süreci, karar vericilere daha güvenilir ve etkin çözümler sunmaktadır. Bu nedenle, günümüzde stratejik planlama, yatırım analizi ve politika oluşturma gibi kritik karar süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Saaty ve Vargas, 2012).

3.2. Grup Analitik Hiyerarşi Süreci

Özellikle karmaşık problemlerde, birden fazla karar vericinin görüşlerini dikkate almak gerektiğinde, GAHP yöntemi devreye girmektedir. GAHP, bireysel değerlendirmeleri sistematik bir şekilde birleştirerek, karar sürecini daha nesnel hale getiren bir çerçeve sunar. Bu yöntemin temel amacı, bir grup içindeki bireylerin subjektif yargılarını istatistiksel ve matematiksel yöntemlerle bütünleştirerek, kolektif bir kararın oluşturulmasını sağlamaktır (Saaty ve Vargas, 2012).

GAHP'nin uygulanması, öncelikle karar problemine ilişkin hiyerarşik bir yapının oluşturulmasıyla başlar. Karar süreci, en üst seviyede karar hedefini, orta seviyede kriterleri ve alt seviyede alternatifleri içerecek şekilde yapılandırılır (Saaty, 2008). Grup karar verme sürecinde, her bir karar verici, kriterleri ve alternatifleri ikili karşılaştırma matrisleriyle değerlendirir. Ancak bu değerlendirmeler bireysel yargılara dayandığından, grup üyeleri arasında farklılıklar oluşabilir. Bu nedenle, bireysel karşılaştırma matrislerinden ortak bir matris türetmek gerekmektedir.

GAHP'nin en yaygın kullanılan iki birleştirme yöntemi Aritmetik Ortalama Yöntemi (AOM - Arithmetic Mean Method) ve Geometrik Ortalama Yöntemi (GOM - Geometric Mean Method) olarak öne çıkmaktadır. AOM , bireylerin verdikleri ikili karşılaştırma değerlerinin aritmetik ortalamasını alarak grup matrisini oluşturur (Eşitlik 8):

$$a_{ij}^{group} = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k a_{ij}^{(p)} \quad (8)$$

Burada Eşitlik 8 a_{ij}^{group} , grup tarafından oluşturulan nihai karşılaştırma değerini; $a_{ij}^{(p)}$, karar vericinin ilgili ikili karşılaştırma değerini; k , karar verici sayısını ifade etmektedir.

Öte yandan, Geometrik Ortalama Yöntemi, her karar vericinin karşılaştırma değerlerinin çarpımının k kökünü alarak hesaplanır (Eşitlik 9).

$$a_{ij}^{grup} = \left(\prod_{p=1}^k a_{ij}^{(p)} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (9)$$

Saaty (1990) tarafından önerilen Geometrik Ortalama Yöntemi, çarpımsal özellikleri nedeniyle AHP'nin temel varsayımlarına daha uygun kabul edilmekte ve daha tutarlı sonuçlar verdiği gösterilmektedir (Saaty, 1990).

Grup karar verme sürecinde, bireysel ikili karşılaştırma matrislerinin birleşmesiyle elde edilen grup matrisinden özvektör yöntemi kullanılarak ağırlık vektörleri hesaplanır. Ancak, grup karar verme süreçlerinde Sıralama Tersine Dönmesi etkisinin daha belirgin hale geldiği ve karar vericiler arasındaki bilişsel önyargıların sıralama değişimlerini tetikleyebileceği belirtilmektedir (Melnik-Leroy ve Dzemyda, 2021). Aires ve Ferreira (2018) tarafından yapılan deneysel analizler, grup karar verme süreçlerinde kullanılan *aritmetik ortalama* ve *geometrik ortalama* yaklaşımlarının Sıralama Tersine Dönmesi etkisini nasıl farklılaştırdığını göstermektedir. Karşılaştırma matrisinin her bir satırının geometrik ortalaması alınarak normalize edilmesi yöntemi Eşitlik 10'da gösterilmektedir:

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (10)$$

Bu işlem sonucunda her bir kriter ve alternatif için ağırlık değerleri elde edilir ve karar probleminin çözümü sağlanır. GAHP'nin önemli bir yönü de tutarlılık analizidir. Karar vericilerin değerlendirmelerinin belirli bir tutarlılık seviyesinde olması gerekmektedir. Grup karar verme sürecinde, bireysel kararların birleşmesiyle elde edilen matrisin tutarlılık oranı (CR - Consistency Ratio), bireysel matrislerin tutarlılık oranlarının ortalaması Eşitlik 11 olarak hesaplanabilir:

$$CR_{grup} = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k CR^{(p)} \quad (11)$$

Burada $CR^{(p)}$, her bir karar vericinin tutarlılık oranını göstermektedir. Eğer elde edilen grup tutarlılık oranı 0.1'den küçükse, değerlendirmelerin tutarlı olduğu kabul edilir; aksi takdirde, karar vericilerden değerlendirmelerini yeniden gözden geçirmeleri istenir (Saaty, 2003).

GAHP'nin karar verme sürecine sağladığı avantajlardan biri de bireysel önyargıları minimize ederek daha dengeli bir karar alınmasını sağlamasıdır. Bunun yanı sıra, karar vericiler arasında uzlaşa sağlanmasına yardımcı olur ve karar sürecinin şeffaf olmasını mümkün kılar (Vargas, 1990). Ancak, GAHP'nin uygulanması bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle büyük gruplarda karar vericiler arasındaki uzmanlık seviyelerinin çok farklı olması, nihai matrisin oluşturulmasını zorlaştırabilir ve tutarsızlıklara neden olabilir (Forman ve Peniwati, 1998). Aslında daha deneyimli uzmanlar daha yüksek tutarlılıkta girdi sağlar. Ayrıca uzmanların hiyerarşik seviyeleri göz ardı edilerek yalnızca 'uzmanlık' seviyelerine göre seçilmesi hem daha 'demokratik' kararların alınmasına hem de çok daha doğru sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur (Chakhar ve Saad, 2014).

Sonuç olarak, GAHP yöntemi, birden fazla karar vericinin katılımını gerektiren kompleks karar süreçlerinde önemli bir analiz aracı olarak kullanılmaktadır. Matematiksel yöntemleri sayesinde, bireysel yargıları objektif verilere dönüştürerek, karar sürecinin sistematik ve güvenilir olmasını sağlar. Bu nedenle, stratejik planlama, tedarik zinciri yönetimi, proje yönetimi, sağlık hizmetleri, mühendislik ve kamu yönetimi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.3. Sıralama Tersine Dönmesi

Sıralama Tersine Dönmesi, ÇKKV yöntemlerinde, karar probleminin yapısında bir değişiklik yapıldığında alternatiflerin sıralamasının beklenmedik şekilde değişmesi durumudur (Belton ve Gear, 1983). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi yöntemlerde bu olgu, özellikle yeni bir alternatifin eklenmesi veya mevcut bir alternatifin çıkarılması durumunda ortaya çıkabilir (Saaty, 1990). Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar, Sıralama Tersine Dönmesi olgusunun yalnızca matematiksel bir durum olmadığını, aynı zamanda karar vericilerin bilişsel önyargıları, kriter ağırlıklandırma süreçlerinde yapılan seçimler ve normalizasyon teknikleri ile de ilişkili olduğunu göstermektedir (Aires ve Ferreira, 2018; Majumdar ve diğerleri, 2021). Özellikle, alternatiflerin eklenmesi veya çıkarılması durumunda oluşan sıralama değişimleri, karar modellerinin güvenilirliği açısından önemli bir sorun teşkil edebilir (Melnik-Leroy ve Dzemyda, 2021).

Matematiksel olarak Sıralama Tersine Dönmesi, ağırlıklandırılmış bir karar matrisindeki değişikliklerin, kriter ağırlıkları veya alternatiflerin birbirine göreceli öncelik değerlerini beklenmedik bir şekilde değiştirmesiyle ifade edilir. AHP'de alternatiflerin öncelik vektörü, özvektör yöntemi ile hesaplanır (Eşitlik 12):

$$Aw = \lambda_{max} w \quad (12)$$

Eşitlik 12’de A , karar matrisi; w , öncelik vektörü ve $\lambda_{\max}$, en büyük özdeğerdir. Eğer yeni bir alternatif eklendiğinde veya mevcut bir alternatif çıkarıldığında A matrisindeki ikili karşılaştırmalar değişirse, özvektörlerin normalizasyon sürecinden dolayı ağırlıkların yeniden ölçeklenmesi, alternatiflerin sıralamasını tersine çevirebilir (Dyer, 1990).

Sıralama Tersine Dönmesi olgusu, özellikle belirli ÇKKV yöntemlerinde tutarsızlık yaratabileceğinden, karar destek sistemlerinde dikkate alınması gereken kritik bir konudur. Sıralama Tersine Dönmesini önlemek için ideal normalizasyon teknikleri ve karar matrisinin duyarlılık analizleri gibi yöntemler önerilmektedir. Bununla birlikte, literatürde yapılan duyarlılık analizi çalışmaları, farklı AHP yöntemlerinin sıralama değişimlerine karşı değişen seviyelerde hassasiyet gösterdiğini ortaya koymuştur (Toth ve Vacik, 2018). Ayrıca, Ishizaka ve Labib (2011) tarafından yapılan kapsamlı bir inceleme, Sıralama Tersine Dönmesi etkisini minimize etmek için geometrik ortalama ve doğrusal ağırlıklandırma gibi tekniklerin daha tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

3.4. Duyarlılık Analizi

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karar destek sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup, alternatiflerin ve kriterlerin önceliklendirilmesi sürecinde sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak, karar modelinin sağlamlığını test etmek ve karar sürecinin hangi faktörlerden daha fazla etkilendiğini anlamak için duyarlılık analizi kritik bir aşamadır (Ivanco ve diğerleri, 2017; Maletič ve diğerleri, 2014). Duyarlılık analizi, karar modelinde belirli kriterlerin veya alternatiflerin çıkarılması veya değiştirilmesi durumunda sıralama değişimlerinin incelenmesini sağlar. Bu yöntem, karar vericilerin kararlarının güvenilirliğini değerlendirmelerine ve modelin hangi değişkenlere karşı daha hassas olduğunu belirlemelerine yardımcı olur (Masuda ve Fujii, 1987).

Duyarlılık analizi, özellikle ÇKKV modellerinde modelin tutarlılığını test etmek ve Sıralama Tersine Dönmesi olasılığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, duyarlılık analizi ile belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin model üzerindeki etkileri incelenerek, sıralama değişimlerinin nasıl şekillendiği analiz edilmiştir. Bunun için kullanılan duyarlılık analizi yaklaşımının genel algoritmik yapısı aşağıda verilmiştir.

Algoritma: Duyarlılık Analizi

Girdiler:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$: Kriterler kümesi

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$: Alternatifler kümesi
- W : Kriter ağırlık vektörü, $\sum w_i = 1$
- *GrupVerisi* : grup üyelerine ait ikili karşılaştırma verileri

Çıktı

DuyarlılıkRaporu (Kriter ve alternatif çıkarımlarının sıralamaya etkilerini içeren rapor)

1. TemelSıralama $\leftarrow$ SıralamaHesapla($A, C, W, \text{GrupVerisi}$)
2. DuyarlılıkRaporu $\leftarrow \emptyset$
3. // Kriter Duyarlılık Analizi
4. For each $c \in C$ do
5. $C' \leftarrow C \setminus \{c\}$
6. $W' \leftarrow \text{AğırlıklarıYenidenHesapla}(C', \text{GrupVerisi})$
7. YeniSıralama $\leftarrow$ SıralamaHesapla($A, C', W', \text{GrupVerisi}$)
8. Değişim $\leftarrow$ SıralamaKarşılaştır(TemelSıralama, YeniSıralama)
9. DuyarlılıkRaporu $\leftarrow$ DuyarlılıkRaporu $\cup \{\text{Tür: "Kriter", Çıkarılan: } c, \text{Değişim: Değişim}\}$
10. End For
11. // Alternatif Duyarlılık Analizi
12. For each $a \in A$ do
13. $A' \leftarrow A \setminus \{a\}$
14. YeniSıralama $\leftarrow$ SıralamaHesapla($A', C, W, \text{GrupVerisi}$)
15. Değişim $\leftarrow$ SıralamaKarşılaştır(TemelSıralama, YeniSıralama)
16. DuyarlılıkRaporu $\leftarrow$ DuyarlılıkRaporu $\cup \{\text{Tür: "Alternatif", Çıkarılan: } a, \text{Değişim: Değişim}\}$
17. End For
18. Return DuyarlılıkRaporu

4. BULGULAR

Yazılım seçimi, devlet üniversitelerinin Bilgi İşlem Daire Başkanlıkları için stratejik bir karar sürecidir. Bu süreçte, alternatif yazılım çözümleri çeşitli kriterler doğrultusunda değerlendirilmeli ve en uygun seçenek belirlenmelidir. Çalışmada, GAHP yöntemi ile yedi farklı alternatif karşılaştırılmış ve karar sürecinde belirleyici olan altı temel kriter kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, hangi alternatifin öncelikli olarak tercih edilmesi gerektiği konusunda kapsamlı bir değerlendirme sağlamaktadır.

Bulgular, her bir alternatifin belirlenen kriterler doğrultusunda nasıl performans gösterdiğini ortaya koymakta ve bu doğrultuda en iyi seçeneği belirlemektedir. Ters Sıralama analizi ile, farklı kriterlerin veya alternatiflerin çıkarılması durumunda sonuçların nasıl değiştiği incelenmiş ve karar sürecinin duyarlılığı değerlendirilmiştir. Bulguların detayları aşağıda sunulmaktadır.

4.1. Örnek Uygulama

Yöntemin işleyişini daha açık gösterebilmek için üç kriter (Maliyet, Teknik Uygunluk, Zaman ve Hız) ve üç alternatiften (Kurum İçi Geliştirme, Hazır Paket Yazılım, Dış Kaynak Kullanımı) oluşan basitleştirilmiş bir örnek uygulama gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, her bir alternatifin kriter bazındaki yerel öncelikleri belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Örnek uygulama – Alternatiflerin yerel öncelikleri

Alternatif	K1 (Maliyet)	K2 (Teknik Uygunluk)	(Zaman ve Hız)
Kurum İçi Geliştirme (A1)	0,60	0,55	0,40
Hazır Paket Yazılım (A2)	0,30	0,35	0,40
Dış Kaynak Kullanımı (A3)	0,10	0,10	0,20

Kriter ağırlıkları: Maliyet = 0,50; Teknik Uygunluk = 0,30; Zaman ve Hız = 0,20.

Bu değerler GAHP yöntemiyle çarpılarak her alternatifin Tablo 4'te görüldüğü gibi nihai skorları hesaplanmıştır.

Tablo 4. Örnek uygulama – Nihai skorlar

Alternatif	Nihai Skor
Kurum İçi Geliştirme (A1)	0,545
Hazır Paket Yazılım (A2)	0,335
Dış Kaynak Kullanımı (A3)	0,120

Tablo 4'e göre birinci sırada Kurum İçi Geliştirme (A1, 0,545), ikinci sırada Hazır Paket Yazılım (A2, 0,335) ve üçüncü sırada Dış Kaynak Kullanımı (A3, 0,120) yer almaktadır. Ardından, sıralamanın tersine yöntemi uygulanmış; kriterler ve alternatifler sırayla çıkarılarak yeni sıralamalar elde edilmiştir.

Tablo 5. Örnek uygulama – Kriter çıkarımı

Çıkarılan Kriter	Yeni Sıralama	Not
K1 (Maliyet)	A1> A2>A3	Sıralama değişmedi
K2 (Teknik Uyg.)	A1>A2>A3	Sıralama değişmedi
K3 (Zaman ve Hız)	A1>A2> A3	Sıralama değişmedi

Tablo 6. Örnek uygulama – Alternatif çıkarımı

Çıkarılan Alternatif	Yeni Sıralama	Not
A1	A2>A3	A2 öne geçti
A2	A1>A3	Sıralama değişmedi
A3	A1>A2	Sıralama değişmedi

Bu örnek uygulama, GAHP ve Sıralama Tersine Dönmesi analizinin nasıl işlediğini sayısal bir senaryo üzerinden göstermektedir (Tablo 5). Kriterlerden herhangi birinin çıkarılması sıralamada değişime yol açmamıştır. A1 çıkarıldığında A2'nin öne geçmesi, A1'in baskın bir alternatif olduğunu kanıtlamaktadır. Bu sonuç, kriterlerin tek başına sıralamayı değiştirecek ölçüde baskın olmadığını, ancak A1'in güçlü bir lider alternatif olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 6).

4.1. GAHP Bulguları

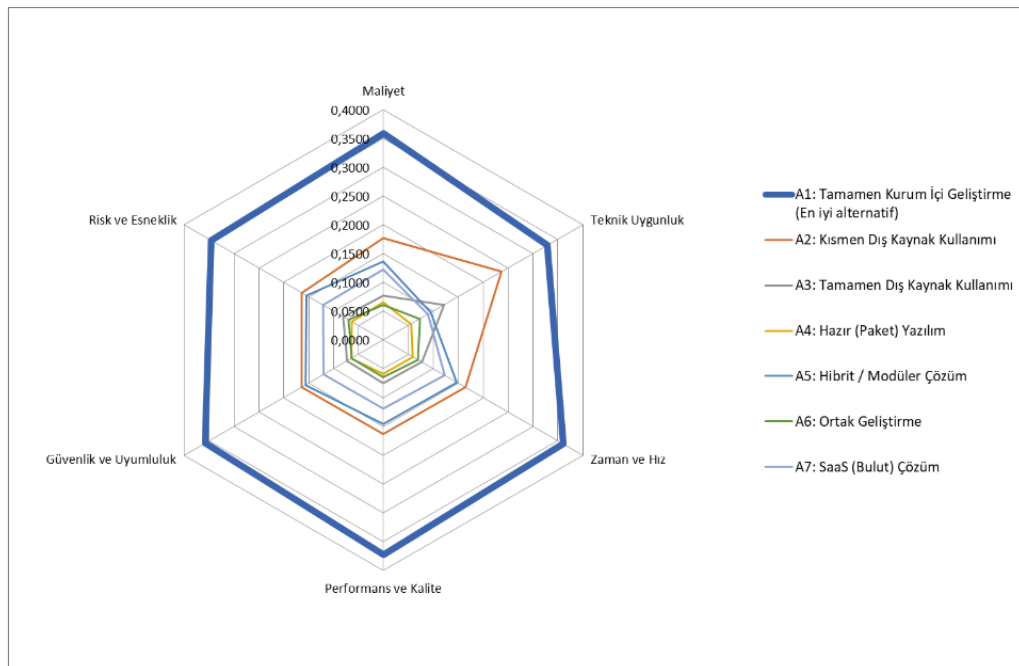
GAHP uygulanarak yazılım tedariki yöntem seçimi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Bu Tabloya göre, A1 (Tamamen Kurum İçi Geliştirme) her bir kriterde en yüksek kısmi puana yakın bir değere sahip olup, 0,3531'lik nihai skorla en iyi alternatif seçilmiştir. Özellikle "Maliyet" ve "Performans ve Kalite" gibi kriterlerde diğer seçeneklere göre büyük fark yaratmaktadır. A2 (Kısmen Dış Kaynak Kullanımı), 0,1827 puanla ikinci sırada yer almakta; özellikle "Teknik Uygunluk" boyutunda (0,2373) kayda değer bir başarı göstermektedir. Bu, üniversite altyapısının belirli modüller için dış kaynakla hızlı şekilde entegre edilebileceği fikrini

yansıtabilir. A5 (Hibrit/Modüler) ve A7 (Bulut Çözümü) sırasıyla 0,1360 ve 0,1156 skorlarıyla orta düzeyde tercih edilir görünmektedir. Hibrit modelin modüller arası uyum zorluğu, Hizmet olarak Yazılım (SaaS) modelinde ise veri güvenliği ve mevzuata uyum endişeleri öne çıkmış olabilir. A3 (Tamamen Dış Kaynak Kullanımı), 0,0846 skoruyla beşinci sıradadır. Bu seçenek, proje yönetimi ve güvenlik konusundaki riskler nedeniyle dikkatli yaklaşılması gereken bir yöntem olarak algılanmıştır. A6 (Ortak Geliştirme), 0,0659 puanla altıncı sırada kalmış, farklı kurumlar arası koordinasyon ve proje takvimi yönetim zorlukları nedeniyle düşük tercih edilir bir model olduğu görülmüştür. A4 (Hazır Paket Yazılım), 0,0621 değerle son sıradadır. Hazır paket çözümlerin düşük özelleştirme kapasitesi ve üniversiteye özgü ihtiyaçları tam karşılayamaması, bu sonucun temel nedeni olabilir.

Tablo 7. GAHP sonuçları

Alternatifler/ Kriterler	Maliyet (K1)	Teknik Uygunluk (K2)	Zaman ve Hız (K3)	Performans ve Kalite (K4)	Güvenlik ve Uyumluluk (K5)	Risk ve Esneklik (K6)	Alternatif Ağırlıkları
Tamamen Kurum İçi Geliştirme (A1)	0,3592	0,3285	0,3613	0,3729	0,3571	0,3452	0,3531
Kısmen Dış Kaynak Kullanımı (A2)	0,1775	0,2373	0,1640	0,1632	0,1646	0,1644	0,1827
Tamamen Dış Kaynak Kullanımı (A3)	0,0768	0,1208	0,0766	0,0754	0,0731	0,0805	0,0846
Hazır (Paket) Yazılım (A4)	0,0660	0,0552	0,0587	0,0586	0,0643	0,0630	0,0621
Hibrit / Modüler Çözüm (A5)	0,1368	0,0953	0,1466	0,1463	0,1565	0,1549	0,1360
Ortak Geliştirme (A6)	0,0610	0,0734	0,0697	0,0648	0,0639	0,0704	0,0659
Bulut Çözüm (A7)	0,1228	0,0895	0,1232	0,1188	0,1203	0,1216	0,1156
Kriter Ağırlıkları	0,3546	0,1890	0,1028	0,0800	0,1864	0,0872	

Tablo 7'ye göre, seçimlerde en etkili kriter 0,3546 ağırlık skoru ile birinci sırada Maliyet kriteri olmuştur, ikinci sırada ise 0,1890 skorla Teknik Uygunluk kriteri yer almıştır, etki düzeyi üçüncü sırada olan kriter Güvenlik/Uyumluluk 0,1864 ağırlık skoruna sahiptir, dördüncü sırada 0,1028 ağırlık skoru ile Zaman ve Hız kriteri yer almaktadır, Risk ve Esneklik 0,0872 ağırlığı ile beşinci sırada, 0,0800 ağırlık skoru ile Performans ve Kalite ise en az etkiye sahip kriter olmuştur.



Şekil 1. GAHP skorlar radar grafiği

Şekil 1'de, GAHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş karar alternatiflerinin kriter bazlı skorlarını içeren bir radar grafiği verilmiştir. Şekil 1, incelendiğinde, A1 (Tamamen Kurum İçi Geliştirme) alternatifinin tüm kriterlerde en yüksek skora sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, kurum içi geliştirme modelinin uzun vadeli sürdürülebilirlik, kalite, güvenlik ve risk yönetimi açısından diğer seçeneklere kıyasla üstün performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle "Maliyet" ve "Güvenlik ve Uyumluluk" kriterlerinde belirgin bir avantaj sağladığı görülmektedir.

A2 (Kısmen Dış Kaynak Kullanımı) alternatifi, özellikle "Teknik Uygunluk" ve "Maliyet" kriterlerinde A1'den sonra en güçlü aday olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, tamamen dış kaynaktan kaçınıp hibrit bir model benimseyen yaklaşımların hem maliyet hem de teknik uygunluk açısından dengeli bir çözüm sunduğunu göstermektedir. A3 (Tamamen Dış Kaynak Kullanımı) ve A4 (Hazır Paket Yazılım) alternatifleri, genellikle daha düşük ağırlıklandırılmış kriterlere sahiptir. Bu durum, dış kaynak kullanımına yönelik çözümlerin karar vericiler tarafından daha riskli ve güvenlik açısından daha az esnek olarak değerlendirildiğini gösterebilir (Saaty, 2008). Ayrıca, hazır yazılım çözümlerinin (A4), özelleştirilebilirlik ve uzun vadeli performans açısından sınırlamalar içerdiği anlaşılmaktadır. Öte yandan, A5 (Hibrit / Modüler Çözüm) alternatifi, bazı kriterlerde makul seviyede rekabet edebilmekle birlikte risk ve esneklik, güvenlik açısından belirgin sınırlamalar içermektedir. A6 (Ortak Geliştirme) alternatifi ise genel olarak düşük skorlarla temsil edilmekte olup, karar vericilerin bu yaklaşımı daha düşük bir öncelik olarak değerlendirdiği görülmektedir. Son olarak, A7 (Bulut Çözümü) alternatifi, özellikle "Zaman ve Hız" kriterinde diğer alternatiflere yakın bir performans sergilemektedir. Bu durum, SaaS çözümlerinin hızlı devreye alınabilme avantajlarını yansıtmaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006). Ancak, "Güvenlik ve Uyumluluk" ve "Risk ve Esneklik" kriterlerinde nispeten daha düşük skorlarla yer alması, karar vericilerin bulut çözümlerine yönelik belirli çekinceleri olduğunu göstermektedir.

4.2. Kriterlerin Duyarlılık Analizi Bulguları

Grup Analitik Hiyerarşi Süreci çerçevesinde Sıralama Tersine Dönmesi yöntemi kullanılarak kriter bazında duyarlılık analizini içermektedir. Tablo 8, belirli bir kriterin çıkarılması durumunda alternatiflerin sıralamalarında nasıl bir değişiklik meydana geldiğini göstermektedir. Bu analizin amacı, karar modelinin tutarlılığını, karar değişkenlerine olan duyarlılığını ve alternatifler arasındaki göreceli önemin nasıl şekillendiğini değerlendirmektir.

Tablo 8. Kriterlerin duyarlılık analizi özet tablosu

Çıkarılan Kriter	Sıra							Notlar
	1	2	3	4	5	6	7	
K1	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K1 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor.
K2	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K2 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor. Sıralama değişmiyor.
K3	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K3 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor. Sıralama değişmiyor.
K4	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K4 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor. Sıralama değişmiyor.
K5	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K5 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor. Sıralama değişmiyor.
K6	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	K6 çıkarıldığında, A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor. Sıralama değişmiyor.

Tablo 8'e göre, her bir kriter çıkarıldığında alternatiflerin sıralamasında belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Alternatiflerin en yüksek skoru alma sırası her kriter çıkarıldığında aynı kalmıştır (A1, A2, A5, A7, A3, A6, A4). Bu durum şu şekilde yorumlanabilir:

Her bir kriterin çıkarılmasının alternatiflerin sıralamalarına etkisinin sınırlı olması, karar modelinde kullanılan kriterlerin birbirine yakın ağırlıklara sahip olduğu veya belirli bir kriterin baskın olmadığı yönünde bir değerlendirme yapmayı mümkün kılmaktadır. Eğer belirli bir kriterin çıkarılması sıralamada ciddi değişiklikler yaratsaydı, bu kriterin aşırı belirleyici bir faktör olduğu ve karar sürecinde potansiyel bir önyargıya yol açabileceği anlamına gelebilirdi.

Alternatifler arasındaki sıralamanın değişmemesi, kriterlerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirildiğini ve karar modelinin kriter ağırlıklarına aşırı duyarlı olmadığını göstermektedir. Ayrıca alternatiflerin sıralamasında değişiklik olmaması, AHP modelinin iyi kalibre edilmiş olduğunu ve kriterlerin ağırlıklarının dengeli bir şekilde dağıtıldığını düşündürmektedir. Karar modelinin duyarlılık analizi karşısında dirençli olduğu ve herhangi bir kriterin çıkarılmasının karar üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bulgular özellikle, tek tek kriter ağırlıklarındaki değişimlere rağmen kurum içi geliştirmenin yüksek dayanıklılığı (*Robust*) olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Alternatiflerin Duyarlılık Analizi Bulguları

Bu uygulama ile Sıralama Tersine Dönmesi yöntemi kullanılarak alternatiflerin duyarlılık analizi sonuçları değerlendirilmiştir. Tablo 9, alternatiflerden birinin sistematik olarak çıkarılmasıyla karar modelinin tutarlılığını ve sıralamadaki değişimlerin etkilerini ortaya koymaktadır.

Tablo 9. Alternatiflerin duyarlılık analizi özet tablosu

Çıkarılan Alternatif	Sıra							Notlar
	1	2	3	4	5	6	7	
Orijinal	A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	Orijinal sıralama; A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip.
A1	A2	A5	A7	A3	A6	A4	-	A1 çıkarıldığında, A2 en yüksek ağırlıklı skora sahip oluyor.
A2	A1	A5	A7	A3	A6	A4	-	A2 çıkarıldığında sıralamada herhangi bir değişiklik olmadı.
A3	A1	A2	A5	A7	A4	A6	-	A3 çıkarıldığında, A4 ve A6 sıralamada birer basamak yükseldi.
A4	A1	A2	A5	A7	A3	A6	-	A4 çıkarıldığında sıralama büyük ölçüde değişmedi.
A5	A1	A2	A7	A3	A6	A4	-	A5 çıkarıldığında, A7 üçüncü sıraya yükseldi.
A6	A1	A2	A5	A7	A3	A4	-	A6 çıkarıldığında, sıralama önemli ölçüde değişmedi.
A7	A1	A2	A5	A3	A6	A4	-	A7 çıkarıldığında bir değişiklik yaşanmamıştır.

Orijinal sıralamada, A1 (0,3531) en yüksek ağırlıklı skorla en iyi alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ardından A2 (0,1827), A5 (0,1360), A7 (0,1156), A3 (0,0846), A6 (0,0659) ve A4 (0,0621) alternatifleri sıralanmaktadır. Orijinal Sıralama, yapılan analizde, başlangıçta A1 en yüksek ağırlıklı skora sahip alternatif olarak belirlenmiştir. Bu durum, A1'in karar modelinde en baskın alternatif olarak değerlendirildiğini göstermektedir. A1 sistemden çıkarıldığında, A2 en yüksek ağırlıklı alternatif haline gelmiştir. Bu, A1'in güçlü bir lider olduğu ancak A2'nin de önemli bir alternatif olarak sistemde yer aldığını göstermektedir. A1'in yokluğunda, karar sürecinin A2'yi en iyi alternatif olarak değerlendirdiği gözlemlenmektedir. A2'nin çıkarılmasıyla birlikte sıralamada herhangi bir değişiklik olmaması, A2'nin karar modelindeki ağırlığının diğer alternatifler üzerinde doğrudan bir etki yaratmadığını göstermektedir. Bu durum, A2'nin belirleyici bir faktör olmadığını ancak A1'in varlığında güçlü bir alternatif olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. A3 sistemden çıkarıldığında, A4 ve A6'nın sıralamada birer basamak yükseldiği görülmüştür. Bu durum, A3'ün A4 ve A6 üzerinde baskı oluşturan bir alternatif olduğunu ve A3'ün yokluğunda bu iki alternatifin daha avantajlı hale geldiğini göstermektedir. A4 çıkarıldığında sıralamanın büyük ölçüde değişmediği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, A4'ün karar modelinde baskın bir alternatif olmadığını ve çıkarıldığında diğer alternatiflerin konumlarını büyük ölçüde koruduğunu göstermektedir. A5'in Çıkarılması: A5 çıkarıldığında, A7'nin üçüncü sıraya yükselmesi, A5'in özellikle A7 üzerinde doğrudan bir rekabet oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu, A7'nin A5'in varlığında baskılandığını ve A5'in yokluğunda daha yüksek bir sıralamaya sahip olabileceğini göstermektedir. A6 çıkarıldığında, sıralamanın önemli ölçüde değişmediği gözlemlenmiştir. Bu, A6'nın karar modelindeki etkisinin görece daha düşük olduğunu ve diğer alternatiflerle doğrudan güçlü bir rekabet içinde olmadığını göstermektedir. A7'nin çıkarılması durumunda sıralamada herhangi bir değişiklik olmaması, A7'nin karar modeli üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, A7'nin belirleyici bir alternatif olmadığını desteklemektedir.

Bu duyarlılık analizi, karar modelinin alternatiflerin varlığına karşı nasıl bir tepki verdiğini ortaya koymuştur. Sıralama Tersine Dönmesi yönteminin uygulanmasıyla şu temel çıkarımlara ulaşılmıştır: A1 ve A2 karar modelinde en baskın iki alternatiftir ve A1'in çıkarılması A2'nin en yüksek ağırlıklı alternatif olmasına neden olmuştur. A3 ve A5'in çıkarılması, belirli alternatiflerin sıralamalarında değişikliğe neden olmuş, özellikle A4, A6 ve A7 üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. A4, A6 ve A7'nin çıkarılması sıralamada büyük değişimlere yol açmamıştır, bu da bu alternatiflerin karar modelindeki etkisinin görece daha düşük olduğunu göstermektedir.

Yapılan duyarlılık analizi, orijinal GAHP karar modelinin kararlılığını desteklemekte ve sıralama değişimlerine karşı dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da modelin sağlam bir şekilde inşa edildiğini ve karar sürecinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışma, kamu üniversitelerinin yazılım tedarik ve geliştirme süreçlerini sistematik ve nesnel bir yaklaşımla yönetmelerine katkı sağlamak amacıyla mevcut Grup Analitik Hiyerarşi Süreci (GAHP) metodunu yazılım tedarik problemine uygulamıştır. Geleneksel karar süreçlerindeki bireysel öznellik, kurumsal öncelikler arasındaki uyumsuzluk ve kararların doğrulanabilir olmaması gibi sınırlamaları aşmak için GAHP yöntemi tercih edilmiştir. Böylece, birden fazla paydaşın görüşleri bilimsel bir çerçevede

birleştirilerek çok kriterli bir değerlendirme yapılmış ve kurumsal bir karar alma sürecinin daha şeffaf, sistematik ve tekrarlanabilir hale getirilmesi sağlanmıştır. Literatürde de GAHP'nin çok paydaşlı ortamlarda şeffaflık ve sistematiklik kazandırdığı geniş şekilde vurgulanmaktadır (Forman ve Peniwati, 1998; Vaidya ve Kumar, 2006).

Karar modelinin sadece belirli bir senaryo için değil, değişen koşullara karşı nasıl tepki verdiğini anlamak amacıyla Sıralama Tersine Dönmesi yöntemiyle test edilmiştir. Modelin dayanıklılığı, farklı kriter ve alternatiflerin çıkarılması durumunda sıralama değişimlerinin analiz edilmesiyle değerlendirilmiş, karar modelinin tutarlılığı doğrulanmıştır. Bu yöntem sayesinde, üniversite yönetimlerinin farklı senaryolarda en uygun alternatifleri belirleyerek daha esnek ve bilinçli kararlar alması desteklenmiştir. Literatürde de Sıralama Tersine Dönmesi yönteminin karar modellerinin kırılganlık ve istikrar analizinde kritik bir araç olduğu ve model güvenilirliğini artırmaya yönelik önemli bir metodolojik katkı sunduğu belirtilmektedir (Dyer, 1990; Ishizaka ve Labib, 2011; Majumdar ve diğerleri, 2021). Bu açıdan, yapılan uygulama hem mevcut metodolojinin geçerliliğini test etmekte hem de literatürde vurgulanan katkıları desteklemektedir.

Çalışmanın bulguları, üniversitelerin dijital dönüşüm stratejilerini daha bilinçli yönetebilmeleri için kapsamlı bir çerçeve sağlamaktadır. Özellikle kamu sektöründe teknoloji yönetimi, bütçe planlaması ve sürdürülebilirlik stratejilerinin daha verimli hale getirilmesine katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır. GAHP ve Sıralama Tersine Dönmesi yöntemlerinin entegrasyonu sayesinde, karar süreçleri daha öngörülebilir hale gelmekte ve kurumların kaynaklarını en etkili şekilde yönlendirmelerine olanak tanımaktadır. Bu sonuçlar, literatürde AHP ve GAHP'nin kamu yönetimi, yazılım seçimi ve e-devlet uygulamalarında karar süreçlerine şeffaflık ve sistematiklik kazandırdığına dair bulgularla uyumludur (Muhammad ve Hromada, 2023). Dolayısıyla, bu çalışma yeni bir yöntem geliştirmekten ziyade mevcut yöntemin kamu üniversitelerindeki yazılım tedarik problemine uygulanmasına dayalı özgün bir katkı sunmaktadır.

Ayrıca elde edilen sonuçlar, tedarikçi seçimi, proje yönetimi ve kamu politikalarında ÇKKV yöntemlerinin etkinliğini ortaya koyan önceki çalışmaları da desteklemektedir. Örneğin, bilgi teknolojileri projelerinin önceliklendirilmesinde AHP tabanlı modellerin etkinliği daha önce de gösterilmiştir (Sari ve diğerleri, 2024). Bu bağlamda, üniversitelerin yazılım tedarik süreçlerinde gerçekleştirilen bu uygulama, yalnızca çalışmanın özgün bağlamında değil, aynı zamanda geniş ölçekli karar ortamlarında da uygulanabilir bir çerçeve sunmakta ve literatürde rapor edilen bulgularla (Ghosh ve diğerleri, 2012; Islam ve Arakawa, 2022; Marcarelli ve Squillante, 2019) örtüşmektedir.

Bu çalışmanın katkısı, yalnızca bilgi işlem yöneticilerinin yazılım seçim süreçlerini iyileştirmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kamuda karar verme mekanizmalarının güvenilirliğini, hesap verebilirliğini, verimliliğini ve etkinliğini artırmaya yönelik metodolojik bir katkı sağlamasındadır. GAHP yöntemi ile yapılan uygulamalar, karar vericilere yalnızca en iyi alternatifi seçme konusunda değil, aynı zamanda kararlarının değişen koşullara karşı nasıl bir direnç göstereceğini anlamaları konusunda da önemli bir rehber sunmaktadır. Literatürde kamu kurumlarında ve özel sektörde benzer yöntemlerin başarıyla uygulandığı çalışmalarla karşılaştırıldığında (Chan ve diğerleri, 2008; Rivero Gutiérrez ve diğerleri, 2021), bu bulguların uluslararası ölçekte de tutarlı olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yapılan uygulama, yalnızca kamu üniversiteleriyle sınırlı kalmayıp, farklı kamu kurumlarında, özel sektörde ve geniş ölçekli organizasyonlarda da uygulanabilecek potansiyele sahiptir. Özellikle büyük ölçekli yazılım projeleri, kamu ihaleleri, tedarik zinciri yönetimi ve stratejik planlama gibi alanlarda karar vericilere daha şeffaf ve sürdürülebilir çözümler sunmak için kullanılabilir. Gelecekteki çalışmalar, bu uygulamanın farklı karar ortamlarında nasıl performans gösterdiğini analiz etmek, kullanılan kriterleri genişletmek ve uygulanabilirliğini test etmek üzerine yoğunlaşabilir. Ayrıca, GAHP modeline yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi tekniklerin entegre edilerek karar süreçlerinin otomatikleştirilmesi, kamu yönetiminde ve büyük organizasyonlarda karar almayı daha hızlı ve etkili hale getirebilir. Literatürde AHP'nin, Makine Öğrenmesi (ML) ile entegrasyonu üzerine yapılan son uygulamalar (Sayed ve diğerleri, 2024) bu tür geliştirmelerin mümkün ve faydalı olabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, kamu üniversitelerinin dijitalleşme stratejilerine yönelik bilinçli ve bilimsel temelli kararlar almalarına rehberlik eden yönetsel bir çerçeve sunmaktadır. Analitik karar verme yaklaşımlarının benimsenmesi, yalnızca üniversiteler düzeyinde değil, aynı zamanda yükseköğretim politikaları ve kamu yönetimi ölçeğinde de bir araç olarak kullanılabilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
This study received no funding from any governmental, commercial or non-profit organisation.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Aires, R.F. ve Ferreira, L.M.D. (2018). "The Impact of Rank Reversal on Multi-Criteria Decision Analysis Methods: A Comparative Analysis", *Operational Research*, 18(3), 567-583. <https://doi.org/10.1007/s12351-017-0354-x>
- Arshad, Y., Ahlan, A.R. ve Ajayi, B.A. (2013). "Intelligent IT Governance Decision-Making Support Framework for A Developing Country's Public University", *International Journal of Digital Content Technology and Its Applications*, 7(11), 1-12. <https://doi.org/10.3233/IDT-130183>
- Belton, V. ve Gear, T. (1983). "On A Short-Coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies", *Omega*, 11(3), 228-230. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483\(83\)90047-6](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483(83)90047-6)
- Calik, A., Pehlivan, N.Y. ve Pekgor, A. (2012). "Fuzzy AHP/DEA Approach for Relative Efficiency of State Universities in Turkey", *Uncertainty Modeling in Knowledge Engineering and Decision Making*, 1064-1069. https://doi.org/10.1142/9789814417747_0170
- Chakhar, S. ve Saad, I. (2014). "Incorporating Stakeholders' Knowledge in Group Decision-Making", *Journal of Decision Systems*, 23(1), 113-126. <http://dx.doi.org/10.1080/12460125.2014.865828>
- Chan, F.T.S., Kumar, N., Tiwari, M.K., Lau, H.C.W. ve Choy, K.L. (2008). "Global Supplier Selection: A Fuzzy-AHP Approach", *International Journal of Production Research*, 46(14), 3825-3857. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540600787200>
- Çalışkan, E. ve Aksakal, E. (2019). "Hybrid Use of Likert Scale-Based AHP and PROMETHEE Methods for Hazard Analysis and Consequence Modeling (HACM) Software Selection", *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 18(5), 1825-1851. <https://doi.org/10.1142/S0219622019500330>
- Dyer, J.S. (1990). "Remarks on the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 36(3), 249-258. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.36.3.249>
- Favretto, J. ve Nottar, L.A. (2016). "Utilização da metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) na definição de um software acadêmico para uma Instituição de Ensino Superior do Oeste Catarinense. *Revista de Administração e Inovação*", 11(2), 81-98. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n2.881>
- Forman, E. ve Peniwati, K. (1998). "Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 108(1), 165-169. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00244-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0)
- Ghosh, T., Chakraborty, T. ve Dan, P.K. (2012). "An Effective AHP Based Metaheuristic Approach to Solve Supplier Selection Problem", *International Journal of Procurement Management*, 5(6), 725-740. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2012.045647>
- Ishizaka, A. ve Labib, A. (2011). "Review of the Main Developments in the Analytic Hierarchy Process", *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336-14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Islam, M.M. ve Arakawa, M. (2022). "Integrated Multi-Criteria Group Decision Making Model for Supplier Selection in An Uncertain Environment", *Cogent Engineering*, 9(1), 2079220. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2079220>
- Ivanco, M.L. (2014). "Development of Analytical Sensitivity Analysis for AHP Applications", Master's Thesis, Old Dominion University. <https://doi.org/10.25777/yqdz-jv40>
- Ivanco, M., Hou, G. ve Michaeli, J. (2017). "Sensitivity Analysis Method to Address User Disparities in the Analytic Hierarchy Process", *Expert Systems with Applications*, 85, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.08.003>
- Kahraman, C., Suder, A. ve Cebi, S. (2013). "Fuzzy Multi-Criteria and Multi-Experts Evaluation of Government Investments in Higher Education: The Case of Turkey", *Technological and Economic Development of Economy*, 19(1), 1-25. <https://doi.org/10.3846/20294913.2013.837110>
- Karsak, E.E. ve Özogul, C.O. (2009). "An Integrated Decision-Making Approach for ERP System Selection", *Expert Systems with Applications*, 36(1), 660-667. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.09.016>
- Majumdar, A., Tiwari, M.K., Agarwal, A. ve Prajapat, K. (2021). "A New Case of Rank Reversal in Analytic Hierarchy Process due to Aggregation of Cost and Benefit Criteria", *Operations Research Perspectives*, 8, 100185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orp.2021.100185>
- Maletič, D., Maletič, M., Lovrenčić, V., Al-Najjar, B. ve Gomišček, B. (2014). "An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Sensitivity Analysis for Maintenance Policy Selection", *Organizacija*, 47(4), 251-262. <https://doi.org/10.2478/orga-2014-0016>
- Marcarelli, G. ve Squillante, M. (2019). "A Group AHP Based Approach for Selecting the Best Public Tender", *Soft Computing*, 23(22), 11829-11840. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04479-1>
- Masuda, T. ve Fujii, K. (1987). "Sensitivity Analyses of Priorities Used in the Analytic Hierarchy Process (AHP)", *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*, 23(10), 1060-1067. <https://doi.org/10.9746/sicetr1965.23.1060>
- Melnik-Leroy, G. ve Dzemyda, G. (2021). "Cognitive Biases in Multi-Criteria Decision-Making: AHP Case Study", *Journal of Behavioral Decision Making*, 34(2), 125-140. <https://doi.org/10.1002/bdm.2223>
- Muhammad, H. ve Hromada, M. (2023). "Evaluating A Proposed E-Government Stage Model in Terms of Personal Data Protection", *Applied Sciences*, 13(6), 3913. <http://dx.doi.org/10.3390/app13063913>

- Önüt, S. ve Efendigil, T. (2010). "A Theoretical Model Design for ERP Software Selection Process under the Constraints of Cost and Quality: A Fuzzy Approach", *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 21(6), 365-378. <https://doi.org/10.3233/IFS-2010-0457>
- Pekin, A., Özkan, G., Eski, O., Karaarslan, U., Ertek, G. ve Kılıç, K. (2006). "Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for Selection of Forecasting Software", *5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems*, Sakarya, Turkey.
- Rivero Gutiérrez, L., De Vicente Oliva, M.A. ve Romero-Ania, A. (2021). "Managing Sustainable Urban Public Transport Systems: An AHP Multicriteria Decision Model", *Sustainability*, 13(9), 4614. <http://dx.doi.org/10.3390/su13094614>
- Rouyendegh, B.D. ve Erkan, T.E. (2011). "ERP System Selection by AHP Method: Case Study from Turkey", *The International Journal of Business and Management*, 6(1), 152-160.
- Saaty, T.L. ve Vargas, L.G. (2012). "Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process", *International Series in Operations Research & Management Science*, Springer US. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Saaty, T.L. (1980). "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation", McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (1987). "Risk—Its Priority and Probability: The Analytic Hierarchy Process", *Risk Analysis*, 7(2), 159-172. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.1987.tb00980.x>
- Saaty, T.L. (1990). "How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T.L. (2001). "Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process", *Managing Forest Ecosystems* Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9799-9_2
- Saaty, T.L. (2003). "Decision-Making with the AHP: Why Is the Principal Eigenvector Necessary", *European Journal of Operational Research*, 145(1), 85-91. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00227-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00227-8)
- Saaty, T.L. (2008). "Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons Are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors—The Analytic Hierarchy/Network Process", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales Serie A Matematicas*, 102(2), 251-318. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03191825>
- Sari, R., Kurniastuti, I. ve Sulistiyani, E. (2024). "Comparative Analysis of Prioritization Model between AHP (Analytic Hierarchy Process) and ANP (Analytic Network Process) for Project Portfolio Management SI/IT Surabaya City Government", *Applied Technology and Computing Science Journal*, 6(2), 88-95. <http://dx.doi.org/10.33086/atcsj.v6i2.5208>
- Sayed, H.A., Abdelhamid, M.A., Abdelkader, T.K., Lai, Q., Mousa, A.M. ve Refai, M. (2024). "Machine Learning and Analytic Hierarchy Process Integration for Selecting A Sustainable Tractor", *Scientific Reports*, 14, 26735. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78023-z>
- Schmidt, K., Babac, A., Pauer, F., Damm, K. ve von der Schulenburg, J.M. (2016). "Measuring Patients' Priorities Using the Analytic Hierarchy Process in Comparison with Best-Worst-Scaling and Rating Cards: Methodological Aspects and Ranking Tasks", *Health Economics Review*, 6(1), 50. <http://dx.doi.org/10.1186/s13561-016-0130-6>
- Seker, S. ve Kahraman, C. (2021). "A Pythagorean Cubic Fuzzy Methodology Based on TOPSIS and TODIM Methods and Its Application to Software Selection Problem", *Soft Computing*, 25(12), 7843-7857. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06469-8>
- Then, K.A. ve Amaria, P. (2013). "Factors Related to the Adoption of IT Emerging Technologies by Research and Non-Research Based Higher Education Institutions", *Research in Higher Education Journal*, 21, 1-12.
- Toth, E. ve Vacik, H. (2018). "A Comprehensive Sensitivity Analysis for Multi-Criteria Decision-Making Methods in Environmental Decision Support", *Environmental Modelling & Software*, 103, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.02.002>
- Uzoka, F.-M.E. ve Akinuwa, B. (2019). "Development and Evaluation of An AHP Model for Software Systems Selection", *Multiple Criteria Decision Making*, 14(1), 109-130. <https://doi.org/10.22367/MCDM.2019.14.07>
- Vaidya, O.S. ve Kumar, S. (2006). "Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications", *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Vargas, L.G. (1990). "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications", *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)
- Vatansever, K. (2013). "Evaluation of Product Purchase Decisions with Fuzzy AHP Method in State Hospitals: Gediz State Hospital Case", *Journal of Health and Hospital Administration*, 1(1), 45-58.