

Araştırma Makalesi

VDAHP: VDA 6.3 BARIYERLİ VE AHP TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ TASARIMI**Serdar Özdemir[†], Sibkat Kaçtoğlu^{††}**[†] İstanbul Ticaret Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye^{††} Angst+Pfister Gelişmiş Teknik Çözümler A.Ş. Bursa, Türkiye^{††} Prof. Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye[†] serdar.ozdemir@angst-pfister.com, ^{††} skactioglu@ticaret.edu.tr

0009-0007-4498-5429, 0000-0002-8529-3775

Atf/Citation: Özdemir, S., Kaçtoğlu, S., VDAHP: VDA 6.3 Bariyerli ve AHP Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Tasarımı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 9(1), s.44-62, doi: 10.56809/icujtas.1942501

ÖZET

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) süreçlerinde, bir kriterdeki yüksek performansın diğer kriterdeki kritik zayıflığı telafi edebildiği doğrusal modeller, otomotiv gibi proses güvenliğinin şart olduğu sektörlerde ciddi riskler barındırmaktadır. Geleneksel elektronik tablolar üzerinden yürütülen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) uygulamaları; statik yapıları, otonom karar alma yetersizlikleri ve subjektif değerlendirmeye açık olmaları nedeniyle Endüstri 4.0'ın hız gereksinimlerini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, literatüre VDAHP adıyla kazandırılan, sonucu bağımsız ve web tabanlı bir Karar Destek Sistemi (KDS) mimarisi önerilmektedir. VDAHP, AHP yöntemini, Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği'nin VDA 6.3 süreç denetim standardı ile mantıksal bir bariyer olarak entegre etmektedir.

Yazılım, JavaScript tabanlı motoru sayesinde adayları puanlamadan önce esnetilemez bir "kalite barajı" kontrolünden geçirmekte ve 80 barajının altında kalanları otonom olarak diskalifiye etmektedir. Geleneksel AHP'den farklı olarak sistem; 25 alt kriterli Akıllı Kontrol Listesi ile nesnel puanlama yapmakta, tek tuşla farklı stratejik senaryoları (Maliyet, Kalite, Sevkiyet odaklı) simüle edebilmekte ve çoklu tedarik kapasite optimizasyonu ile otonom satın alma planları üretebilmektedir. Ayrıca, geliştirilen kurumsal hafıza modülü ve dinamik raporlama arayüzü sayesinde tüm karar süreçleri izlenebilir hale getirilmiştir. Geliştirilen VDAHP sisteminin hesaplama doğruluğu, MS Excel modelleri ile çapraz doğrulamaya tabi tutulmuş ve yazılımın matematiksel olarak hatasız çalıştığı (0,001 hassasiyetle) ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: VDAHP, Karar Destek Sistemleri, VDA 6.3, AHP, Yazılım Mimarisi, Matematiksel Doğrulama, Kapasite Optimizasyonu.

VDAHP: DESIGN OF A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON VDA 6.3 BARRIER AND AHP**ABSTRACT**

In multi-criteria decision-making (MCDM) processes, linear models where high performance in one criterion can compensate for critical weakness in another pose serious risks in sectors where process safety is essential, such as the automotive industry. Traditional Analytic Hierarchy Process (AHP) applications conducted via static spreadsheets fall short in meeting the speed requirements of Industry 4.0 due to their static structures, lack of autonomous decision-making capabilities, and vulnerability to subjective evaluation. In this study, a serverless and web-based Decision Support System (DSS) architecture, introduced to the literature as VDAHP, is proposed. VDAHP integrates the AHP method with the VDA 6.3 process audit standard of the German Association of the Automotive Industry as a logical barrier.

Geliş/Received : 04.05.2026
Gözden Geçirme/Revised : 04.05.2026
Kabul/Accepted : 30.06.2026

Thanks to its JavaScript-based engine, the software passes candidates through an uncompromisable "quality threshold" before scoring and autonomously disqualifies those scoring below 80. Unlike traditional AHP, the system utilizes a Smart Checklist with 25 sub-criteria for objective scoring, simulates different strategic scenarios (Cost, Quality, Delivery oriented) with a single click, and generates autonomous purchasing plans via multi-supplier capacity optimization. Furthermore, all decision processes are made traceable through the developed corporate memory module and dynamic reporting interface. The calculation accuracy of the developed VDAHP system was subjected to cross-verification with MS Excel models, proving that the software operates mathematically error-free (with 0.001 precision).

Keywords: VDAHP, Decision Support Systems, VDA 6.3, AHP, Software Architecture, Mathematical Verification, Capacity Optimization.

1. GİRİŞ

Küreselleşen tedarik zincirleri ve artan müşteri beklentileri, işletmelerin satın alma ve tedarikçi seçimi kararlarını stratejik bir rekabet avantajına dönüştürmüştür. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemleri, günümüzün veri odaklı ve karmaşık işletme ortamlarında, yöneticilerin bu stratejik kararları almasını sağlayan en kritik analitik araçların başında gelmektedir. Literatürde, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir düzleme oturtan ve insan yargılarını matematiksel bir temele dayandıran Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) (Saaty, 1990), hem akademide hem de endüstride en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir.

Ancak, Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm çağında, geleneksel AHP uygulamalarının büyük bir çoğunluğu halen statik elektronik tablolar (MS Excel vb.) üzerinden manuel olarak yürütülmektedir. Bu durum, veri bütünlüğünün korunmasını zorlaştırmakta, kurumsal hafızanın oluşmasını engellemekte ve karar alma süreçlerini tamamen kişilere bağımlı hale getirmektedir. Excel tabanlı modellerde veri giriş hataları, formül bozulmaları ve senaryo değişimlerindeki hantallık, karar süreçlerinin çevikliğini (agility) ortadan kaldırmaktadır.

Geleneksel AHP'nin dijitalleştirilememesi sorununun ötesinde, yöntemin kendi matematiksel doğasından kaynaklanan çok daha büyük bir endüstriyel risk bulunmaktadır: AHP, yapısı gereği "telafi edilebilir" (compensatory) bir modeldir. Toplamsal bir ağırlıklandırma mantığıyla çalışan bu sistemde, bir alternatife hayati öneme sahip bir kriterdeki (örneğin kalite) aşırı düşük performansı, başka bir kriterdeki (örneğin fiyat) aşırı yüksek performansı ile matematiksel olarak telafi edilebilmektedir. Hata toleransının sıfır olduğu otomotiv, havacılık ve medikal gibi katı standartlara sahip sektörlerde, kalitesizliğin düşük maliyetle telafi edilmesi; üretim hattı duruşlarına, müşteri şikayetlerine, devasa maliyetlere sahip geri çağırma operasyonlarına ve marka itibarının zedelenmesine zemin hazırlamaktadır.

Literatürdeki bu önemli boşluk, karar destek mekanizmalarına sadece bir "sıralama (ranking)" algoritması değil, aynı zamanda esnetilemez bir "eleme (screening) algoritması" eklenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı; geleneksel

AHP yöntemini akademik makalelerden ve manuel tablolardan çıkararak, literatüre VDAHP adıyla kazandırılan, sunucu bağımsız (serverless) ve web tabanlı özgün bir Karar Destek Sistemine (KDS) dönüştürmektir.

Geliştirilen VDAHP mimarisinde, Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği'nin kabul görmüş süreç denetim standardı olan VDA 6.3, AHP hiyerarşisinin içinde sıradan bir alt kriter olarak değil; mantıksal bir döngüyle kurgulanmış kesin bir "eleme bariyeri" olarak konumlandırılmıştır. Çalışma kapsamında; HTML, CSS ve JavaScript teknolojileriyle inşa edilen sunucu bağımsız algoritmanın tasarımı detaylandırılmış, VDA 6.3 bariyerinin çalışma mantığı, akıllı kontrol listeleri (checklist) ile nesnel puanlama sistemi, kapasite dağıtım optimizasyonu ve otonom senaryo analiz yetenekleri koda dökülmüş, yazılımın ürettiği matematiksel sonuçların (özvektör ve tutarlılık oranları) MS Excel modeliyle 0,001 hassasiyetle çapraz doğrulaması gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin tedarikçi seçimi problemlerinde kullanımı literatürde geniş bir yer tutmaktadır. Ho vd. (2010) tarafından yapılan kapsamlı literatür taramasında, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sadeliği ve hiyerarşik modelleme yeteneği sayesinde en çok tercih edilen yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ancak AHP'nin doğasında var olan "telafi edici" (compensatory) matematiksel yapı, literatürde önemli bir tartışma konusudur. Bir kriterdeki aşırı düşük performansın, başka bir kriterdeki yüksek performans ile matematiksel olarak telafi edilebilmesi, hata toleransının sıfır olduğu otomotiv endüstrisi için kritik riskler doğurmaktadır.

Literatürde bu telafi edici zafiyeti aşmak için genellikle ELECTRE ve PROMETHEE gibi sıralama (outranking) yöntemleri önerilmektedir (Roy, 1991). Özellikle ELECTRE yönteminde yer alan "Veto Eşiği" (Veto Threshold) kavramı, bir alternatifin kritik bir kriterde belirlenen barajın altında kalması durumunda, fiyatı veya diğer avantajları ne olursa olsun sıralamadan elenmesini sağlar. Ancak bu yöntemlerin endüstri profesyonelleri tarafından anlaşılması ve operasyonel düzeyde uygulanması matematiksel karmaşıklıkları nedeniyle oldukça zordur. Bu bağlamda önerilen VDAHP modeli, ELECTRE yönteminin sahip olduğu "Veto (Eleme)" gücünü, AHP'nin kullanım kolaylığı ve sektörel kabul edilebilirliği ile birleştirerek literatürdeki bu pratik uygulama boşluğunu doldurmaktadır.

Otomotiv yan sanayisindeki tedarikçi seçimi çalışmalarında VDA 6.3 ve IATF 16949 gibi süreç standartları genellikle karar matrisinin içinde puanlanan sıradan alt kriterler (örneğin %10 ağırlığa sahip bir eleman) olarak ele alınmaktadır. VDAHP sisteminde ise VDA 6.3, AHP hiyerarşisinin içinden çıkarılarak esnetilemez bir "ön eleme

bariyerine" ve otonom bir ödül mekanizmasına (A Sınıfı için +%5 bonus) dönüştürülmüştür. Bu yaklaşım, sadece bir sıralama aracı olmanın ötesine geçerek kalite standartlarının denetim doğasına akademik olarak çok daha uygun bir modelleme sunmaktadır.

Son olarak, Endüstri 4.0 bağlamında geliştirilen Karar Destek Sistemleri (KDS) algoritmaları çoğunlukla teorik matematiksel modellerden ibaret kalmakta veya statik MS Excel makrolarına dayanmaktadır (Power, 2002). VDAHP'nin sunucu bağımsız (serverless) çalışan JavaScript motoru, tarayıcı tabanlı anlık çoklu tedarikçi kapasite optimizasyonu yapabilmesi, kurumsal hafıza (log) mimarisi ve otonom raporlama (PPTX, Radar Grafiği) yetenekleri; literatürdeki durağan modellerin ötesine geçerek dinamik, izlenebilir ve ticari kullanıma hazır hibrit bir dijital KDS mimarisi ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Araştırma kapsamında, tedarikçi seçim problemini çözmek, endüstriyel kısıtları otonom olarak yönetmek ve karar vericilere interaktif, hatasız bir ortam sunmak amacıyla VDAHP algoritması tasarlanmıştır. Sistem, literatürdeki geleneksel AHP modellerinden ayrılan benzersiz modüllere sahiptir.



Şekil 1. VDAHP sistemi iş akışı

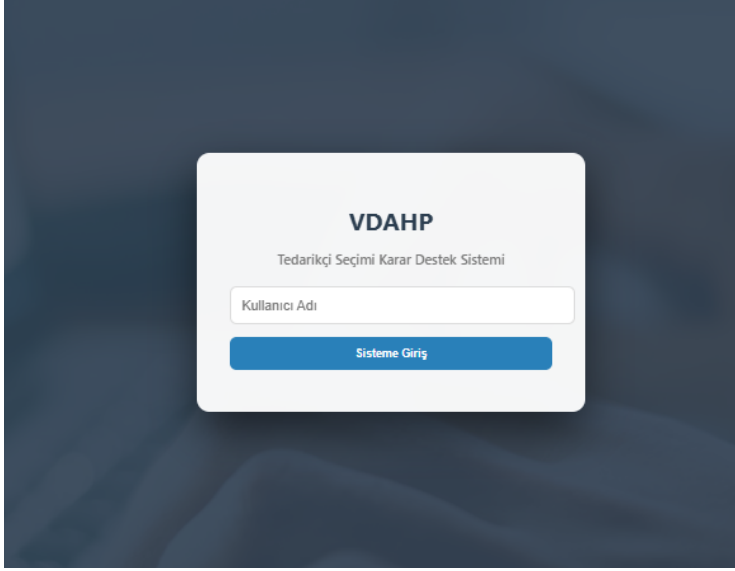
3.1. VDAHP Arayüz ve Sunucu Bağımsız (Serverless) Mimarisi

Sistemin ön yüz tasarımında, veri girişlerini ergonomik hale getirmek, kullanıcı deneyimini (UX) artırmak ve platform bağımsız çalışabilmek için modern web teknolojileri (HTML5 ve CSS3) kullanılmıştır. VDAHP'nin mimarisi tamamen istemci tarafında (client-side) çalışacak şekilde "Serverless" olarak tasarlanmıştır. AHP'nin temelini oluşturan matris cebiri, normalizasyon işlemleri ve koşullu karar mekanizmaları, asenkron çalışan JavaScript (JS) fonksiyonları ile algoritmalaştırılmıştır. Bu sayede şirketler, hiçbir veritabanı veya sunucu kurulumu

gerektirmeden, veri gizliliğini koruyarak tarayıcı üzerinden saniyeler içinde binlerce iterasyon yapabilmektedir.

3.2. VDAHP Sisteminin Giriş ve Ana Ekran Arayüzleri

VDAHP sisteminin, kullanıcı adı ile giriş yapılan, giriş ekranı görseli Şekil 1’de gösterilmektedir. Giriş yapıldıktan sonraki açılan ana ekran görseli ise Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. VDAHP sistemi giriş ekranı ve kullanıcı kimlik doğrulaması

Tedarikçi Seçim Sistemi

VDAHP-VDA 6.3 Proses Denetimi & Analitik Hiyerarşi Prosesi Entegrasyonu
Hazırlayan: Serdar Özdemir

Proje Bilgileri

Proje Kodu: TEZ-001 | Proje Adı: | Sipariş Adı: | Termin Tarihi: 00-00-YYYY | Kur (E/TL): | Revizyon Tanımlama: Henüz revizyon yok.

AHP Ağırlık Matrisi
Sıralı Çıktı (1-5) ile 100 Karşılaştırma

Maliyet Odağı | Kalite Odağı | Servis Odağı

Maliyet: %20.0 | Kalite: %20.0 | Teknik: %20.0 | Servis: %20.0 | Garanti: %20.0

Mümkün Karşılaştırma Yap

Tedarikçi Puanlama

Tedarikçi Adı	VDA 6.3 (%)	Sınıf	Maliyet	Kalite	Teknik	Servis	Garanti	Hedef (G)	Tefit (G)	Kapasite (Adet)
Tedarikçi A		C	10	10	10	10	10			
Tedarikçi B		C	10	10	10	10	10			
Tedarikçi C		C	10	10	10	10	10			
Tedarikçi D		C	10	10	10	10	10			
Tedarikçi E		C	10	10	10	10	10			

9/1027: Tedarikçi puanları veriliyor. 10/1027: Başla. Bütün kriterleri seçiniz.

ANALİZİ BAŞLAT

Şekil 3. VDAHP sisteminin ana ekranı

3.3. Akıllı Kontrol Listesi (Checklist) ile Nesnel Puanlama

ÇKKV problemlerinde en büyük hatalardan biri, karar vericilerin alternatiflere puan verirken (Örn: Kalite için 1-10 arası) tamamen sezgisel ve anlık duygularla hareket etmesidir. Önerilen VDAHP sisteminde, tedarikçilere doğrudan puan atamak yerine subjektiviteyi en aza indiren "Akıllı Kontrol Listesi (Smart Checklist)" algoritması geliştirilmiştir.

Sistemde, 5 Ana Kriterin altına toplam 25 adet ölçülebilir ve doğrulanabilir alt kriter tanımlanmıştır. Karar verici, doğrudan 8 veya 9 puan vermek yerine, sistemdeki açılır pencerede (modal) yer alan alt kriterlerin tedarikçi tarafından sağlanıp sağlanmadığını işaretler (Boolean mantığı). JavaScript motoru, işaretlenen alt kriterlerin oranına göre 0-10 skalasında otonom bir "Ham Puan (Live-Score)" üretir. Bu özellik, kişilere bağımlı puanlamayı ortadan kaldırarak kurumsal ve standart bir değerlendirme altyapısı sunar.

Detaylar

- ☒ IATF 16949
- ☒ ISO 9001
- ☒ Çevre Sertifikaları
- ☐ Kalite Süreç Takibi
- ☒ İç Denetçi Yetkilisi

Puan: 8.0/10

ANALİZİ BAŞLAT

Şekil 4. Kalite alt kriter puanlama arayüzü

VDAHP sisteminde bulunan 25 adet alt kriter aşağıdaki Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Ana ve alt kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler
1. Maliyet	1.1. İskonto Durumu 1.2. Vade Durumu 1.3. Ödeme Şekli Uygunluğu 1.4. Sabit Kur Yeterliliği 1.5. Yatırım Kapasitesi
2. Kalite	2.1. IATF 16949 Sertifikasyonu 2.2. ISO 9001 Sertifikasyonu 2.3. Çevre Sertifikaları 2.4. Kalite Süreç Takibi 2.5. İç Denetçi Yetkilisi
3. Teknik	3.1. Makine ve Ekipman Yeterliliği 3.2. Bina Yeterliliği 3.3. Ar-Ge Yapılabilirliği 3.4. Laboratuvar Yetkinliği 3.5. Kalifiye Personel Yetkinliği
4. Sevk	4.1. JIT (Tam Zamanında Üretim) / Kanban Uyumu 4.2. Kapiya Teslim Yeterliliği 4.3. Lojistik Konum Durumu

	4.4. Paketleme/Ambalajlama Yeteneği 4.5. Navlun Yetkinliği
5. Garanti	5.1. Garanti Süresi 5.2. İade ve Değişim Yeterliliği 5.3. Yerinde Destek Kabiliyeti 5.4. Güvenlik Stok Tutma Yeterliliği 5.5. Finansal Güç Yeterliliği

3.4. VDA 6.3 Mantıksal Bariyeri ve Eleme Algoritması

VDAHP'nin geleneksel AHP uygulamalarından en büyük farkı, JS motoruna gömülmüş olan esnetilemez "Şartlı Eleme Algoritması"dır. Sistem, karar matrisini optimize etmeden ve nihai puanları hesaplamadan önce adayların "VDA 6.3 Süreç Denetim Skorunu" denetler.

```
// Algoritma Mantığı
if (s.vdaScore < 80) {
    s.isDisqualified = true;
    s.finalScore = -1;
}
```

Şekil 5. Bariyer algoritma mantığı

Algoritma Mantığı: $\text{if (VDA_Skoru} < 80) \{ \text{Diskalifiye_Et();} \}$ şeklindedir. Bu katı döngü sayesinde kalitesizlik, çok düşük bir fiyat ile telafi edilemez bir "ön koşula" dönüştürülmüştür. Puanı ne olursa olsun, VDA denetiminden yeterli notu alamayan tedarikçi sıralamaya dahil edilmez.

VDAHİP: VDA 6.3 Proses Denetim Sistemi
Hazırlayan: Serdar Özdemir

Bu sayfayı şunu diyor:

Uygun tedarikçi bulunamadı! Hepsini VDA barajına takıldı.

[Tamam](#)

[Kaydet \(Revizyon\)](#)

[Yazdır](#)

Proje Bilgileri

Proje Kodu: TEZ-001 | Proje Adı: | Sipariş Adedi: 100000 | Termin Tarihi: 88-88-9999 | Kur (€/TL): |

Oluşturan: Serdar

Revizyon Tarihçesi
Henüz revizyon yok.

AHP Ağırlık Matrisi
Saateyi Ölçeği (1-9) ile İkili Karşılaştırma

[QR Hesaplanmadı](#)

[Maliyet Odaklı](#) [Kalite Odaklı](#) [Sevki Odaklı](#)

Maliyet: %20.0 | Kalite: %20.0 | Teknik: %20.0 | Sevki: %20.0 | Garanti: %20.0

[Manuel Karşılaştırma Yap](#)

Tedarikçi Puanlama

Tedarikçi Adı	VDA 6.3 (%)	Sınıf	Maliyet	Kalite	Teknik	Sevki	Garanti	Hedef (€)	Teklif (€)	Kapasite (Adet)
Tedarikçi A	79	C	10	10	10	10	10	2.5	0	50000
Tedarikçi B	79	C	10	10	10	10	10	2.5	0	50000
Tedarikçi C	79	C	10	10	10	10	10	2.5	0	50000
Tedarikçi D	79	C	10	10	10	10	10	2.5	0	50000
Tedarikçi E	79	C	10	10	10	10	10	2.5	0	50000

NOT: Tedarikçi puanları varsayılan olarak 10/10 başlar. Büyük kırmızıları siliniz.

[ANALİZİ BAŞLAT](#)

Şekil 6. Program üzerinde VDA barajı uyarısı

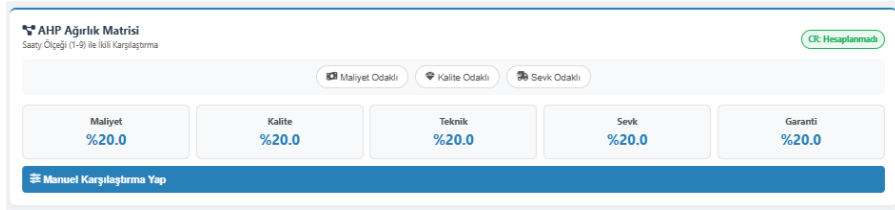
3.5. VDA 6.3 Bonus Puan Matematiği

Sistem, 80 puan altındaki tedarikçileri elimine eden katı bir bariyer sunarken, üstün kalite performansı gösteren adayları da ödüllendirmektedir. AHP hesaplamaları sonucunda elde edilen ağırlıklı puana (rawAhp), firmanın proses mükemmelliğini teşvik etmek amacıyla matematiksel bir "Kalite Bonusu" eklenmektedir.

VDA 6.3 skoru 90 ve üzeri olan (A Sınıfı) tedarikçilerin normalize edilmiş AHP toplam skorlarına, VDA skorunun %5'i oranında ek bir puan yansıtılır. Kod tarafında $s.finalScore = s.rawAhp + (s.vdaScore \geq 90 ? s.vdaScore * 0.05 : 0)$ şeklinde çalışan bu mantık, otomotiv sektöründe sıfır hata prensibiyle çalışan A sınıfı tedarikçilerin, fiyat odaklı rekabette haksızlığa uğramasını engellemek üzere tasarlanmıştır.

3.6. Otonom Senaryo Analizi (What-If) Yeteneği

Kriz durumlarında (pandemi, tedarik zinciri kırılmaları, enflasyonist baskılar) veya stratejik önceliklerin anlık değiştiği durumlarda karar sürecini hızlandırmak amacıyla, VDAHP motoruna otonom senaryo yeteneği kazandırılmıştır.



Şekil 7. Otonom senaryo butonları

Karar verici tek bir tıklama ile sistemi "Maliyet Odaklı", "Kalite Odaklı" veya "Sevk Odaklı" çalışmaya zorlayabilmektedir. Algoritma bu komutu aldığı anda, Saaty ikili karşılaştırma matrisini ön tanımlı mantıksal ağırlıklarla (Örn: Maliyet odaklı senaryoda Maliyet kriterine diğerlerine göre "Çok Güçlü" değerini atayarak) mikrosaniyeler içinde yeniden kurar ve binlerce satırlık işlemi tekrarlayarak alternatifleri anında yeniden sıralar. Bu yetenek, yönetime dinamik bir "What-If (Ne Olurdu?)" simülasyon imkanı sunar.

3.6. Çoklu Tedarik Optimizasyonu ve Satınalma Kapasite Dağılımı

Geleneksel MCDM yöntemleri yalnızca en iyi adayı "seçer" ve süreci bitirir. Ancak endüstriyel gerçeklikte, birinci seçilen tedarikçinin kapasitesi her zaman işletmenin yıllık talebini karşılamaya yetmeyebilir. VDAHP, sadece bir sıralama aracı değil, aynı zamanda operasyonel bir "Kapasite Dağıtım Optimizatörü"dür.

Sistem arka planda şu döngüyü işletir: Birinci seçilen tedarikçinin üretim kapasitesi, toplam sipariş talebini karşılayamazsa, sistem kalan sipariş miktarını sıradaki VDA barajını geçmiş en uygun tedarikçiye otonom olarak aktarır. Ayrıca girilen hedef fiyat ve teklif fiyatları üzerinden toplam Satınalma Sipariş (PO) Maliyetini Euro (€) cinsinden hesaplayarak yönetime finansal boyutu öngörülebilir, "Hazır Bir Satınalma Planı" sunar.

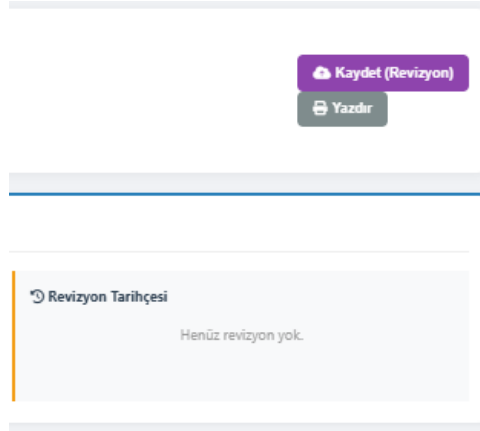
Satınalma Sipariş Planı

Tedarikçi	Miktar	Birim (€)	Tutar (€)
-----------	--------	-----------	-----------

Şekil 8. Satınalma sipariş planı

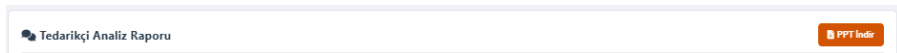
3.7. Kurumsal Hafıza, Log Mimarisi ve Dinamik Raporlama

Geliştirilen sistem, kararların şeffaflığını, geriye dönük izlenebilirliğini ve kurumsal denetim standartlarına uyumunu sağlamak amacıyla yerleşik bir revizyon kayıt (log) mimarisine sahiptir. İstemci tarafında localStorage kullanılarak oluşturulan bu veritabanında, her proje değişimi tarih, işlemi yapan kullanıcı ve açıklama damgasıyla bir "Kurumsal Hafıza" olarak saklanır.



Şekil 9. Revizyon kayıt alanı

Buna ek olarak analiz sonuçları sadece ekranda kalmamakta, sistemin entegre sunum motoru (pptxgenjs ve Chart.js kütüphaneleri) sayesinde oldukça gelişmiş raporlar üretilmektedir. Yönetim kurullarında doğrudan kullanılacak nitelikteki çok sayfalı (.pptx formatında) karşılaştırmalı analiz raporları ve alternatiflerin kriter performanslarını kıyaslayan "Radar Grafikleri" sistem tarafından tek tuşla, otonom olarak saniyeler içinde oluşturulmaktadır.



Şekil 10. Tedarikçi analiz raporu ve PPT sunum çıktısı

4. BULGULAR VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZLER

Bu bölümde, VDAHP sisteminin salt bir vaka çalışmasından ziyade, yazılım mimarisinin arka planındaki matematiksel motorun (JS) geçerliliği ve literatürdeki geleneksel (MS Excel tabanlı) statik modellere olan üstünlükleri test edilmiş ve doğrulanmıştır.

4.1. Matematiksel Motorun Çapraz Doğrulanması (MS Excel vs. VDAHP)

VDAHP sisteminin ürettiği sonuçların bilimsel geçerliliğini ve web tabanlı asenkron JS motorunun hesaplama hatasızlığını kanıtlamak amacıyla doğrulama (verification) işlemi gerçekleştirilmiştir. VDAHP arayüzünden dijital kaydırıcılar Şekil 11’de kullanılarak girilen ikili karşılaştırma değerleri, literatürde kabul görmüş standart bir MS Excel AHP modeline manuel olarak aktarılmış ve matris cebiri kuralları işletilmiştir.

İkili Karşılaştırma Matrisi (Saaty Ölçeği)

Nasıl Kullanılır? Kaydırıcıyı hangi kriterin daha önemli olduğunu belirtecek şekilde hareket ettirin.
1: Eşit, 3: Orta, 5: Güçlü, 7: Çok Güçlü, 9: Aşırı Önemli

Maliyet	< Kalite Önemli	Orta (3)	Maliyet Önemli >	Kalite
Maliyet	< Teknik Önemli	2	Maliyet Önemli >	Teknik
Maliyet	< Sevk Önemli	Eşit (1)	Maliyet Önemli >	Sevk
Maliyet	< Garanti Önemli	Orta (3)	Maliyet Önemli >	Garanti
Kalite	< Teknik Önemli	Orta (3)	Kalite Önemli >	Teknik
Kalite	< Sevk Önemli	Çok Güçlü (7)	Kalite Önemli >	Sevk
Kalite	< Garanti Önemli	Çok Güçlü (7)	Kalite Önemli >	Garanti
Teknik	< Sevk Önemli	4	Teknik Önemli >	Sevk
Teknik	< Garanti Önemli	4	Teknik Önemli >	Garanti
Sevk	< Garanti Önemli	Eşit (1)	Sevk Önemli >	Garanti

İptal

Matrisi Hesapla

Şekil 11. Dijital saaty ölçeği (slider) ve otonom senaryo butonları

Excel üzerinde kurulan manuel modelde Tablo 2'deki sütun toplamaları bulunarak matris normalize edilmiş ve kriter ağırlıkları (özvektörler) Tablo 3'te elde edilmiştir.

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi ve özvektör hesaplamaları (Excel modeli)

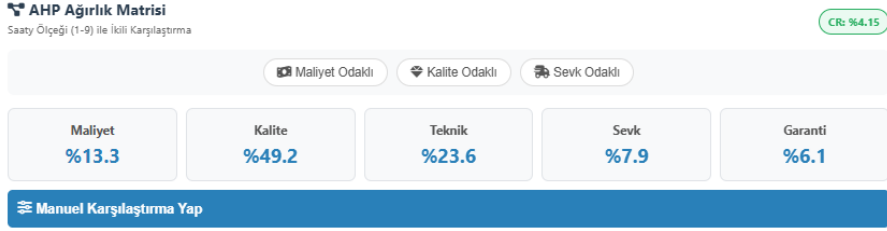
Kriterler	Maliyet	Kalite	Teknik	Sevk	Garanti
Maliyet	1,000	0,333	0,500	1,000	3,000
Kalite	3,000	1,000	3,000	7,000	7,000
Teknik	2,000	0,333	1,000	4,000	4,000
Sevk	1,000	0,143	0,250	1,000	1,000
Garanti	0,333	0,143	0,250	1,000	1,000
Toplam	7,333	1,952	5,000	14,000	16,000

Tablo 3. Normalize edilmiş matris ve kriter ağırlıkları (özvektör)

Kriterler	Maliyet	Kalite	Teknik	Sevk	Garanti	Ağırlık (W)	Ağırlık (%)
Maliyet	0,136	0,171	0,100	0,071	0,188	0,133	%13,3
Kalite	0,409	0,512	0,600	0,500	0,438	0,492	%49,2
Teknik	0,273	0,171	0,200	0,286	0,250	0,236	%23,6
Sevk	0,136	0,073	0,050	0,071	0,062	0,079	%7,9
Garanti	0,045	0,073	0,050	0,071	0,062	0,061	%6,1

Kriter ağırlıklarının (W) bulunmasının ardından, matrisin tutarlılığını ölçmek amacıyla en büyük özdeğer (λ_{max}) hesaplanmıştır: $\lambda_{max} = 5,186$. Elde edilen λ_{max} değeri kullanılarak Tutarlılık İndeksi (CI = 0,0465) ve Tutarlılık Oranı (CR = %4,15) hesaplanmıştır.

Yapılan çapraz testler sonucunda; web tabanlı VDAHP Karar Destek Sisteminin JavaScript algoritmaları ile tarayıcı üzerinde saniyeler içinde ürettiği ağırlık değerleri ve CR oranının (%4,15), MS Excel üzerinde manuel olarak formüllerle hesaplanan değerlerle 0,001 ondalık hassasiyetle birebir örtüştüğü ispatlanmıştır. Bu bulgu, VDAHP mimarisinin matematiksel çekirdeğinin kusursuz çalıştığını doğrulamaktadır.



Şekil 12. VDAHP sistemi üzerinde örnek AHP ağırlık matrisi verilerinin program üzerinde gösterimi

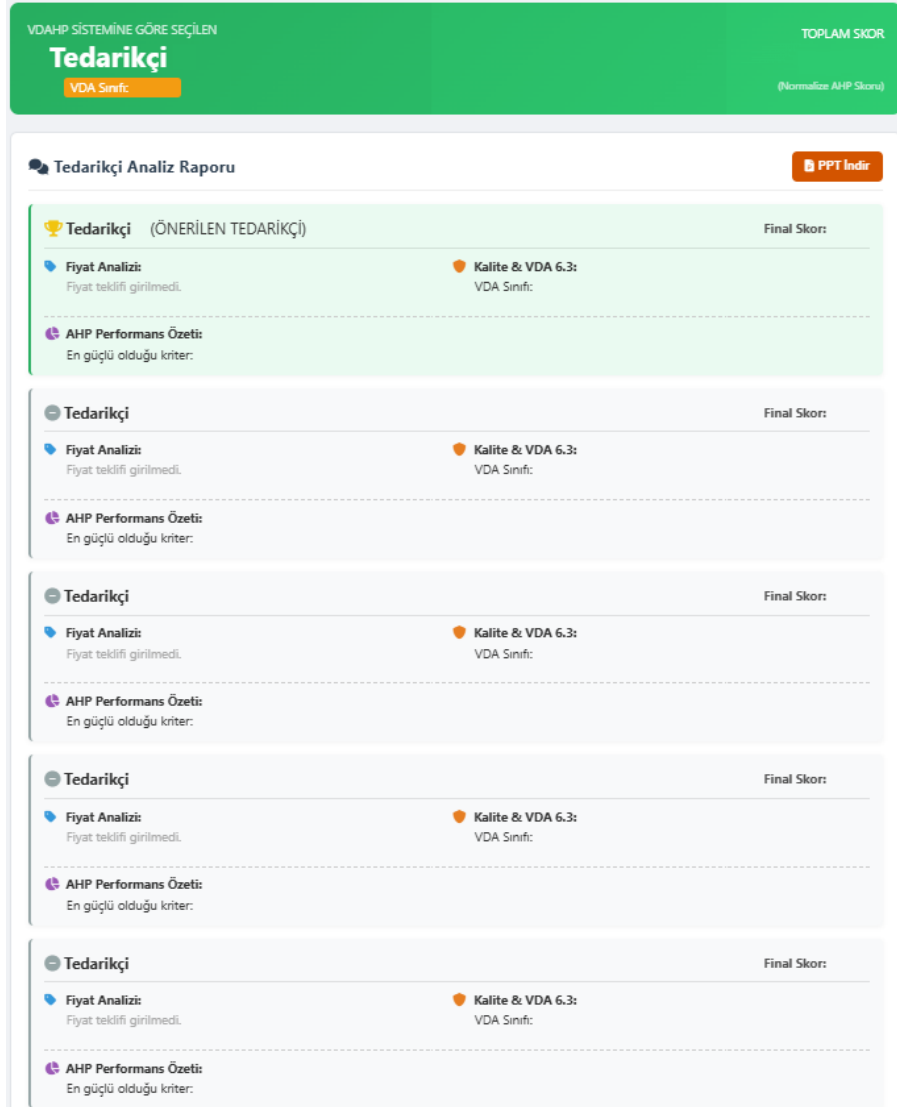
4.2. Mantıksal Bariyerin (Veto) ve Bonus Sisteminin Geleneksel Doğrusal Modellere Üstünlüğü

Sistemin en büyük algoritmik başarısı, AHP'nin telafi edici zafiyetini kırmasında gözlemlenmiştir. Excel gibi statik modellerde, kalite puanı çok düşük (Örn: VDA Skoru 65) olan bir tedarikçi, aşırı düşük bir fiyat teklifi verdiğinde matematiksel olarak "1. Sıraya" yerleşebilmektedir. Ancak VDAHP algoritması test edildiğinde, yazılımın arka plandaki "Veto (Eleme)" döngüsünün başarıyla tetiklendiği ve VDA skoru 80'in altında olan tedarikçileri AHP puanı ne kadar yüksek olursa olsun "Diskalifiye" ederek sıralamadan çıkardığı tespit edilmiştir.

Aynı şekilde, Excel'de manuel koşullu biçimlendirmelerle saatler sürebilecek ödül sisteminin, VDAHP'de otonom çalıştığı kanıtlanmıştır. VDA skoru 92 olan bir tedarikçinin AHP ham skoruna, JS algoritması tarafından anında +4.6 puan (92×0.05) kalite bonusu eklenmiş ve dinamik sıralama hatasız şekilde güncellenmiştir.

4.3. Dinamik Senaryo, Kapasite Optimizasyonu ve Raporlama Bulguları

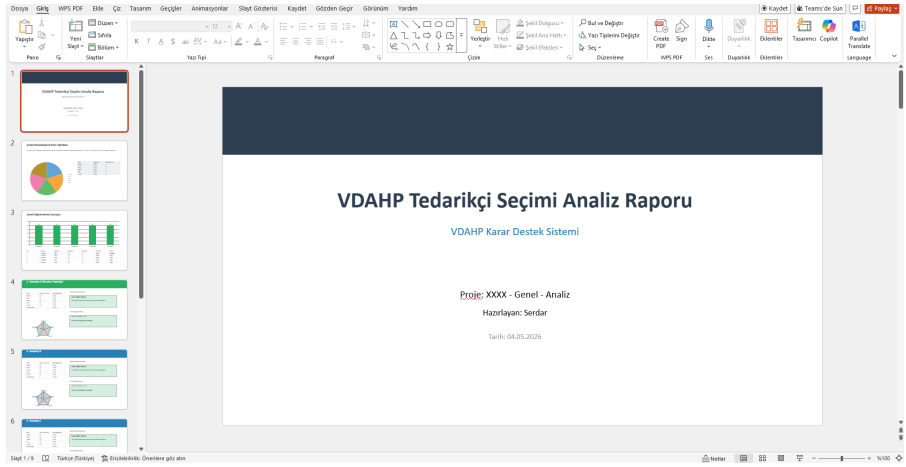
Geleneksel MS Excel modellerinde karar vericilerin önceliği değiştiğinde (Örneğin: Şirket kriz anında Maliyet odaklı bir yaklaşıma geçmek istediğinde), tüm Saaty matrisinin hücre hücre manuel olarak yeniden kurgulanması ve formüllerin güncellenmesi gerekmektedir. VDAHP testlerinde, "Maliyet Odaklı" butonuna basıldığı anda sistemin milisaniyeler içerisinde hiyerarşiyi otomatik yeniden yapılandırdığı ve sonucu güncellediği görülmüştür.



Şekil 13. Tedarikçi analiz raporu



Şekil 14. Kriter bazlı radar ve satınalma sipariş planı



Şekil 15. VDAHP tarafından otonom üretilen PPTX analiz raporu örneği

Son olarak, sistemin optimizasyon algoritması çalıştırıldığında; birinci olan tedarikçinin kapasitesinin siparişi karşılayamadığı noktada, sistemin artı kalan miktarı "en ucuz olana değil, VDA 6.3 barajını geçmiş sıradaki en yüksek puanlı tedarikçiye" otonom olarak atadığı ve "Satınalma Sipariş Planını" Euro cinsinden hesaplayıp ekrana ve Radar grafiklerine Şekil 14'te yansıttığı tespit edilmiştir. Şekil

15'te sunulan otonom PPTX tabanlı sunum çıktısının, yöneticilerin raporlama süreçlerinde harcayacağı zamanı minimize ederek ciddi bir operasyonel verimlilik sağladığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, oluşturulan mimarinin geleneksel elektronik tabloların hantallığını tamamen ortadan kaldırdığını ispatlamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) literatüründe sıklıkla kullanılan ancak çoğunlukla statik elektronik tablolara hapsolan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi; endüstriyel kısıtları otonom olarak yönetebilen web tabanlı, dinamik VDAHP sistemine dönüştürülmüştür. İstemci-tarafli web teknolojileri (HTML, CSS, JavaScript) kullanılarak geliştirilen VDAHP'nin sunucu bağımsız mimarisi, karar vericilerin herhangi bir altyapı kurulumuna ihtiyaç duymadan karmaşık matris hesaplamalarını interaktif bir arayüz üzerinden anlık olarak yapabilmesine olanak tanımıştır.

Geliştirilen sistemin matematiksel ve algoritmik doğrulaması yapıldığında, VDAHP'nin literatüre sunduğu en büyük özgün değer açıkça görülmüştür: Geleneksel AHP'nin ve Excel tablolarının "telafi edilebilir" yapısındaki endüstriyel zafiyet, algoritmik bir kurgu ile ortadan kaldırılmıştır. VDAHP motoru, JS hesaplamaları ile MS Excel'in sonuçlarını 0,001 hassasiyetle birebir doğrulamakla kalmamış; aynı zamanda esnetilemez bir mantıksal karar döngüsü olan VDA 6.3 kalite bariyerini başarıyla işleterek, çok ucuz fiyat veren ancak kalite puanı 80'in altında olan adayı Excel'in aksine otonom olarak diskalifiye etmiştir.

Bunun yanı sıra "Akıllı Kontrol Listesi" ile kişisel inisiyatifler sistemsel doğrulamaya dönüştürülmüş, kapasite optimizasyonu ile süreç tek boyutlu bir sıralamadan çıkıp uçtan uca bir satın alma planlama aracına dönüştürülmüş ve Revizyon Logları ile karar şeffaflığı teminat altına alınmıştır.

Proaktif yaklaşımla oluşturulan PPTX tabanlı bir sunum çıktısının saniyeler içinde oluşturulması, sunum yapacak kullanıcının, sunum hazırlama zamanında tasarruf yapılmasına olanak sağlamıştır.

Araştırmanın temel kısıtı, tedarikçilere ait güncel kapasite, fiyat ve kalite verilerinin yazılım arayüzüne karar vericiler tarafından manuel olarak girilmesidir. Karar süreçlerinin sezgisel bir işlem olmaktan çıkıp tam otonom kurumsal hafızaya dönüşebilmesi için, gelecekteki çalışmalarda bu yazılımın API'ler aracılığıyla işletmelerin ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) sistemleriyle doğrudan entegre çalışacak şekilde geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sırasındaki insan doğasından kaynaklı sübjektif yargılarını daha hassas bir şekilde modelleyebilmek adına, sisteme Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

algoritmalarının entegre edilmesi bir sonraki akademik çalışma alanı olarak öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Bhutta, K. S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(3), 126-135.
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469-486.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24.
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems: Concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group.
- Saaty, T. L. (1990). *Multicriteria decision making: the analytic hierarchy process* (2nd ed.). RWS Publications.
- Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T. P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.
- VDA (Verband der Automobilindustrie). (2016). *VDA 6.3: Process Audit*. Berlin: VDA QMC.

TEŞEKKÜR ve BEYANLAR / ACKNOWLEDGEMENT and DECLARATIONS

"Bu çalışmada 1. Yazar kavramsallaştırma, metodoloji, yazılım geliştirme, veri toplama, orijinal taslak yazılım konusunda katkıda bulunmuştur. 2. Yazar; danışmanlık, denetim, eleştirisel inceleme ve düzenleme konusunda katkı sağlamıştır."

"Yazarlar olarak Angst+Pfister Gelişmiş Teknik Çözümler A.Ş. çalışanlarına desteklerinden dolayı teşekkür ederiz."

"Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır."

Not: Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Sibkat Kaçtıoğlu danışmanlığında, Serdar Özdemir tarafından yürütülmekte olan, "Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karar Destek Sistemi Tasarımı ve Kauçuk Sektöründe Bir Uygulama" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.