

## E-TİCARET YÖNETİMİNDE KULLANILAN DAĞITIM ARAÇLARININ BÜTÜNLEŞİK CRITIC VE EDAS YÖNTEMİ İLE SEÇİLMESİ

Alparslan OĞUZ<sup>1</sup>

### Öz

E-ticaret hacmi son yıllarda ciddi artış göstermiştir. Müşterilerin e-ticaret platformları üzerinden aldığı ürünlerin ulaştırılması işletmeler için kritik süreçlerden biridir. Bu sürecin önemli bileşenlerinden biri de kent içi dağıtımda kullanılan araçlardır. Çalışmanın amacı, çok kriterli karar verme yöntemleri ile işletmeler için kent içi dağıtım aracı seçiminin analiz edilmesidir. Bu bağlamda kent içi dağıtımda yaygın olarak kullanılan dokuz scooter model çalışmaya dahil edilmiştir. Alternatif modellerin değerlendirilmesinde sekiz objektif kriter kullanılmıştır. Kullanılan kriterlere ait ağırlıklar CRITIC yöntemi ile belirlenmiştir. Alternatifler arasında sıralama ise EDAS yöntemi ile yapılmıştır. Analizler sonucu en yüksek öneme sahip kriterin servis ücreti olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya dokuz model katılmış ve alternatifler arasında A4 modeli ilk sırayı almıştır.

**Anahtar Kelimeler:** E-ticaret, CRITIC, EDAS, Çok Kriterli Karar Verme, Dağıtım Aracı Seçimi

**JEL Kodları:** M10, C44, L81

## SELECTION OF DISTRIBUTION VEHICLES USED IN E-COMMERCE MANAGEMENT BY INTEGRATED CRITIC AND EDAS METHOD

### Abstract

E-commerce volume has increased significantly in recent years. The delivery of products purchased by customers through e-commerce platforms is one of the critical processes for businesses. One of the important components of this process is the vehicles used in urban distribution. The aim of the study is to analyze the selection of urban distribution vehicles for businesses with multi-criteria decision-making methods. In this context, nine scooter models commonly used in urban distribution were included in the study. Eight objective criteria were used to evaluate alternative models. The weights of the criteria used were determined by the CRITIC method. The ranking among the alternatives was made using the EDAS method. As a result of the analysis, it was determined that the most important criterion is the service fee. Nine models participated in the study and the A4 model took the first place among the alternatives.

**Keywords:** E-commerce, CRITIC, EDAS, Multi-criteria Decision Making, Distribution Vehicle Selection

**JEL Codes:** M10, C44, L81

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Kemah Meslek Yüksekokulu, [aoguz@erzincan.edu.tr](mailto:aoguz@erzincan.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0003-1920-5674>

## GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun çoğunluğu kentlerde yaşamaktadır. Kentlerde yaşayan insanlara ürün ve hizmetlerin ulaştırılması işletmeler için kritik süreçlerden biridir. Bu bağlamda işletmeler, müşterilerine daha kısa sürede ulaşabilmek, rekabet avantajı elde etmek ve hizmet kalitelerini artırabilmek için karmaşık lojistik ağlarına dahil olmaktadır. Kent içi lojistiğin son yıllarda artan yoğunluğu ve karmaşıklığının temel nedenlerinden birinin gelişen e-ticaret pazarı olduğu ifade edilebilir. E-ticaret, müşterilerin çevrimiçi alışveriş yapmasını sağlayan platformlardır. İnternetin yaygınlaşması ile internet siteleri ve mobil uygulamalar e-ticaretin yoğun olarak kullanıldığı platformlar olmuştur. E-ticaretin önemli özelliklerinden biri de ülkeler arası sınırları ortadan kaldırarak uzak mesafelerle alışveriş imkânı sağlamasıdır. Bu ve benzeri nedenler ile e-ticaret hacmi dünyada çok büyük rakamlara ulaşmıştır.

Dünya genelinde perakende e-ticaret pazarı 2014 yılında 1,33 milyar dolar iken 2021 yılı sonu itibariyle bu rakam 5,21 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Bu rakamın önümüzdeki yıllarda yüzde 56 oranında artarak 2026 yılına kadar yaklaşık 8,1 trilyon ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Çinli perakende grubu Alibaba, 2022'de 700 milyar ABD dolarını aşan çevrimiçi satışları ile dünyanın en büyük e-ticaret perakendecisi durumundadır. Ancak, Seattle merkezli e-ticaret devi Amazon, 2027 yılında çevrimiçi satışlarda 1,2 trilyon ABD dolarını aşarak satışlarda Alibaba'yı geride bırakacağı tahmin edilmektedir (Statista, 2022). Türkiye'de 2021 yılında e-ticaret hacmi 381,5 milyar Türk lirası olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu hacim 484 bin e-ticaret işletmesi tarafından 3 milyar 347 milyon sipariş ile sağlanmıştır. İstanbul, 194 bin ile e-ticaret işletmelerinin yüzde 40'na sahiptir (Eticaret, 2022).

Türkiye'de e-ticaret şirketlerinin doksanlı yılların sonuna doğru faaliyete başladığı görülmektedir. Bu konuda Migros (1997), Hepsiburada (1998) ve Sahibinden (1998) ilk kurulan firmalardır. E-ticaret firmaları günümüzde çok yüksek sipariş sayılarına ulaşmıştır. 2021 yılı itibariyle Trendyol günlük 1,5 milyon paket satışı ile pazar lideri konumundadır. Hepsiburada firması ise aynı yıl 53,5 milyon adet sipariş ile pazarda güçlü konumdadır. Her iki firma ürün tesliminde kendi dağıtım firmalarını kullanmaktadır. Hepsijet firması 2150 kurye ile Hepsiburada siparişlerinin yaklaşık yüzde ellisinin dağıtımını yapmaktadır. Çevrimiçi yemek siparişi sitesi Yemeksepeti, günlük ortalama 600 bin sipariş almaktadır. Getir firması ise günlük 1,2 milyon sipariş adedini yakalamıştır. Türkiye genelinde ise 2021 e-ticaret sipariş adedi 3,47 milyar olarak gerçekleşmiştir (Eticaret, 2022).

Gerçekleşen sipariş adedi ve ticaret hacmi dikkate alındığında işletmeler için kent içi teslimat faaliyetlerinin çok önemli bir konu haline geldiği görülmektedir. Bu bağlamda e-ticaret yönetiminde kullanılan dağıtım araçlarının seçimi de konunun önemli bir parçasını oluşturmaktadır. İşletmeler kent içi teslimatlarında kurye firmaları ile çalışmakla birlikte kendi araçlarını da kullanmaktadır. Bu araçlar arasında

yer alan motosikletlerin ekonomik ve pratik olması yönüyle son yıllarda kullanımı artmıştır. Motosikletler aynı zamanda diğer fosil yakıtlı araçlara göre daha az karbon salınımına sahiptir. Bu yönü ile tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliğine de katkı sağlamaktadır. Türkiye’de yaklaşık 100 bin motosikletli kurye olduğu tahmin edilmektedir. İstanbul’da ise, 722 motosikletli kurye şirketi bulunmakta ve yaklaşık 30 bin kurye elemanı çalışmaktadır (Motkurder, 2022). Bu durum işletmeler ve kurye firmaları için en uygun dağıtım aracının belirlenmesi gereğini ortaya koymaktadır. Belirtilen hususlar dikkate alınarak çalışmanın amacı işletmeler için en uygun e-ticaret dağıtım aracının çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile belirlenmesidir. Çalışmanın dağıtım aracı seçim problemlerinin çözümü ve kullanılan yöntem açısından literatüre katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Çalışmada, belirlenen alternatifler için ÇKKV yöntemleri ile sıralama yapılmıştır. ÇKKV, sınırlı ya da sonsuz sayıda seçeneğin olduğu problemlerin değerlendirilmesini sağlayan bir araştırma metodolojisidir. Dolayısıyla, alternatifler arasından optimum seçeneğin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmada, alternatifler CRITIC ve EDAS yöntemleri ile sıralanmıştır. CRITIC ile objektif kriter ağırlıkları belirlenmiştir. EDAS yöntemi ile kriter ağırlıkları kullanılarak alternatiflere ilişkin sıralama sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde CRITIC ve EDAS yöntemlerine ait literatür özeti sunulmuştur. İkinci aşamada, analizlerde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde karar matrisi oluşturulmuş ve bu matrise ait bulgular aktarılmıştır. Son bölümde ise bulgular tartışılmış, kısıt ve öneriler sunulmuştur.

## LİTERATÜR

İlgili literatür incelendiğinde CRITIC ve EDAS yöntemlerinin birçok alanda kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler ve farklı ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanıldığı çalışmalara ait literatür Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1:** CRITIC ve EDAS yöntemlerine ait çalışmalar

Yazar/lar (Yıl)	Yöntem	Konu
Akçakanat, Aksoy ve Teker (2018)	CRITIC MDL ve EDAS	Banka performansının değerlendirilmesi
Chatterjee, Banerjee, Mondal, Boral ve Chakraborty (2018)	DOE ve EDAS	Malzeme seçimi
Ghorabae, Amiri, Zavadskas ve Antucheviciene (2018)	FSWARA FCRITIC ve FEDAS	İnşaat ekipmanı seçimi

Yazar/lar (Yıl)	Yöntem	Konu
Ighravwe ve Babatunde (2018)	CRITIC ve TOPSIS	Gelişmekte olan ülkeler için bir mini şebeke iş modeli seçimi
Özbek ve Engür (2018)	EDAS	Lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi
Ulutaş (2018)	ENTROPI ve EDAS	Lojistik firmalarının performans analizi
Akbulut (2019)	CRITIC ve EDAS	Banka performansının değerlendirilmesi
Akın (2019)	CRITIC ve ROV	Makine seçimi
Gök Kısa ve Ayçin (2019)	SWARA ve EDAS	OECD ülkelerinin lojistik performanslarının değerlendirilmesi
Kundakçı (2019)	MACBETH ve EDAS	Buhar kazanı alternatiflerinin değerlendirilmesi
Tuş ve Adalı (2019)	CRITIC ve WASPAS	Yazılım seçimi
Zavadskas, Stević, Turskis ve Tomašević (2019)	CRITIC EDAS-M, WASPAS, TOPSIS ve MABAC	Otonom araçların değerlendirilmesi
Kıracı ve Bakır (2020)	CRITIC ve CODAS	Havayolu firmalarının performansının karşılaştırılması
Koşaroğlu (2020)	SD ve EDAS	Banka performansı
Li ve Wang (2020)	FUZZY CRITIC ve EDAS	Kablosuz algılayıcı ağların hizmet kalitesinin değerlendirilmesi
Anilkumar, Maniyeri ve Anish (2021)	AHP, ENTROPI, CRITIC, TOPSIS, EDAS ve MOORA	Malzeme seçimi
Bayram (2021)	CRITIC ve EDAS	Katılım bankalarının performansının değerlendirilmesi
Bošković, Radonjić-Djogatović, Ralević, Dobrodolac ve Jovčić (2021)	CRITIC-ARAS	Mobil ağ operatörünün seçimi
Gök Kısa (2021)	CRITIC ve GIA	Yenilenebilir enerji kaynaklarının performansının değerlendirilmesi
Görçün (2021)	CRITIC ve EDAS	Kent içi ulaşım aracı seçimi
Karakış (2021)	CRITIC ve MAUT	Makine seçimi
Naik vd. (2021)	CRITIC ve EDAS	İnşaat müteahhitlerinin ön yeterliliklerinin değerlendirilmesi
Jovčić ve Průša (2021)	CRITIC ve ARAS	Üçüncü parti lojistik sağlayıcı seçimi

Yazar/lar (Yıl)	Yöntem	Konu
Zandi ve Pahlavani (2021)	ANP, CRITIC, EDAS ve VIKOR	Hastane yeri seçimi
Babatunde, Denwigwe, Oyebode, Ighravwe, Ohiaeri ve Babatunde vd. (2022)	CRITIC ve EDAS	Hibrit yenilenebilir enerji sisteminin değerlendirilmesi
Mishra, Rani ve Pandey (2022)	FUZZY CRITIC ve EDAS	Sürdürülebilir üçüncü parti tersine lojistik sağlayıcıların değerlendirilmesi
Wang, Wei, Lu, Wu, Wei ve Chen (2022)	CRITIC ve PULPIS	Hastane yer seçimi

Tablo 1’de belirtildiği üzere ÇKKV yöntemlerinden CRITIC ve EDAS birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte dağıtım araçlarının seçimine dair ÇKKV uygulamaları literatürde kısıtlıdır. Konuya ilişkin Bilgin (2018), benzinli ve elektrikli motosiklet modellerini VIKOR yöntemi karşılaştırarak motosiklet tasarımı üzerine bulgular elde etmiştir. Özdağoğlu, Keleş, Altınata ve Ulutaş (2021) kişisel kullanıma uygun motosiklet seçiminde farklı ÇKKV yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Hayat, Hayat, Aslam ve Awan (2022) Pakistan’da motosiklet tedarikçilerini AHP yöntemini kullanarak buldukları bölgelere göre karşılaştırmıştır.

Dağıtım araçları içerisinde motosiklet, teslimatın hızlı olması, kent içi ulaşımda trafiği rahatlatma, müşteri memnuniyeti, ekonomik ve pratik olması gibi nedenler ile tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra motosikletlerin dağıtım aracı olarak kullanılmasının daha düşük karbon salınımı ile sürdürülebilir tedarik zincirlerine katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Kent içi dağıtım araçlarından 1400 cc altı hacimli benzinli araç için kilometre başına karbon salınımı ortalama 146,2 gramdır. 1700 cc altı dizel araçlar için ise 139,89 gram/km’dir. Karbon salınımı 125 cc altı motosikletler için ise bir kilometrede ortalama 83,06 gramdır (Carbonfootprint, 2022). Bu yönüyle kent içi dağıtımda kullanılan motosikletler iklim değişikliği, karbon salınımı, hava ve ses kirliliği gibi konularda da olumlu etkiler sağlayabilir. Belirtilen faydalar doğrultusunda kent içi dağıtım aracı seçiminin işletmeler için önemli bir karar verme problemi olduğu ifade edilebilir.

Çalışmada, kullanılan CRITIC-EDAS yöntemlerinin önceki dağıtım aracı seçimi çalışmalarda kullanılmaması yönüyle literatüre katkı sağlayacağı ifade edilebilir. CRITIC yöntemi, kriterler arasında korelasyon ve kriterlerin standart sapmasını dikkate alarak ağırlıkları belirlemektedir. Bu yöntem kriter ağırlıklarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan objektif bir yöntemdir. Çalışmada e-ticaret firmaları arasında tek bir sektöre odaklanılmamış olup genel bir araştırma yapılmıştır. Bu nedenle tek bir sektörü içeren öznel yargılar çalışmaya dahil edilmeyerek nesnel yargıları değerlendiren CRITIC yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralanmasında EDAS yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ortalama çözüm

uzaklığına göre hesaplamalar ile alternatifler arasında değerlendirme yapmaktadır. EDAS yöntemi, VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinde yapılan ideal ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklar yerine doğrudan ortalama çözüme olan uzaklığı dikkat aldığı için işlem süresi daha kısadır. ELECTRE ve PROMETHEE gibi yöntemlerde alternatif sayısının artmasına bağlı analizlerin çözüm sürelerinde uzamalar olabilmektedir. EDAS yöntemi ise analiz süresi alternatif sayısına bağlı artmamaktadır (Ulutaş, 2018, s. 63). Çalışmada EDAS yönteminin tercih edilmesinde kullanım kolaylığının vurgulanması hedeflenmiştir. Buna ek olarak yöntemin daha önce dağıtım aracı seçiminde kullanılmaması literatürdeki eksikliğe katkı sağlayacaktır.

## YÖNTEM

### CRITIC Yöntemi

Karar verme sürecinde, kriterlerin önem düzeyi sonuçların belirlenmesinde etkilidir. Kriter önemlerinin belirlenmesinde uzman görüşünü temel alan yaklaşımlar çoğunlukta olmakla birlikte objektif değerlendirme yöntemleri de bulunmaktadır. Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis (1995) tarafından geliştirilen CRITIC yöntemi kriter ağırlıklarını objektif olarak hesaplarken karar matrisini kullanır. CRITIC yöntemine ait aşamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bošković vd., 2021; Gök Kısa, 2021):

1. Aşama: İlk aşamada, kriter tipi dikkate alınarak eşitlik (1) aracılığıyla normalleştirme işlemi yapılır.

$$x_{ij}^T = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & \text{Fayda yönlü} \\ \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}}, & \text{Maliyet yönlü} \end{cases} \quad (1)$$

2. Aşama: Her bir kriterin standart sapması  $\delta_j$ , karşılık gelen vektör kullanılarak hesaplanır.

3. Aşama: Bu aşamada,  $r_{jk}$  elemanları ile bir  $m \times n$  boyutlu R matrisi oluşturulur. Bu matrisin elemanları,  $x_j$  ve  $x_k$  vektörleri arasındaki doğrusal korelasyon katsayısıdır.

$$R = [r_{jk}]_{m \times n} \quad (2)$$

4. Aşama: Her bir kriterin bilgi ölçüsü, eşitlik (3) uygulanarak hesaplanır. Formülde yer alan  $\delta_j$  değeri  $j$ . değerinin standart sapmasını ifade eder.

$$c_j = \delta_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (3)$$



5. Aşama: Bu aşama son adımdır ve burada eşitlik (4) uygulanarak kriter ağırlıkları hesaplanır:

$$W_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^m (c_k)} \quad (4)$$

## EDAS Yöntemi

EDAS yöntemi, Ghorabae vd., (2018) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, yedi temel aşamada çözüm gerçekleşir.

1. Aşama: Karar Matrislerinin oluşturulması: İlk aşamada alternatifler ve bunlara ait kriter değerlerini içeren karar matrisi oluşturulur.

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

2. Aşama: Ortalama çözümün belirlenmesi: her kriter için ortalama değeri eşitlik (6) kullanılarak hesaplanır.

$$AV_j = [AV_j]_{1 \times m} \quad (6)$$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (7)$$

3. Aşama: Ortalamadan Uzaklık Matrislerinin Elde Edilmesi: Bu aşamada, her bir kriter için ortalamadan pozitif ve negatif uzaklık matrisleri elde edilir. Oluşturulan matrislerdeki kriterler fayda ( $PDA_{ij}$ ) ya da maliyet ( $NDA_{ij}$ ) yönüne göre farklı formüller ile hesaplanır.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (8)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (9)$$

Fayda yönlü kriterler için eşitlik 10 ve 11 uygulanır.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (10)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (11)$$

Kriterin maliyet yönlü olması durumunda ise eşitlik 12 ve 13 uygulanır.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (12)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (13)$$

4. Aşama: Ağırlıklı Toplam Değerlerin Elde Edilmesi: Alternatifler için ağırlıklandırılmış toplam pozitif değer ve negatif değer eşitlik 14 ve 15 ile belirlenir. CRITIC yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları EDAS yöntemine bu aşamada dahil edilir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^m w_j \times PDA_{ij} \quad (14)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m w_j \times PDNA_{ij} \quad (15)$$

5. Aşama: Ağırlıklı Toplam Değerlerin Normalizasyonu: Tüm alternatifler için  $SP_i$  ve  $SN_i$  değerleri eşitlik 16 ve 17 ile normalleştirilir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)} \quad (16)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max(SN_i)} \quad (17)$$

6. Aşama: Değerlendirme Skorlarının Hesaplanması: Tüm alternatifler için değerlendirme puanı ( $AS_i$ ) eşitlik 18 ile hesaplanır.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad (18)$$

7. Aşama: Alternatiflerin sıralanması: Değerleme puanının azalan değerlerine göre alternatifler sıralanır. Burada,  $AS_i$  değeri en yüksek olan alternatiftir en iyi seçimdir.



## UYGULAMA

Türkiye’de 2021 yılında yaklaşık 256 bin motosiklet satılmıştır. Bu motosikletlerin yüzde 32’si 101-125 cc aralığındadır (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022). Kent içi dağıtım yapan firmalar ve sektör çalışanları ile yapılan görüşmelerde hali hazırda kullanılan motosiklet modelleri arasında ağırlıklı olarak 101-125 cc scooter modellerinin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada scooter modelleri arasında en iyi alternatifin seçilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca bağlı olarak en iyi alternatifin belirlenmesinde kullanılacak kriterler için literatüre ek olarak kurye firmaları, motosiklet firmaları, e-ticaret firmaları ve servis hizmeti yapan işletmelerin ilgili yöneticilerinden uzman görüşü alınmıştır.

Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri ve bu kriterlere ait açıklamalar Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu kriterlerden beş tanesi fayda yönlü iken (K1-K5) üç tanesi (K6-K8) ise maliyet yönlüdür.

**Tablo 2:** Değerlendirme kriterleri ve açıklamaları

Kod	Kriter	Açıklama	Hedef*
K1	Motor Hacmi	Motor bloğunun hacmi cc (santimetre küp) değeri	Mak
K2	Motor gücü	Motor bloğunun kw (kilowatt) değeri	Mak
K3	Tork	Motor bloğunun tork gücünün nm (newtonmetre) değeri	Mak
K4	Servis ağı	Örnekleme içinde yer alan yetkili servis sayısı	Mak
K5	Yakıt tankı kapasitesi	Yakıt tankının litre değeri	Mak
K6	Satış fiyatı	Firmanın internet sitesinde yer alan Türk Lirası satış fiyatı	Min
K7	Yakıt tüketimi	Yüz kilometre için en düşük yakıt verisi	Min
K8	Servis bakım ücreti	Yetkili serviste yapılan periyodik bakımların Türk Lirası değeri	Min

\*Mak=Maksimum (Fayda), Min=Minimum (Maliyet)

Türkiye’de yaygın kullanılan ve hali hazırda satışı devam dokuz motosiklet firmasının (A1...A9) scooter modeli çalışmaya dahil edilmiştir. Firmaların satış hacminin yüksek olması, yetkili satış ve servis ağının dengeli dağılım göstermesi nedeniyle çalışma yalnız İstanbul ili ile sınırlı tutulmuştur. Çalışmaya dahil edilen alternatifler ve bunlara ait kriter değerleri Tablo 3’te gösterilmiştir.

**Tablo 3:** Alternatiflere ait kriter değerleri

Kriter	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
<b>K1</b>	109	125	125	100	109,7	124	125	124	110
<b>K2</b>	6,4	6	6,2	4,5	5,8	6,3	7,5	6,8	6
<b>K3</b>	9	8,4	9,8	6,5	8	8,14	10,3	9,8	8,3
<b>K4</b>	10	20	6	20	17	22	18	12	5
<b>K5</b>	4,9	6,5	5,5	5	4	5,5	8	6,5	5,5
<b>K6</b>	40800	25250	47750	21343	36650	25005	41990	31125	36391
<b>K7</b>	1,7	2,1	1,8	2,2	2,2	2	2,1	2,3	2,12
<b>K8</b>	160	180	305	125	170	140	250	250	150

**CRITIC Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Uygulamanın ilk aşamasında, belirlenen kriterlerin ağırlıkları CRITIC yöntemi ile belirlenecektir. Çalışmaya konu olan alternatifler ve bunlara ait kriterlerin bilgilerini içeren karar matrisi Tablo 4'teki gibi oluşturulmuştur.

**Tablo 4:** Karar matrisi

Alternatif	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
<b>A1</b>	109	6,4	9	10	4,9	40800	1,7	160
<b>A2</b>	125	6	8,4	20	6,5	25250	2,1	180
<b>A3</b>	125	6,2	9,8	6	5,5	47750	1,8	305
<b>A4</b>	100	4,5	6,5	20	5	21343	2,2	125
<b>A5</b>	109,7	5,8	8	17	4	36650	2,2	170
<b>A6</b>	124	6,3	8,14	22	5,5	25005	2	140
<b>A7</b>	125	7,5	10,3	18	8	41990	2,1	250
<b>A8</b>	124	6,8	9,8	12	6,5	31125	2,3	250
<b>A9</b>	110	6	8,3	5	5,5	36391	2,12	150

Karar matrisinde yer alan kriterler eşitlik (1) le fayda ve maliyet yönü dikkate alınarak normalize edilmiştir. Normalize değerleri içeren matris Tablo 5'te gösterilmiştir

**Tablo 5:** Normalize karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	mak	mak	mak	mak	mak	min	min	min
A1	0,360	0,633	0,658	0,294	0,225	0,263	1,000	0,806
A2	1,000	0,500	0,500	0,882	0,625	0,852	0,333	0,694
A3	1,000	0,567	0,868	0,059	0,375	0,000	0,833	0,000
A4	0,000	0,000	0,000	0,882	0,250	1,000	0,167	1,000
A5	0,388	0,433	0,395	0,706	0,000	0,420	0,167	0,750
A6	0,960	0,600	0,432	1,000	0,375	0,861	0,500	0,917
A7	1,000	1,000	1,000	0,765	1,000	0,218	0,333	0,306
A8	0,960	0,767	0,868	0,412	0,625	0,630	0,000	0,306
A9	0,400	0,500	0,474	0,000	0,375	0,430	0,300	0,861

Tablo 6’da eşitlik (2) ile hesaplanan kriterler arası korelasyon katsayı değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 6:** Korelasyon matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,000	0,726	0,729	0,060	0,666	-0,211	0,075	-0,668
K2	0,726	1,000	0,912	-0,162	0,675	-0,535	0,156	-0,586
K3	0,729	0,913	1,000	-0,568	0,624	-0,733	0,248	-0,844
K4	0,060	-0,162	-0,398	1,000	0,137	0,690	-0,371	0,397
K5	0,666	0,675	0,626	0,137	1,000	-0,079	-0,177	-0,487
K6	-0,211	-0,535	-0,711	0,690	-0,079	1,000	-0,535	0,661
K7	0,075	0,156	0,260	-0,371	-0,177	-0,535	1,000	-0,146
K8	-0,668	-0,586	-0,842	0,397	-0,487	0,661	-0,146	1,000

Korelasyon katsayıları ve standart sapma değerleri dikkate alınarak her bir kritere ait ağırlık eşitlik (3) ve (4) ile hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 7’de gösterilmiştir.

**Tablo 7:** Kriterlere ilişkin ağırlıklar

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
<b>c<sub>j</sub></b>	2,171	1,565	1,979	2,553	1,632	2,618	2,520	2,956
<b>w<sub>j</sub></b>	0,121	0,087	0,110	0,142	0,091	0,146	0,140	0,164

Tablo 6 incelendiğinde en büyük ağırlığa ( $w_j$ ) sahip kriter K8 iken onu sırasıyla K6 ve K4 kriterleri izlemiştir. En az ağırlığa sahip kriter ise K2 olarak belirlenmiştir.

### EDAS Yöntemi ile Sıralamanın Yapılması

CRITIC yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra EDAS yöntemiyle alternatiflerin sıralaması yapılacaktır. Karar matrisinde bulunan kriterlerin ortalama çözüm değerleri eşitlik (6) ile hesaplanmış ve Tablo 8’de gösterilmiştir.

**Tablo 8:** Kriter ve ortalama çözüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
<b>AV<sub>j</sub></b>	116,856	6,167	8,693	14,444	5,711	34033,778	2,058	192,222

Kriterlere ait ortalama çözüm değerlerinin belirlenmesinden sonra ortalamadan pozitif ve negatif uzaklık matrisleri eşitlik 8 ve 9 ile oluşturulmuştur. Tablo 9 ortalamadan pozitif Tablo 10 ise ortalamadan negatif uzaklık matrislerine aittir.

**Tablo 9:** Ortalamadan pozitif uzaklık matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
<b>A1</b>	0,000	0,038	0,035	0,000	0,000	0,000	0,174	0,168
<b>A2</b>	0,070	0,000	0,000	0,385	0,138	0,258	0,000	0,064
<b>A3</b>	0,070	0,005	0,127	0,000	0,000	0,000	0,125	0,000
<b>A4</b>	0,000	0,000	0,000	0,385	0,000	0,373	0,000	0,350
<b>A5</b>	0,000	0,000	0,000	0,177	0,000	0,000	0,000	0,116
<b>A6</b>	0,061	0,022	0,000	0,523	0,000	0,265	0,028	0,272
<b>A7</b>	0,070	0,216	0,185	0,246	0,401	0,000	0,000	0,000
<b>A8</b>	0,061	0,103	0,127	0,000	0,138	0,085	0,000	0,000
<b>A9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,220

**Tablo 10:** Ortalamadan negatif uzaklık matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,067	0,000	0,000	0,308	0,142	0,199	0,000	0,000
A2	0,000	0,027	0,034	0,000	0,000	12269,518	0,021	0,000
A3	0,000	0,000	0,000	0,585	0,037	23203,644	0,000	0,587
A4	0,144	0,270	0,252	0,000	0,125	10370,868	0,069	0,000
A5	0,061	0,059	0,080	0,000	0,300	17809,475	0,069	0,000
A6	0,000	0,000	0,064	0,000	0,037	12150,458	0,000	0,000
A7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20404,508	0,021	0,301
A8	0,000	0,000	0,000	0,169	0,000	15124,540	0,118	0,301
A9	0,059	0,027	0,045	0,654	0,037	17683,611	0,030	0,000

Ortalamadan uzaklık matrisleri oluşturulduktan sonra ağırlıklandırılmış toplam pozitif (spi) eşitlik (14) ve negatif (npi) eşitlik (15) ile elde edilir. Sonraki aşamada ise ağırlıklı normalize pozitif (nspi) eşitlik (16) ve negatif (nsn) eşitlik (17) yardımıyla hesaplanır. Son olarak değerlendirme skorları (ASİ) eşitlik (18) bulunur. Yapılan CRITIC ve EDAS analizleri sonuçları ve alternatiflerin sıralama sonuçları Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo 11:** Alternatiflere ait değerler ve sıralama

Alternatifler	SPI	SNİ	NSPI	NSNİ	ASİ	RANK
A1	0,059	0,094	0,346	1,000	0,673	3
A2	0,124	1791,359	0,725	0,471	0,598	4
A3	0,040	3387,915	0,237	0,000	0,118	9
A4	0,166	1514,236	0,974	0,553	0,764	1
A5	0,044	2600,242	0,258	0,232	0,245	7
A6	0,171	1773,977	1,000	0,476	0,738	2
A7	0,119	2979,110	0,697	0,121	0,409	5
A8	0,055	2208,273	0,324	0,348	0,336	6
A9	0,036	2581,922	0,211	0,238	0,224	8

Tablo 11’e göre alternatifler A4>A6>A1>A2>A7>A8>A5>A9>A3 biçiminde sıralanmıştır. Buna göre en iyi alternatif A4 iken en kötü alternatif A3 olarak belirlenmiştir.

## SONUÇ

İşletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için uyum sağlaması gereken şartlar sürekli değişmektedir. Son yıllarda dijital teknolojilerin etkilerine ek olarak küresel çaplı pandemi (Covid 19), işletmeleri müşteriye ulaşabilme adına farklı hizmetler sunmaya zorlamaktadır. Mobil uygulamalar, sanal marketler ve firma internet siteleri yoluyla müşteriler artık ürünleri adreslerine isteyebilmektedir. Bu durum, işletmelerin kent içi dağıtımda kendi araç filosunu oluşturmasına ya da kurye firmaları ile çalışmasına neden olmuştur. Ulaşım araçları arasında ekonomik ve pratik olması yönüyle motosiklet kent içi teslimatlarda önemli bir rol üstlenmektedir. Motosikletler daha az trafik yoğunluğuna neden olması, büyük park alanına ihtiyaç duymaması, yakıt giderinin az olması ve diğer fosil yakıtlı araçlara göre çevreci olması nedeniyle kent içi dağıtımda kritik rodedir. Bu nedenle çalışmada, işletmeler için motosiklet seçiminde CRITIC ve EDAS yöntemleri ile bütünleşik bir model önerilmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak işletmelerin motosiklet seçimine ait kriterler belirlenmiştir. Belirlenen sekiz kritere ait ağırlıklar CRITIC yöntemi ile analiz edilmiştir. Analizler sonucu servis ücreti (0,164) en yüksek öneme sahip kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriteri sırasıyla satış fiyatı (0,146), servis ağı (0,142), yakıt tüketimi (0,140), motor hacmi (0,121) ve motor torku (0,110) takip etmektedir. Yakıt tank kapasitesi (0,091) ve motor gücü (0,087) ise en düşük öneme sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Servis ücretinin en önemli kriter olarak belirlenmesinde ücretler arasındaki ciddi farklılıkların etkisi olabilir. Satış fiyatı ise beklentilere uygun olarak önem derecesi yüksek olarak belirlenmiştir. Bir başka önemli olması beklenen kriter yakıt tüketimidir. Subjektif değerlendirmelerde bu kriterin daha yüksek çıkması muhtemeldir. Kriter önem dereceleri belirlendikten sonra ikinci aşamada EDAS yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Bu sıralamaya göre en yüksek değeri (0,764) alan A4 markasına ait model ilk sırayı almıştır. Sıralamanın devamında A6 ikinci, A1 üçüncü, A2 ise dördüncü en iyi alternatif olarak sıralanmıştır. A3 ise en düşük puan (0,118) ile alternatifler arasında son sırayı almıştır.

Çalışmanın farklı yönleri ile literatüre katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Çalışma, e-ticaret üzerinden yapılan siparişlerin kent içi dağıtımında kullanılan araçların seçimine odaklanması yönüyle özgündür. Alternatiflere ait kriterler objektif değerlendirme yöntemi olan CRITIC ile yapılmıştır. Alternatiflerin sıralama sonuçları ise EDAS yöntemi ile belirlenmiştir. Bu iki yöntemin araç seçim problemlerinde bütünleşik kullanımı yönüyle mevcut ÇKKV literatürüne katkı sağlayabileceği ifade edilebilir. Çalışma bulguları, dağıtım aracını satın alan ve satan işletmeler için de kullanılan kriterler ve alternatiflerin birbiri ile rekabeti hususunda önemli bilgiler içermektedir. Son olarak çalışmada dağıtım araçlarına ait ortalama karbon salınımı bilgileri aktarılmış ve motosiklet kullanımının atmosfer ve çevre kirliliği konularında daha faydalı olabileceği önerilmiştir.

Çalışmada, objektif ağırlıklandırma yönteminin kullanılması kriter ağırlıklarının beklenenden farklı sonuçlanmasına neden olabilir. Benzer özelliklere sahip motosikletlerin değerlendirmeye katılması nedeniyle motor gücü ve yakıt tüketimi gibi kriterlerin ağırlığı düşüktür. Subjektif değerlendirmelerde bu kriterin ağırlıklarında farklılıklar olabileceği düşünülmektedir. Çalışmaya yalnızca firmaların paylaştığı objektif kriterler eklenmiştir. Marka imajı, marka deneyimi ve kullanıcı tercihi gibi subjektif kriterler eklenmemiştir. Servis ağıının dengeli olması nedeniyle çalışma İstanbul ili ile sınırlı tutulmuştur.

Çalışmanın kısıtları olmakla birlikte yeni araştırmalara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Yapılacak yeni çalışmalarda AHP, SWARA gibi subjektif yöntemler ya da ENTROPI gibi objektif kriter ağırlıklandırma yöntemleri kullanılabilir. Ağırlıklandırma amacıyla subjektif yöntemlerin tercih edilmesi durumunda belirsizliği önerilen modele dahil edebilen bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. Çalışmada yalnız scooter modellere odaklanılmıştır. Yeni çalışmalarda, diğer motosiklet modelleri de dahil edilebilir. Alternatiflerin sıralanmasında ARAS, TOPSIS ve WASPAS gibi diğer ÇKKV yöntemleri kullanılarak mevcut çalışma bulguları ile karşılaştırılabilir. Son olarak elektrikli ve karbon yakıtlı motosiklet modelleri karşılaştırılarak işletmeler için yeni alternatifler sunulabilir.

#### YAZAR BEYANI / AUTHOR STATEMENT

Araştırmacı(lar) makaleye ortak olarak katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı(lar) herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

#### KAYNAKÇA

- Akbulut, O. Y. (2019). CRITIC ve EDAS yöntemleri ile İş Bankası'nın 2009-2018 yılları arasındaki performansının analizi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 249-263.
- Akçakanat, Ö., Aksoy, E., & Teker, T. (2018). CRITIC ve MDL temelli EDAS yöntemi ile TR-61 bölgesi bankalarının performans değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(32), 1-24.
- Akın, N. G. (2019). Makine seçimi probleminde Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemlerinin karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 62, 20-39.
- Anilkumar, B. C., Maniyeri, R., & Anish, S. (2021). Optimum selection of phase change material for solar box cooker integrated with thermal energy storage unit using multi-criteria decision-making technique. *Journal of Energy Storage*, 40, 1-13.
- Babatunde, O., Denwigwe, I., Oyebo, O., Ighravwe, D., Ohiaeri, A., & Babatunde, D. (2022). Assessing the use of hybrid renewable energy system with battery storage for power generation in a university in Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 4291-4310.

- Bayram, E. (2021). Türkiye’deki katılım bankalarının CRITIC temelli EDAS yöntemiyle performans değerlendirmesi. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 55-72.
- Bilgin, H. Y. (2018). *Yakıt türüne göre motosiklet seçimi ve yeni bir tasarım* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bošković, S., Radonjić-Djogatović, V., Ralević, P., Dobrodolac, M., & Jovčić, S. (2021). Selection of mobile network operator using the CRITIC-ARAS method. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 11(1), 17-29.
- Carbonfootprint. (2022). *Motorbike carbon footprint calculator*. <https://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?tab=5> adresinden erişildi.
- Chatterjee, P., Banerjee, A., Mondal, S., Boral, S., & Chakraborty, S. (2018). Development of a hybrid meta-model for material selection using design of experiments and EDAS method. *Engineering Transactions*, 66(2), 187-207.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Eticaret (2022). *Elektronik ticaret bilgi sistemi (ETBİS) 2021 yılı verileri*. E-ticaret Bilgi Platformu web site: <https://www.eticaret.gov.tr/dnnqthgzvawtdxraybsaacxtymawm/content/FileManager/Dosyalar/2021%20Y%C4%B1%C4%B1%20E-Ticaret%20B%C3%BClteni.pdf>
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2018). A new hybrid fuzzy MCDM approach for evaluation of construction equipment with sustainability considerations. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 32-49.
- Gök Kısa, A. C. (2021). TR83 bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının CRITIC tabanlı gri ilişkisel analiz yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(4), 542-548.
- Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2021). Şehirlerarası taşımacılıkta kullanılan otobüslere ilişkin seçimlerin AHP ve CRITIC tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(4), 1280-1303.
- Hayat, Z., Hayat, S., Aslam, S., & Awan, H. M. (2022). Criteria for the selection of suppliers: A case of motorcycle industry of Pakistan. *Journal of Business and Social Review in Emerging Economies*, 8(1), 1-12.
- Ighravwe, D., & Babatunde, M. (2018). Selection of a mini-grid business model for developing countries using CRITIC-TOPSIS with interval type-2 fuzzy sets. *Decision Science Letters*, 7(4), 427-442.
- Jovčić, S., & Průša, P. (2021). A hybrid MCDM approach in third-party logistics (3pl) provider selection. *Mathematics*, 9(21), 1-19.
- Karakış, E. (2021). Machine selection for a textile company with CRITIC and MAUT methods. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 842-848.



- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451.
- Kiracı, K. ve Bakır, M. (2020). Evaluation of airlines performance using an integrated CRITIC and CODAS Methodology: The case of star alliance member airlines. *Studies in Business and Economics*, 15(1), 83-99.
- Kısa, A. C. G., & Ayçin, E. (2019). OECD ülkelerinin lojistik performanslarının SWARA tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 301-325.
- Koşaroğlu, Ş. M. (2020). BİST’TE işlem gören bankaların performanslarının SD ve EDAS yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 406-417.
- Kundakçı, N. (2019). An integrated method using MACBETH and EDAS methods for evaluating steam boiler alternatives. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 26(1-2), 27-34.
- Li, S., & Wang, B. (2020). Research on evaluating algorithms for the service quality of wireless sensor networks based on interval-valued intuitionistic fuzzy EDAS and CRITIC methods. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-12.
- Mishra, A. R., Rani, P., & Pandey, K. (2022). Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS approach for the selection of sustainable third-party reverse logistics providers using improved generalized score function. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(1), 295-311.
- Motkurder. (2022). *Kurye verileri*. <https://motkurder.org.tr/> adresinden erişildi.
- Naik, M. G., Kishore, R., & Dehbourdi, S. A. M. (2021). Modeling a multi-criteria decision support system for prequalification assessment of construction contractors using CRITIC and EDAS models. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4(2), 79-101.
- Özbek, A., & Engür, M. (2018). EDAS yöntemi ile lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21(2), 417-429.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., Altınata, A., & Ulutaş, A. (2021). Combining different MCDM methods with the Copeland method: An investigation on motorcycle selection. *Journal of Process Management and New Technologies*, 9(3-4), 13-27.
- Statista. (2022). *Dünya E-ticaret İstatistikleri*. <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/> adresinden erişildi.
- TUİK. (2022). *Motorlu taşıt istatistikleri*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2022-45704> adresinden erişildi.
- Tuş, A., & Aytaç Adalı, E. (2019). The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. *Opsearch*, 56(2), 528-538.
- Ulutaş, A. (2018). Entropi tabanlı EDAS yöntemi ile lojistik firmalarının performans analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 23, 53-66.



- Wang, S., Wei, G., Lu, J., Wu, J., Wei, C., & Chen, X. (2022). GRP and CRITIC method for probabilistic uncertain linguistic MAGDM and its application to site selection of hospital constructions. *Soft Computing*, 26(1), 237-251.
- Zandi, I., & Pahlavani, P. (2021). Spatial modeling and prioritization of potential areas for determining location of hospitals by a GIS-based multi-criteria decision making analyses: a case study of the 5th district of Tehran. *Town and Country Planning*, 13(1), 247-280.
- Zavadskas, E. K., Stević, Ž., Turskis, Z., & Tomašević, M. (2019). A novel extended EDAS in Minkowski Space (EDAS-M) method for evaluating autonomous vehicles. *Studies in Informatics and Control*, 28(3), 255-264.