

ACIL DURUM HABERLEŞMESİNDE KULLANILAN EL TELSİZİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SEÇİLMESİ

¹Atiye Zeynep KÜTÜKCÜ, ²Tamer EREN

^{1,2}Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KIRIKKALE
¹zeynept83@hotmail.com, ²teren@kku.edu.tr

(Geliş/Received: 08.05.2016; Kabul/Accepted in Revised Form: 26.10.2016)

ÖZ: Türkiye jeolojik yapısı, topografik konumu ve iklim özellikleri bakımından doğal afetlerin yaşanma olasılığının yüksek olduğu bir ülkedir. Olası bir doğal ve insan kaynaklı afet veya arama-kurtarma faaliyeti öncesinde gereken önlemlerin alınması ve afet sonrası yardım faaliyetlerinin yürütülebilmesi için haberleşme sistemlerinin önemi büyüktür. Bu anlamda ilgili birimler arasında kurulacak iletişimin sağlanması için düzgün bir haberleşme altyapısı oluşturmanın gerekliliği açıktır. Bir afet olması durumunda mevcut bulunan birçok sistem devre dışı kalmakta ve haberleşmenin devam etmesi için kullanılacak en ideal çözümlerden biri "Telsiz Haberleşmesi" olmaktadır. Bu nedenle telsiz haberleşmesinin ana bileşeni olan telsizin seçimi ve acil durum haberleşmesinde verimli olarak kullanımı önem kazanmaktadır. Bu çalışmada İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü bünyesinde oluşturulan haberleşme altyapısı kapsamında alınması planlanan el telsizi seçim problemi ele alınmıştır. El telsizi seçim problemi için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHS, AAS, TOPSIS ve ELECTRE kullanılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Acil durum haberleşmesi, El telsizi, Çok ölçütlü karar verme, AHS, AAS, TOPSIS, ELECTRE

Selection of The Hand-Held Radio Transceivers Which is Used for Emergency Communications with Multi Criteria Decision Making Methods

ABSTRACT: Turkey is a country where possibility of experiencing natural disasters is high in terms of geological structure, topographic location and climate characteristics. Before a possible natural and man-made disaster or search and rescue activity, communication systems have great importance in order to be taken necessary precautions and can be carried out post-disaster help activities. In this sense it's clear that necessity of building a proper communication infrastructure in order to be provided communication which is established between relevant units. In the event of a disaster existing most systems be disabled and "Wireless Communication" is one of the most ideal solutions to be used for continuation of communication. Therefore it gain importance that selection of the radio transceiver which is major component of wireless communication and its productive use in emergency communication. In this study, hand-held radio transceivers which are planned to be bought within the scope of communications infrastructure established in Provincial Disaster and Emergency Directorate, selection problem is tackled. Multi-criteria decision making models such as AHP, ANP, TOPSIS and ELECTRE are used for hand-held radio transceivers selection problem and obtained results are compared with each other.

Key Words: Emergency communication, Handheld radio transceivers, Multi-Criteria decision making, AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye jeolojik yapısı, topografik konumu ve iklim özellikleri bakımından doğal afetlerin, jeolojik konumu ve eğitimsizlik, bilgisizlik, dikkatsizlikle beraber insanların doğayla etkileşimleri sonucunda oluşan insan kaynaklı afetlerin sıklıkla yaşandığı bir ülkedir. Doğal afetler insan kontrolü dışında gerçekleşir, büyük can ve mal kayıplarına neden olabilir. Ancak insan kaynaklı afetler kaza niteliği taşırlar. Olası bir afet öncesinde gereken önlemlerin alınması ve afet sonrası yardım faaliyetlerinin kesintisiz yürütülebilmesi için haberleşme sistemlerinin önemi büyüktür. Bu nedenle ilgili birimler arasında kurulacak iletişimin sağlanması için modern bir haberleşme sistemi altyapısı oluşturmanın gerekliliği açıktır. Bir afet olması durumunda mevcut bulunan telefon şebekeleri ve bunlara bağlı sistemler ile haberleşme, aşırı yüklenme vb. sebeplerle sağlanamamaktadır. Birçok sistem devre dışı kalmakta ve haberleşmenin devam etmesi için kullanılacak en ideal çözümlerden biri "Telsiz Haberleşmesi" olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, acil durum haberleşmesinin düzgün bir şekilde yürütülebilmesi için oluşturulması gereken haberleşme altyapısı kapsamında "Telsiz Haberleşmesi" nin önemini ortaya koymaktır. Buna bağlı olarak İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde haberleşme altyapısı oluşturmak için alınması planlanan el telsizi seçim problemi ele alınmıştır.

Bu çalışmanın giriş bölümünde, çalışmanın önemi ve amacı ortaya konulmuş, materyal ve yöntem bölümünde de problemin çözümünde kullanılacak yöntemler hakkında genel bilgi verilmiştir. Çalışmanın literatür araştırması bölümünde, çok ölçütlü karar verme yöntemleri ve radyo haberleşmesini içeren literatür çalışması sunulmuştur. Haberleşme ve haberleşme sistemleri başlığı altında, haberleşme sistemlerinden genel olarak bahsedilmiş ve radyo haberleşmesine değinilmiştir. Çalışmanın bulgular ve değerlendirme bölümünde, yöntemin probleme uygulanışı gösterilmiş ve son bölümde de elde edilen sonuçlar üzerine genel bir değerlendirme yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Problemin çözümünde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemleri hakkında şu şekilde bilgi verilebilir:

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ (MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS)

Çok ölçütlü karar verme; sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya eleme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Hwang ve Yoon, 1981), (Evren ve Ülengin, 1992). Burada ÇÖKV yöntemlerinden olan ve problemin çözümünde kullanılan yöntemlerden birincisi açıklanmıştır:

Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (Analytic Hierarchy Process Method)

AHS Yaklaşımı, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen (Saaty, 1980) belirli hiyerarşiye göre düzenlenen kriterleri içeren, bu kriterlerin ağırlıklarını değerlendiren, kriterlere göre seçenekleri karşılaştıran ve sıralama yapılmasını sağlayan bir yaklaşımdır (Hu and Peng., 2008). AHS yöntemi 4 adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Modelin Kurulması ve Problemin Formüle Edilmesi: AHS yaklaşımında karar sürecini etkileyen tüm nicel ve nitel faktörler bu konuda uzman kişilerin görüşleri değerlendirilerek oluşturulmaktadır. Elde edilen bilgiler sonucunda amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenir.

Adım 2: İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Oluşturulması: Problem tanımlandıktan sonra ikili karşılaştırmalar ölçeği kullanılarak veriler toplanır ve ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir.

Adım 3: Kriter Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Skorlarının Belirlenmesi: İkili karşılaştırma matrisleri yardımıyla her alternatifin ağırlığı hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütun

değeri, bulunduğu sütun toplamına bölünerek matris normalleştirilmektedir. Normalleştirilmiş matristeki her sütunun toplam değeri 1 olmaktadır. Son olarak satırda yer alan değerlerin ortalamaları bulunarak öz vektörler elde edilmektedir.

Adım 4: Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Sonuç Değerlendirme: Tutarlılık indeksini (CI) hesaplamak için (1) numaralı formül kullanılmaktadır.

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

Formülde CI tutarlılık indeksini, λ_{\max} matristeki en büyük öz değeri, n ise her bir matrisin eleman sayısını göstermektedir.

Tutarlılık oranını (CR) hesaplamak için (2) numaralı formül kullanılmaktadır.

$$CR = CI/RI \quad (2)$$

Formülde RI, rassal indeks oranlarını göstermektedir. İkili karşılaştırmaların tutarlı olması için tutarlılık oranının 0,10'un altında olması istenmektedir.

Burada ÇÖKV yöntemlerinden olan ve problemin çözümünde kullanılan yöntemlerden ikincisi açıklanmıştır:

Analitik Ağ Süreci Yöntemi (Analytic Network Process Method)

Problemler her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemeyebilirler. Böyle problemlerde yer alan kriterler ve alternatifler birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olabilirler. Bu durumda, bileşenlerin ağırlıklarını (görelî önem vektörlerini) bulabilmek için daha karmaşık bir sürecin analizi gerekmektedir. Analitik Ağ Süreci bu tür problemlerde kullanılabilen bir tekniktir (Üstün ve diğ., 2005). ANP yöntemi 6 adımda uygulanmaktadır:

Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: İlk aşamada karar problemi tanımlanmaktadır. Amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin net biçimde ifade edilmesidir (Ersöz ve diğ., 2011).

Adım 2: Kriterler arası Etkileşimlerin Belirlenmesi: İç ve dış bağımlılıklar ve varsa kriterler arası geri bildirimler ilişkilendirilmektedir.

Adım 3: Temel Karar Vericiler Arası İkili Karşılaştırma

Adım 4: Elde Edilen Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Kontrolü: İkili karşılaştırmalar bir matris şeklinde yapılır ve böylece kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş olur.

Adım 5: Süper Matrisin Oluşturulması ve Analizi: Süper matris, parçalı bir matris olup, her matris bölümü bir sistem içindeki iki kriter arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kriterlerin birbirleri üzerindeki uzun dönemli nispi etkisini belirleyebilmek için süper matrisin kuvveti alınmaktadır. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süper matrisin $(2n+1)$. kuvveti alınır, buradan rastgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süper matris olarak isimlendirilmektedir (Görener, 2009). Süper matrisin genel hali (3) numaralı matriste gösterilmiştir.

$$W = \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{array} \begin{array}{c} e_{11} \\ e_{12} \\ \dots \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \dots \\ e_{2n_2} \\ \vdots \\ e_{N1} \\ e_{N2} \\ \dots \\ e_{Nn_N} \end{array} \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_N \end{array} \begin{array}{c} e_{11} \\ e_{12} \\ \dots \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \dots \\ e_{2n_2} \\ \vdots \\ e_{N1} \\ e_{N2} \\ \dots \\ e_{Nn_N} \end{array} \begin{array}{c} W_{11} \\ W_{21} \\ \vdots \\ W_{N1} \end{array} \begin{array}{c} W_{12} \\ W_{22} \\ \vdots \\ W_{N2} \end{array} \dots \begin{array}{c} W_{1N} \\ W_{2N} \\ \vdots \\ W_{NN} \end{array} \quad (3)$$

Adım 6: En İyi Seçeneğin Seçimi: Süper matrisin kuvvetinin alınmasıyla limit süper matris elde edilmektedir. Limit süper matristeki kriterlerin öncelik değerleri ve en yüksek önem derecesine sahip olan alternatifler belirlenmektedir (Çelik ve Murat, 2010).

Burada ÇÖKV yöntemlerinden olan ve problemin çözümünde kullanılan yöntemlerden üçüncüsü açıklanmıştır:

TOPSIS Yöntemi (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution Method)

TOPSIS yöntemi ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirler, fakat yöntem bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almaz (Cristóbal, 2012). TOPSIS yöntemi 6 adımda uygulanmaktadır:

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması: Karar matrisinde, satırlarda karar vermede kullanılacak alternatifler (m), sütunlarda ise karşılaştırma için kullanılacak kriterler (n) yer alır. (4) numaralı şekilde gösterilen A matrisi, karar verici tarafından oluşturulan başlangıç karar matrisidir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması: Başlangıç karar matrisindeki (A) değerlerin, (5a) numaralı normalize etme formülü ile hesaplanmasıyla standart karar matrisi elde edilir. Standart karar matrisi (R) (5b) numaralı matriste göstermiştir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (a_{kj})^2}} \quad (5a) \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5b)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması: Bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (V), (6) numaralı formülde gösterilmiştir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümelerinin Oluşturulması: Pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçükü) seçilir (Yaralıoğlu, 2010). Pozitif ideal çözüm setinin bulunması (7) numaralı formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (7)$$

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması (8) numaralı formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right) \right\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (8)$$

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: Her bir alternatife ilişkin karşılaştırma kriter değerleri bulunurken pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklıklar Öklid uzaklık yaklaşımı ile hesaplanır. Pozitif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken (9a) numaralı formül, negatif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken (9b) numaralı formül kullanılır. Hesaplanan S_i^* ve S_i^- değerleri sayısı, alternatif sayısı kadar olacaktır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (9a) \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9b)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: Yakınlık katsayısı değerinin nasıl hesaplanacağı (10) numaralı formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (10)$$

Formülde gösterilen C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında yer alır ve C_i^* değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme olan yakınlığını ve 0'a yakın olması ideal çözüme olan uzaklığını gösterir. Burada ÇÖKV yöntemlerinden olan ve problemin çözümünde kullanılan yöntemlerden dördüncüsü açıklanmıştır:

ELECTRE Yöntemi (Elimination and Choice Translating Reality Method)

Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatifler arasındaki ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanmaktadır. ELECTRE yöntemi 8 adımda uygulanmaktadır:

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar verici tarafından başlangıç matrisi olarak oluşturulan A matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler (m), sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri (n) yer almaktadır. Karar matrisi (11) numaralı matristeki gibi oluşturulmuştur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu: Normalizasyonda maliyet kriterleri için (12) numaralı formül kullanılmaktadır.

$$x_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{a_{ij}}\right)^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Normalizasyonda fayda kriterleri için (13) numaralı formül kullanılmaktadır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij})^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Hesaplamalar sonucunda normalize X_{ij} matrisi (14) numaralı matristeki gibi oluşturulur.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar vericiler tarafından ilk olarak değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları (w_i) belirlenmelidir. Daha sonra (15) numaralı formülle X matrisindeki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulmaktadır.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_m x_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi: Uyum setlerinin belirlenmesi için Y matrisinden yararlanılır. Alternatifler değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve uyum/uyumsuzluk setleri oluşturulur. (16) numaralı formülüne göre C_{kl} satır elemanları birbirleriyle büyüklük açısından karşılaştırılmaktadır. Uyum setleri oluşturulurken $k \neq l$ olmalıdır. Bir uyum setindeki eleman sayısı en fazla değerlendirme faktörü sayısı (n) kadar olabilir.

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (16)$$

Yöntemde her uyum setine (C_{kl}) karşılık bir uyumsuzluk seti (D_{kl}) bulunmaktadır. Uyumsuzluk seti elemanları, ilgili uyum setine ait olmayan j değerlerinden oluşmaktadır. D matrisinin elemanları (D_{kl}), (17) numaralı formül ile hesaplanmaktadır.

$$D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{lj}\} \quad (17)$$

Uyum ve uyumsuzluk setlerinde maliyet ve fayda kriterleri bulunmaktadır. Maliyet kriteri olması durumunda uyum seti formülünün tersi alınmalıdır.

Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk (D) Matrislerinin Oluşturulması: Uyum matrisinin oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisinin elemanları (18) numaralı formül ile hesaplanmakta ve (19) numaralı matris gibi gösterilmektedir.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (18)$$

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (19)$$

(D) Uyumsuzluk matrisinin elemanları (20) numaralı formül ile hesaplanmakta ve (21) numaralı matris gibi gösterilmektedir.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (20)$$

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (21)$$

Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması: Uyum üstünlük matrisinin elemanları uyum eşik değerinin (\underline{c}) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasıyla elde edilmektedir. Uyum eşik değeri (\underline{c}), (22) numaralı formülle hesaplanmaktadır. m karar noktası sayısını göstermektedir.

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (22)$$

Uyum üstünlük matrisinin (F) elemanları (f_{kl}) (23 ve 24) numaralı formüllerle belirlenmektedir.

$$c_{kl} \geq \underline{c} \rightarrow f_{kl} = 1 \quad (23) \quad c_{kl} < \underline{c} \rightarrow f_{kl} = 0 \quad (24)$$

Uyumsuzluk üstünlük matrisinin (G) elemanlarını oluşturmak için öncelikle uyumsuzluk eşik değeri (\underline{d}), (25) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (25)$$

G matrisinin elemanları (g_{kl}), da F matrisine benzer şekilde sadece "1" ve "0" değerlerini alırken, matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktaları gösterildiğinden değer yoktur. G matrisinin elemanları (g_{kl}), (26 ve 27) numaralı formüllerde gösterildiği gibi değerlendirilmiştir.

$$d_{kl} \geq \underline{d} \rightarrow g_{kl} = 1 \quad (26) \quad d_{kl} < \underline{d} \rightarrow g_{kl} = 0 \quad (27)$$

Adım 7: Toplam Üstünlük Matrisinin (E) Oluşturulması: Toplam üstünlük matrisinin elemanları e_{kl} , f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. E matrisi $m \times m$ boyutlu ve "1" ve "0" değerlerinden oluşmaktadır. Matriste "1" değerini alan alternatif diğer alternatife göre daha üstün kabul edilmektedir.

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi: E matrisinin satır ve sütunları alternatifleri göstermektedir. Matrisin değerlerine göre sıralama yapılmalıdır.

LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Radyo/telsiz haberleşmesi ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Koçkan (2008), taşıtlar arası haberleşme konulu tez çalışmasında kablosuz ağ teknolojilerini araştırmış, araştırma sonucunda belirlenen uygun ağ teknolojisiyle, araçtan araca bir ağ kurulum uygulaması gerçekleştirmiş, Aytaç ve Birgün (2011), çalışmalarında Hava Kuvvetleri Komutanlığı (HvKK) ikmal sisteminin mevcut durumunu göz önünde bulundurarak, olası bir Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) sistemi seçimi esnasında, en uygun RFID sistemini seçmek amacıyla önemli olan kriterleri belirleyerek hiyerarşik bir model oluşturmuş ve bu model üzerinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemini kullanarak bir uygulama gerçekleştirmiştir. Metelev (2012), çalışmasında aralıklı antenlerden sinyallerin oluşumu için, sinyal işleme algoritmaları ve aygıtlarının testinde benzetim kullanılarak iyonosfer kaynaklı yüksek frekanslı radyo kanalı olarak kullanılmak üzere bir model önermektedir. Prunckun (2014), Bu makale uluslararası teröristler tarafından kablosuz yayınların muhtemel kullanımı sırasında güvenli bir iletişim ortamı sağlamayı tartışmaktadır. Kuo ve Fitch (2014), İletişim bağlantıları, modül dengesizliğini tolere etmeli ve komşudan komşuya iletişim modelini uygulamalıdır. Bu makalede, bu zorlukları ele alan modül başına çoklu wireless' e dayalı bir kablosuz sistem önerilmektedir. Grancharova ve diğ., (2015), çalışmasında döner kanatlı İHA' larının yörünge planlama problemlerini çözmek için bir dağıtılmış doğrusal MPC yaklaşımı önerilmiştir. Pandit ve Singh (2015), Bilişsel radyo iletişim sistemleri spektrum paylaşımı için iki farklı uyarılma politikası ile ortalama parazit gücü kısıtı altında çevre kayıplarıyla kanal kapasitesi sayısal olarak hesaplanmıştır. Cano ve Allen (2015), çalışmada yörüngesel açısal momentum (OAM) haberleşme sistemleri için iki yeni çoklu-anten faz-gradyan saptama şemaları sunulmaktadır. Bunların bit hata oranı performansları Monte Carlo simülasyonları ile elde edilmektedir. Sayyed ve diğ. (2015), Bu çalışmada Çift-Küme Tek Telsiz Haberleşme Mimarisi (DSSRC) bir İHA' na bir WSN ve çukur düğümüyle iki yönlü bir şekilde iletişim

kurmaya izin vermektedir. Önerilen mimari böyle İHA' dan WSN' e devam eden en iyi ve en güvenilir haberleşme gibi özellikle farklı ağ QoS gereksinimlerini desteklemek üzere tasarlanmıştır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

AHS yöntemi kullanılarak literatürde yapılmış çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: Nikou ve Mezei (2013), Mobil servislerin ve bu servislere yönelimi etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi, Caputo ve diğ. (2013), Endüstriyel düzeneklerde güvenlik araçları seçimi, E. Önder ve diğ. (2014), Hemşirelik kariyerine yönelime neden olan faktörlerin değerlendirilmesi, Bade ve diğ., (2014), İşbirlikçi tedarik zinciri risk faktörleri değerlendirilmesi, Fenta ve diğ. (2015), Kuzey Etiyopya Raya Vadisi uzaktan algılama ve CBS tabanlı çok kriterli değerlendirme kullanılarak yeraltı suyu potansiyelinin mekansal analizi, Asuquo (2015), QOS Mobil veri ağlarının değerlendirilmesi, Özder ve Eren (2015a), tedarikçi seçimi, Bedir ve diğ. (2015) tedarikçi seçimi üzerine çalışmışlardır.

ANP yöntemi kullanılarak son yıllarda literatürde yapılmış çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: Thangamani (2012), ANP yöntemini teknoloji seçimi, Bastı ve Boyar (2012), muhasebe paket programı seçimi, Özder ve Eren (2015b), tedarikçi seçimi, Özder ve diğ. (2016), akademik personel seçimi üzerine çalışmışlardır.

TOPSIS yöntemi kullanılarak son yıllarda yapılmış çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: Yılmaz ve Konyar (2013), Finansal performans değerlendirme, Danaei ve Haghighi (2013), Stok market performans değerlendirilmesi İç ve diğ., (2015), Finansal göstergelere göre firma seçimi, Özder ve diğ. (2015), tedarikçi seçimi, Lakshmi ve diğ. (2015), TOPSIS'te çelişkili kriterlerin kullanılması ile daha iyi bir laptop tanımlanması üzerine çalışmışlardır.

ELECTRE yöntemi kullanılarak son yıllarda yapılmış çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: Çakın ve Özdemir (2013), İzmir'de makine sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için saç malzeme seçimi, Orçanlı ve Özdemir (2013), Tüketicilerin kredi kartı seçimleri, Çelik ve Ustasüleyman (2014), Türkiye'deki üç GSM operatörünün hizmet kalitesinin, performansının değerlendirilmesi, Soba ve Kemal (2014), Uşak'ın beş ilçesi için banka şubesi açılma kararı, üzerine çalışmışlardır.

Literatür incelendiğinde, telsiz haberleşmesi ve ÇÖKV yöntemlerinin beraber ele alındığı çalışmaya rastlanılmamıştır. Haberleşme sistemleri ile genellikle elektrik-elektronik ve elektronik-haberleşme mühendislerinin ilgilendiği ve daha çok bu konunun teknik kısmıyla ilgili çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ancak bu çalışmada farklı olarak telsiz haberleşmesi incelenmiş, bunun acil durum haberleşmesindeki önemi ortaya konulmuş ve problem ÇÖKV yöntemleri ile çözülmüştür.

HABERLEŞME VE HABERLEŞME SİSTEMLERİ (COMMUNICATION AND COMMUNICATION SYSTEMS)

Ses, görüntü, video, veri gibi bilgilerin kablolu veya kablosuz olarak bir yerden bir yere yüksek verim ve kalitede, güvenli olarak iletilmesine haberleşme denir. İnsanoğlu var olduğundan beri haberleşme ihtiyacı hissetmiştir. Geçmişten günümüze kadar haberleşme yapmak için pek çok yöntem kullanılmış ve bu süreçte çeşitli haberleşme sistemleri geliştirilmiştir. Geçmişten günümüze gelen haberleşme sistemlerini altı gruba ayırabiliriz: Telefon, Küresel Mobil İletişim Sistemleri (GSM), Faks, Uydu Haberleşme Sistemleri, İnternet ve Telsiz Haberleşmesi.

Bu çalışmanın temel konusu olan telsiz haberleşmesinden kısaca şu şekilde bahsedilebilir:

Telsiz ve Telsiz Haberleşmesi (Radio and Radio Communication): Telsiz haberleşmesi; elektromanyetik dalgalar yoluyla, resim, ses gibi verilerin bir yerden diğerine gönderilmesine denir. Telsiz haberleşmesi, sabit ve hareketli birimlerin birbirleriyle ve ana birim ile haberleşmesinde ciddi bir öneme sahiptir. Normal hayat koşullarında telefon, faks, internet gibi çeşitli araçlarla haberleşme sağlanmaktadır. Fakat savaş, terör saldırısı ve doğal afetler gibi olağanüstü koşullar oluşması durumunda kablolu haberleşme sistemleri arızalanmakta veya tamamen devre dışı kalmaktadır. Bu koşullarda telsiz haberleşmesi en iyi seçenek olmaktadır. Telsiz haberleşme cihazlarını ve sistemlerini şu şekilde sınıflandırabiliriz: Telsiz kullanım alanlarına göre; kara, hava, deniz olarak, kullanım şekillerine göre; el, araç, sabit telsiz cihazları, çalışma frekanslarına göre; HF, VHF, UHF olarak üçe ayrılır. HF

(High Frequency yani Yüksek Frekans): Uzun mesafe görüşmelerde kullanılır. VHF (Very High Frequency yani Çok Yüksek Frekans): Orta ve kısa mesafe haberleşmede kullanılır. UHF (Ultra High Frequency yani Aşırı Yüksek Frekans): Tesir mesafesi daha kısadır. Ancak bina vb. engellerin bulunduğu yerlerde daha etkili bir haberleşme sağlar.

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME (RESULTS AND EVALUATION)

Bu bölümde ilk olarak bu problemin ele alınma sebepleri, alternatif ve kriterlerin nasıl belirlendiği ve yöntemleri kullanarak nasıl sonuçlar elde edildiği üzerinde durulacaktır.

Problemin Tanımı (Definition of the Problem)

Geçmişten günümüze kadar insanoğlu, iletişimini devam ettirmek için birçok yöntem kullanmıştır. Bununla beraber değişen hayat şartlarında gereksinimlerle beraber haberleşme yöntemleri de farklılık göstermiş, mevcut haberleşme sistemlerinin eksikleri yenileriyle giderilmeye çalışılmıştır. Türkiye, 1999 yılında meydana gelen, büyük oranda can ve mal kayıplarına neden olan Marmara depremi sonrasında acil durum haberleşmesi altyapısının eksikliğini ciddi anlamda hissetmiştir. Acil durum haberleşme altyapısının eksikliği, kurum ve kuruluşlar arasındaki iletişim ve koordinasyon noksanlığı, yaşanan kayıpları ve acıları daha da artırmıştır. Deprem sonrasında telsiz haberleşmesinin önemi daha iyi anlaşılmış ve günümüze kadar devam eden süreçte acil durum haberleşmesi kapsamında telsiz altyapısı adım adım geliştirilmiştir.

Kurum ve kuruluşlar kendi bünyelerinde haberleşme birimi oluşturmuş ve bu birimlerde görev alacak yetkili mühendis ve teknisyenler belirlenmiştir. Birimler ve kurumların kendi aralarındaki koordinasyonu telsiz haberleşmesi ile sağlanmış, olaylara yerinde ve zamanında müdahale imkânı doğmuştur. Hali hazırda birçok kurum ve kuruluş tarafından yürütülen haberleşme altyapısı projeleri devam etmekte ve geliştirilmektedir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından Haberleşme ve Bilişim Altyapı Projeleri kapsamında Kesintisiz ve Güvenli Haberleşme Sistemi Projesi (KGHS) yürütülmektedir. Proje kapsamında Başkanlık tarafından taşra teşkilatı olan İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerine, illerin nüfusuna ve Büyükşehir Belediyesi olup olmadığına göre farklı bütçelerde ve adetlerde el telsizi alımı yapılacaktır.

Bu çalışmada bir ilin İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü bünyesinde oluşturulan haberleşme altyapısı kapsamında alınması planlanan el telsizi seçim problemi ele alınmıştır. Problemden kullanılan kriterler, kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma matrisleri kurumun haberleşme biriminde görevli mühendis ve teknisyenlerin uzman görüşü ile uygulama yapılan ilin deneyimli TRAC (Türkiye Radyo Amatörleri Cemiyeti) üyelerinin görüşleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Amatör telsizcilik, hiçbir menfaat gözetmeksizin ve beklemeksizin kendilerine ayrılmış frekans bantlarında yapılan telsiz haberleşmesine verilen isimdir. Bu faaliyeti yürütenlere de amatör telsizci denir. Amatör telsizciler, bilgi ve tecrübelerini paylaşmak, ortak çalışmalar yapmak üzere kendi aralarında gönüllülük esasına göre çalışan sivil toplum kuruluşları kurmuşlardır. Bu derneklerden birisi de TRAC'dır. Radyo amatörlerinin kurdukları bu dernekler, afet hallerinde Sivil Savunma kuruluşlarına gönüllü olarak haberleşme desteği vermektedir. TRAC gerekli hukukî prosedürü yerine getirmesi sebebiyle kamu yararına çalışan bir kuruluş sayılmaktadır.

Problemin çözümünde kullanılan alternatif ve kriterler ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi (Determination of Alternatives and Criteria):

Acil durum haberleşmesinde kullanılacak el telsizi seçim problemi çok ölçütlü karar verme tekniklerinden AHS, ANP, TOPSIS ve ELECTRE kullanılarak çözülecektir. Ayrıca AHS ve ANP

yöntemlerinden elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerine entegre edilmiştir. Daha sonra elde edilen bütün sonuçlar değerlendirilmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Belirlenen kriterler şu şekilde açıklanmıştır:

Kriterler (Criteria):

Problemin çözümü için 5 adet kriter belirlenmiştir. Bunlar duyum hassasiyeti, pil ömrü, işlevsellik, fiziksel korunum, maliyet ve satış sonrası hizmet olarak sıralanabilir. Bu kriterlerin belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan bilgiler uygulama yapılan ildeki ve diğer büyük illerdeki firma bayiliklerinden elde edilmiştir. Kriterler aşağıdaki gibi ayrıntılı olarak açıklanmıştır:

1.Duyum Hassasiyeti: Günümüz şartlarında çeşitli bantlarda kullanılan cihazlardan veya aynı frekansta bulunan kullanıcılardan kaynaklı kirlilik oluşmaktadır. Duyum Hassasiyeti cihazın bulunduğu frekanstaki kaliteli veriyi alabildiği, en düşük μV veya dBm değeridir. Bu değerlerin düşük olması cihazın o kadar iyi olduğunu gösterir. Desibel (dB), sinyal gücünün miktarıdır. dB sembolü, hangi ölçü değerleri ile karşılaştırıldığını belirtmek için çoğu kez diğer ölçü sembolleriyle birlikte kullanılır. Örnek olarak dBm , 1 miliwatt karşılığı desibel değeridir.

2.Pil Ömrü: Pilin verimli kullanım durumunda dayanabildiği maksimum süreye pil ömrü denir.

3.İşlevsellik: Cihazın kullanıcı tarafından rahatlıkla kullanılabilmesine denir. El telsizi seçiminde işlevsellik kriteri ekran görüntüsü ve yalın tuş kontrolü olmak üzere iki ana bileşenden oluşur.

-Ekran görüntüsü: Kanal ismi, güç seviyesi durumu, kanal özelliği, GPS durumu, okunmamış ileti simgesini içerir.

-Yalın tuş kontrolü: Her tuşun kısa ve uzun süreli basılma durumundaki işlevidir.

4.Fiziksel Korunum: Cihazın yağmur, su, toz, yüksekten düşme, güneş radyasyonu, vibrasyon vb. dış etkenlere karşı korunumunu içerir. MIL-STD 810 vb. standardına göre belirlenir. Sıcaklık, rüzgar, nem, yağmur, toz vb. çevre koşullarına maruz kalma durumları için geliştirilmiş standartlardır.

5.Maliyet ve Satış Sonrası Hizmet: Cihazda istenen özelliklerin yanı sıra minimum maliyetli olması ve satış sonrası servis işlemlerinin zamanında yapılmasıdır.

Problemin çözümünde kullanılacak alternatifler şu şekilde açıklanmıştır:

Alternatifler (Alternatives)

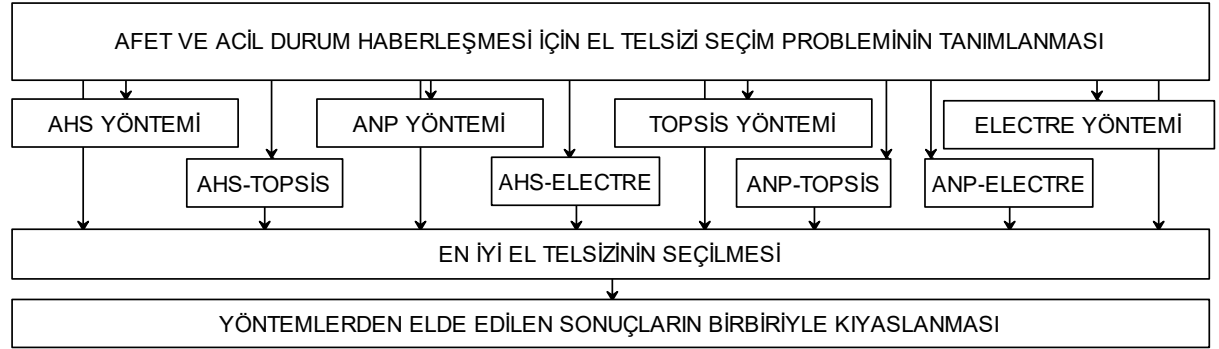
Alternatifler belirlenirken seçilecek olan el telsizinde istenilen minimum özellikler uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Bunun neticesinde farklı marka ve modeller incelenerek 4 alternatif üzerinde karar kılınmıştır. Bunlar; Motorola DP-4801, HyTera X1p, Aselsan 4900, Aselsan 4700'dür. Afet ve acil durum haberleşmesi için kullanılacak el cihazlarında bulunması gerekli minimum şartlar aşağıdaki gibidir:

- 140-170 Mhz arasındaki frekanslarda kullanılabilmelidir.
- Sayısal özellikte olmalıdır.
- En az 4 watt çıkış gücü
- En çok $0.40 \mu\text{V}$ veya -115dBm dinleme hassasiyeti olmalıdır.
- 12,5 / 20 /25 kHz kanal genişliğinde olmalıdır.
- Frekans kararlılığı sayısal için en fazla $\pm 3.5 \text{ppm}$ olmalıdır.
- Intermodülasyon değeri en az 60 dB olmalıdır.
- Su geçirmezliği en az cihazın gövdesine herhangi bir yönden gelen su sıçramaları cihaza zarar vermez olmalıdır.

• Toza Dayanıklı en az toz zerrelere, cihazın normal işleyişini engelleyecek, güvenliğini bozacak şekilde cihazın içine giremez olmalıdır.

Karar verme, genel olarak seçenek kümesinden, en az bir amaç doğrultusunda ve bir ölçüte dayanarak en uygun, mümkün bir ya da birkaç seçeneği seçme sürecidir. Buna göre karar verme süreci karar vericinin seçenekler, ölçütler, çevresel etkiler, karar vericinin öncelikleri ve kararın sonuçları

elemanlarını içerir. Süreç, karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması şeklinde bitebilir. Bu aşamada en doğru kararı vermek için çok ölçütlü karar verme yöntemleri karşımıza çıkmaktadır. Belirli kriterlerin genel olarak ikili karşılaştırmalarının esas alındığı çok ölçütlü karar verme yöntemleri en doğru kararın verilmesine sayısal verilerle yardımcı olmaktadır [38]. Bu çalışmada, el telsizi seçim problemi için 5 kriter ve 4 alternatif belirlenmiştir. ÇÖKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir. El telsizi seçim probleminde çözüm sırasında izlenecek yol Şekil 1’de gösterilmiştir.



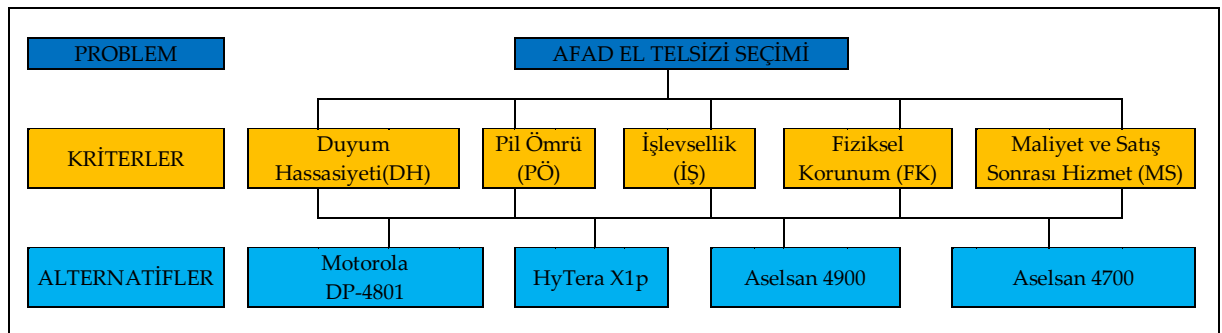
Şekil 1. El Telsizi seçim probleminin algoritması
Figure 1. Algorithm of hand-held radio transceivers selection problem

Birinci yöntemin probleme uygulanışı şu şekilde gösterilmiştir:

Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (Analytic Hierarchy Process Method)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminde kullanılan alternatif ve kriterler Şekil 2’de gösterilmiştir. AHS yöntemi ile problem çözümü 4 adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Modelin Kurulması ve Problemin Formüle Edilmesi



Şekil 2. Alternatif ve kriterler
Figure 2. Alternatives and criteria

Adım 2: İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Oluşturulması: Duyum hassasiyeti kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Duyum hassasiyeti kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Table 1. Pairwise comparison matrix of hearing sensitivity criterion

Alternatif	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
M-4800	1.00	1.28	1.49	1.49
HyTera X1p	0.78	1.00	1.49	1.49
A-4900	0.67	0.67	1.00	1.00
A-4700	0.67	0.67	1.00	1.00

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0232/0.90=0.0258 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.
Pil ömrü kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Pil ömrü kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Table 2. Pairwise comparison matrix of battery life criterion

Alternatif	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
M-4800	1	1 4/5	1 2/7	1 2/7
HyTera X1p	5/9	1	8/9	8/9
A-4900	7/9	1 1/9	1	1
A-4700	7/9	1 1/9	1	1

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0022/0.90=0.0025 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.
İşlevsellik kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. İşlevsellik kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Table 3. Pairwise comparison matrix of functionality criterion

Alternatif	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
M-4800	1.00	0.67	1.14	1.14
HyTera X1p	1.50	1.00	0.90	0.90
A-4900	0.88	1.11	1.00	1.00
A-4700	0.88	1.11	1.00	1.00

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0174/0.90=0.0193 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.

Fiziksel etkilere karşı korunum kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Fiziksel etkilere karşı korunum kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Table 4. Pairwise comparison matrix of conservation against physical effects criterion

Alternatif	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
M-4800	1	1	1 1/8	1 1/2
HyTera X1p	1	1	1 2/9	1 2/7
A-4900	8/9	5/6	1	1 1/6
A-4700	2/3	7/9	6/7	1

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0012/0.90=0.0013 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.

Maliyet ve satış sonrası hizmet kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Maliyet ve satış sonrası hizmet kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Table 5. Pairwise comparison matrix of cost and after sales service criterion

Alternatif	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
M-4800	1	7/8	1 1/4	1 1/5
HyTera X1p	1 1/7	1	1 4/9	1 1/3
A-4900	4/5	2/3	1	1
A-4700	5/6	3/4	1	1

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0011/0.90=0.0012 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.

Kriter ağırlıklarının ve ağırlıkların skorlarının belirlenmesine yarayacak kriter matrisi verileri Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Kriter matrisi

Table 6. Criterion matrix

Alternatif/Kriter	DH	PÖ	İŞ	FK	MS
M-4800	0.318	0.324	0.243	0.282	0.265
HyTera X1p	0.281	0.202	0.264	0.277	0.302
A-4900	0.150	0.237	0.247	0.238	0.208
A-4700	0.201	0.237	0.247	0.202	0.224

Adım 3: Kriter Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Skorlarının Belirlenmesi: Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Table 7. Pairwise comparison matrix of criteria

Kriter	DH	PÖ	İŞ	FK	MS
DH	1.00	1.29	1.00	1.80	1.00
PÖ	0.78	1.00	0.71	1.40	0.78
İŞ	1.00	1.40	1.00	0.80	1.00
FK	0.56	0.71	1.25	1.00	0.56
MS	1.00	1.29	1.00	1.80	1.00

Adım 4: Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Sonuç Değerlendirme: Alternatiflere göre göreceli öncelikler Çizelge 8’de gösterilmiştir.

$CR=CI/RI \Rightarrow CR=0.0219/1.12= 0.0243 \leq 0.10$ olduğundan matris tutarlıdır.

Çizelge 8. Alternatiflere göre göreceli öncelikler

Table 8. Relative priorities according to the alternatives

Alternatif/Kriter	DH	PÖ	İŞ	FK	MS
M-4800	0.318	0.324	0.243	0.282	0.265
HyTera X1p	0.281	0.202	0.264	0.277	0.302
A-4900	0.150	0.237	0.247	0.238	0.208
A-4700	0.201	0.237	0.247	0.202	0.224

Kriterlere göre göreceli öncelikler Çizelge 9’da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Kriterlere göre göreceli öncelikler

Table 9. Relative priorities according to the criteria

Kriterler	Öncelikler
DH	0.231
PÖ	0.177
İŞ	0.205
FK	0.156
MS	0.231

Ürünlerin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirileceği sonuç skorları Çizelge 10’da verilmiştir.

Çizelge 10. Ürünlere göre sonuç değerlendirme

Table 10. Result assessment according to the products

Alternatifler	Ağırlıklar
M-4800	0.286
HyTera X1p	0.268
A-4900	0.212
A-4700	0.222

AHS yönteminden elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

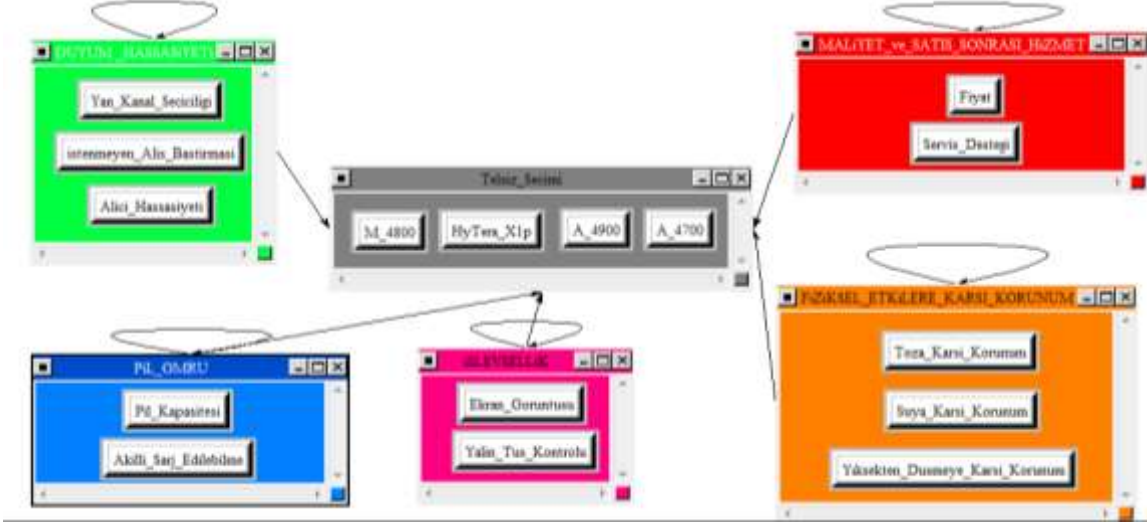
Değerlendirme: Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminin probleme uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar değerlendirilirse en yüksek skora sahip Motorola DP-4800 model el telsizi ilk sırada, daha sonra HyTera X1p ikinci sırada, Aselsan 4700 üçüncü sırada ve Aselsan 4900 model el telsizi dördüncü sırada seçilmiştir. İkinci yöntemin probleme uygulanışı şu şekilde gösterilmiştir:

Analitik Ağ Süreci Yöntemi (Analytic Network Process Method)

El telsizi seçim problemi ANP yöntemi ile 6 adımda çözülmüştür.

Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: Probleme ait alternatif, kriter ve alt kriterler Şekil 3 'te gösterilmiştir.

Adım 2: Kriterler Arası Etkileşimlerin Belirlenmesi: ANP yöntemine ait kriter, alt kriter ve alternatifler Şekil 3 'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Problemin ağ yapısı

Figure 3. Network structure of the problem

Adım 3: Temel Karar Vericiler Arası İkili Karşılaştırma: ANP yöntemine göre ağırlıklandırma yapılacak kriterler "x" ile gösterilmiş, yapılmayacaklar ise boş bırakılmıştır. Sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir.

	Duyum Hassasiyeti			Fiziksel Korunum			İşlevsellik		Maliyet ve Satış Sonrası Hizmet		Pil Ömrü		Alternatifler			
	1.A.H.	2.İ.A.B.	3.Y.K.S.	1.S.K.K.	2.T.K.K.	3.Y.D.K.K.	1.E.G.	2.Y.T.K.	1.F.	2.S.D.	1.A.Ş.E.	2.P.K.	Aselsan 47	Aselsan 49	HyTera X1P	Motorola 48
Duyum Hassasiyeti	1.A.H.	X	X	X												
	2.İ.A.B.	X	X	X												
	3.Y.K.S.	X	X	X												
Fiziksel Korunum	1.S.K.K.				X	X	X									
	2.T.K.K.				X	X	X									
	3.Y.D.K.K.				X	X	X									
İşlevsellik	1.E.G.							X	X							
	2.Y.T.K.							X	X							
Maliyet ve Satış Sonrası Hizmet	1.F.									X	X					
	2.S.D.									X	X					
Pil Ömrü	1.A.Ş.E.											X	X			
	2.P.K.											X	X			
Alternatifler	Aselsan 47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Aselsan 49	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	HyTera X1P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Motorola 48	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Şekil 4. ANP yöntemine göre ağırlıklandırmalar

Figure 4. Weightings according to the ANP method

Adım 4: Elde Edilen Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Kontrolü: Karşılaştırma matrislerinin tutarlılık hesaplamaları Super Decisions programında hesaplanmıştır.

Adım 5: Süper Matrisin Oluşturulması ve Analizi: Super Decisions programında elde edilen süper matrisin ekran görüntüsü Şekil 5'te gösterilmiştir.

	Duyum Hassasiyeti			Fiziksel Korunum			İşlevsellik		Maliyet ve Satış		Pil Ömrü		Alternatifler				
	1.A.H.	2.İ.A.B.	3.Y.K.S.	1.S.K.K.	2.T.K.K.	3.Y.D.K.K.	1.E.G.	2.Y.T.K.	1.F.	2.S.D.	1.A.Ş.E.	2.P.K.	Aselsan 4700	Aselsan 4900	HyTera X1P	Motorola 4800	
Duyum Hassasiyeti	1.A.H.	0,208	0,208	0,208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2.İ.A.B.	0,125	0,125	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	3.Y.K.S.	0,167	0,167	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fiziksel Korunum	1.S.K.K.	0,000	0,000	0,000	0,227	0,227	0,227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2.T.K.K.	0,000	0,000	0,000	0,136	0,136	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	3.Y.D.K.K.	0,000	0,000	0,000	0,136	0,136	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
İşlevsellik	1.E.G.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,294	0,294	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2.Y.T.K.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,206	0,206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maliyet ve Satış Sonrası Hizmet	1.F.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2.S.D.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pil Ömrü	1.A.Ş.E.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,286	0,286	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2.P.K.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,214	0,214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alternatifler	Aselsan 4700	0,066	0,135	0,119	0,074	0,119	0,129	0,060	0,107	0,111	0,156	0,026	0,118	0,000	0,000	0,000	0,000
	Aselsan 4900	0,066	0,135	0,119	0,074	0,119	0,145	0,160	0,143	0,105	0,156	0,158	0,118	0,000	0,000	0,000	0,000
	HyTera X1P	0,147	0,095	0,131	0,176	0,143	0,065	0,160	0,107	0,151	0,063	0,158	0,104	0,000	0,000	0,000	0,000
	Motorola 4800	0,221	0,135	0,131	0,176	0,119	0,161	0,120	0,143	0,133	0,125	0,158	0,160	0,000	0,000	0,000	0,000

Şekil 5. Süper matris

Figure 5. Super matrix

Adım 6: En İyi Seçeneğin Seçimi.

ANP yönteminden elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: Genel bir değerlendirme yapılacak olursa beş ana kriter içerisinde duyum hassasiyeti ve fiziksel korunum 0.125 genel ağırlığa sahip olmasından dolayı en önemli kriterler olmaktadır. Alternatifler arasında 0.151 ağırlığına sahip olan Motorola 4800 model el telsizi öncelikli tercih olarak ortaya konulmuştur. Sonuç değerlendirme ekran görüntüsü Şekil 6'da gösterilmiştir.

		Normalized By Cluster	Limiting
Duyum Hassasiyeti	1.A.H.	0.417	0.052
	2.İ.A.B.	0.250	0.031
	3.Y.K.S.	0.333	0.042
Fiziksel Korunum	1.S.K.K.	0.455	0.057
	2.T.K.K.	0.273	0.034
	3.Y.D.K.K.	0.273	0.034
İşlevsellik	1.E.G.	0.588	0.049
	2.Y.T.K.	0.412	0.034
Maliyet ve Satış Sonrası Hizmet	1.F.	0.800	0.067
	2.S.D.	0.200	0.017
Pil Ömrü	1.A.Ş.E.	0.571	0.048
	2.P.K.	0.429	0.036
Alternatifler	Aselsan 4700	0.190	0.095
	Aselsan 4900	0.240	0.120
	HyTera X1P	0.268	0.134
	Motorola 4800	0.303	0.151

Şekil 6. Sonuç değerlendirme

Figure 6. Result assessment

Üçüncü yöntemin probleme uygulanışı şu şekilde gösterilmiştir:

TOPSIS Yöntemi (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution Method)

TOPSIS yönteminin probleme uygulanması 6 adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Karar Matrisinin (A_{ij}) Oluşturulması: Kriter matrisi Çizelge 11'de gösterilmiştir.

Çizelge 11. Kriter matrisi

Table 11. Criteria matrix

Alternatif/Kriter	DH	PÖ	İŞ	FK	MS
M-4800	45	27	60	48	44
HyTera X1p	50	17	82	50	50
A-4900	60	19	82	42	35
A-4700	60	18	55	42	37

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R_{ij}) Oluşturulması: Standart karar matrisi (5a) numaralı formül yardımıyla r_{ij} değerlerinin hesaplanmasıyla R_{ij} matrisi elde edilmiştir.

$$W_i = \{0.22 \quad 0.20 \quad 0.22 \quad 0.14 \quad 0.22\} \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V_{ij}) Oluşturulması: Ağırlıklı standart karar matrisi (V), (6) numaralı formülle hesaplanmıştır.

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümelerinin Oluşturulması: TOPSIS yönteminde belirtilen (7) numaralı formül ile A_{max} değerleri hesaplanır. TOPSIS yönteminde belirtilen (8) numaralı formül ile A_{min} değerleri hesaplanır.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: TOPSIS yönteminde belirtilen (9a) ve (9b) formülleri ile ayırım ölçüleri hesaplanır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: TOPSIS yönteminde belirtilen (10) formülü ile ideal çözüme göre yakınlıklar hesaplanır. Ayırım ölçüleri ve ideal çözüme göreli yakınlıkların hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 12'de gösterilmiştir.

Çizelge 12. Ayırım ölçüleri ve ideal çözüme göreli yakınlıklar
Table 12. Distinction measures and relative affinities to ideal solution

S1 +	0.048509	S1 -	0.05524	C 1	0.532443	M-4800
S2 +	0.052551	S2 -	0.059671	C 2	0.531721	HyTera X1p
S3 +	0.056594	S3 -	0.052731	C 3	0.482332	A-4900
S4 +	0.070529	S4 -	0.031302	C 4	0.307392	A-4700

TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: TOPSIS yöntemine göre yapılan hesaplamaların sonucunda ideal çözüme yakınlık değeri $C_1^* = 0.532443$ en yüksek olan Motorola marka DP-4801 model ürün seçilmiştir.

Dördüncü yöntemin probleme uygulanışı şu şekilde gösterilmiştir:

ELECTRE Yöntemi (Elimination and Choice Translating Reality Method)

ELECTRE yönteminin probleme uygulanması 8 adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Karar Matrisinin (A_{ij}) Oluşturulması: ELECTRE yönteminde kullanılacak olan karar matrisi Çizelge 13'te verildiği gibidir.

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu: Normalizasyonda maliyet kriterleri için (12) numaralı, fayda kriterleri için (13) numaralı formül kullanılmaktadır.

$$w_i = \{0.22 \quad 0.20 \quad 0.22 \quad 0.14 \quad 0.22\} \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması: Ağırlıklı standart karar matrisi (Y), (15) numaralı formülle X matrisindeki elemanların ilgili w_i değeri ile çarpılmasıyla elde edilir.

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi: C matrisinin elemanları (c_{kl}) (16) numaralı formülüne göre, D matrisinin elemanları (d_{kl}), (17) numaralı formül ile hesaplanmaktadır.

Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk (D) Matrislerinin Oluşturulması: Uyum matrisi (C), (19) numaralı; uyumsuzluk matrisi (D), (21) numaralı matriste gösterildiği şekilde oluşturulmuştur.

Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması: Yöntemdeki (22) numaralı formülde belirtildiği şekilde \underline{c} uyum indeksi hesaplanır. Elde edilen uyum indeksi değeri (23) ve (24) numaralı formüllerde gösterildiği şekilde c_{kl} değerleri ile kıyaslanır Böylece e_{kl} değerleri oluşturulur.

Adım 7: Toplam Üstünlük Matrisinin (E) Oluşturulması: Belirlenen e_{kl} değerleri ile toplam üstünlük matrisi (E) oluşturulur. (25) numaralı formülde belirtildiği şekilde \underline{d} uyumsuzluk indeksi hesaplanır.

Elde edilen uyumsuzluk indeksi değeri (26) ve (27) numaralı formüllerde gösterildiği şekilde d_{kl} değerleri ile kıyaslanır Böylece f_{kl} değerleri oluşturulur.

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi: Hesaplanan net üst ve net alt değerler Çizelge 13'te gösterilmiştir.

Çizelge 13. Net üst ve net alt değerler

Table 13. Clear upper and clear lower values

Alternatifler	Net En Üst Değer	Net En Alt Değer	Net En Üst Değer Sıralaması	Net En Alt Değer Sıralaması
M-4800	0.08	-0.738	2	1
HyTera X1p	0.62	-0.719	1	2
A-4900	-0.06	-0.266	3	3
A-4700	-0.64	1.723	4	4

ELECTRE yönteminden elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: ELECTRE yönteminin probleme uygulanmasıyla elde edilen sonuçlara göre; bir değerlendirme yapacak olursak net en üst değere göre HyTera X1p marka, Net en alt değer sıralamasında ise Motorola 4800 marka el telsizi öncelikli olarak tercih edilmiştir.

AHS – TOPSIS Entegrasyonu (AHP - ELECTRE Integration)

Analitik hiyerarşi süreci yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları alınarak TOPSIS yöntemine uygulanmıştır. Karar vericiler tarafından oluşturulan kriter matrisi Çizelge 13'te gösterildiği gibidir. Alınan ağırlıklar şu şekildedir:

$$Ağırlıklar = [0.231 \quad 0.177 \quad 0.205 \quad 0.156 \quad 0.231]$$

İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri Çizelge 14'te gösterilmiştir.

Çizelge 14. Ayırım ölçüleri ve ideal çözüme göreli yakınlıklar

Table 14. Distinction Measures and Relative Affinities to Ideal Solution

S1 +	0.048189	S1 -	0.051107	C 1	0.514692	M-4800
S2 +	0.047903	S2 -	0.059454	C 2	0.553795	HyTera X1p
S3 +	0.055427	S3 -	0.051223	C 3	0.480292	A-4900
S4 +	0.066978	S4 -	0.032753	C 4	0.328413	A-4700

AHS-TOPSIS entegrasyonundan elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: Problemin çözümünde AHS yönteminden alınan ağırlıkların TOPSIS yöntemine entegre edilmesiyle elde edilen sonuçlar değerlendirilirse ideal çözüme göreli yakınlığın en fazla olduğu HyTera X1p model el telsizi tercih edilmektedir.

AHS – ELECTRE Entegrasyonu (AHP - ELECTRE Integration)

El telsizi seçim problemi AHS yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının ELECTRE yönteminde kullanılmasıyla çözülecektir. Karar vericiler tarafından oluşturulan kriter matrisi Çizelge 13'te gösterildiği gibidir. Alınan ağırlık değerleri şu şekildedir:

$$Ağırlıklar = [0.231 \quad 0.177 \quad 0.205 \quad 0.156 \quad 0.231]$$

Yöntemin sonucunda oluşan net en üst ve net en alt değerler Çizelge 15'te gösterilmiştir.

Çizelge 15. Net üst ve net alt değerler

Table 15. Clear upper and clear lower values

Alternatif/Kriter	DH	PÖ	İŞ	FK
M-4800	0.02	-0.494	3	2
HyTera X1p	0.809	-0.694	1	1
A-4900	0.044	-0.299	2	3
A-4700	-0.873	1.487	4	4

AHS – ELECTRE entegrasyonundan elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: Problemin çözümünde AHS yönteminden alınan ağırlıkların ELECTRE yöntemine entegre edilmesiyle elde edilen sonuçlar değerlendirilirse net en üst değere göre HyTera X1p model, net en alt değere göre yine HyTera X1p model el telsizi diğerlerine göre öncelikli olarak tercih edilmektedir.

AAS – TOPSIS Entegrasyonu (ANP - TOPSIS Integration)

El telsizi seçim problemi ANP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının TOPSIS yönteminde kullanılmasıyla çözülecektir. Karar vericiler tarafından oluşturulan kriter matrisi Çizelge 13'te gösterildiği gibidir. Alınan ağırlık değerleri şu şekildedir:

$$\text{Ağırlıklar} = [0.250 \quad 0.167 \quad 0.167 \quad 0.250 \quad 0.166]$$

İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri Çizelge 16'da gösterilmiştir.

Çizelge 16. Ayırım ölçüleri ve ideal çözüme göreli yakınlıklar
Table 16. Distinction measures and relative affinities to ideal solution

S1 +	0.045199	S1 -	0.047539	C 1	0.512615	M-4800
S2 +	0.046591	S2 -	0.050082	C 2	0.518054	HyTera X1p
S3 +	0.049093	S3 -	0.047725	C 3	0.492937	A-4900
S4 +	0.059007	S4 -	0.035092	C 4	0.372924	A-4700

AAS – TOPSIS entegrasyonundan elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: Problemin çözümünde ANP yönteminden alınan ağırlıkların TOPSIS yöntemine entegre edilmesiyle elde edilen sonuçlar değerlendirilirse ideal çözüme göreli yakınlığın en fazla olduğu HyTera X1p model el telsizi diğerlerine göre öncelikli olarak tercih edilmektedir.

AAS – ELECTRE Entegrasyonu (ANP - ELECTRE Integration)

El telsizi seçim problemi ANP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının ELECTRE yönteminde kullanılmasıyla çözülecektir. Karar vericiler tarafından oluşturulan kriter matrisi Çizelge 13'te gösterildiği gibidir. Alınan ağırlık değerleri şu şekildedir:

$$\text{Ağırlıklar} = [0.250 \quad 0.167 \quad 0.167 \quad 0.250 \quad 0.166]$$

Yöntemin sonucunda oluşan net en üst ve net en alt değerler Çizelge 17'de gösterilmiştir.

Çizelge 17. Net üst ve net alt değerler

Table 17. Clear upper and clear lower values

Alternatifler	Net En Üst Değer	Net En Alt Değer	Net En Üst Değer Sıralaması	Net En Alt Değer Sıralaması
M-4800	0	-0.292	3	2
HyTera X1p	0.831	-0.164	1	3
A-4900	0.003	-0.728	2	1
A-4700	-0.834	1.184	4	4

AAS – ELECTRE Entegrasyonundan elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

Değerlendirme: Problemin çözümünde ANP yönteminden alınan ağırlıkların TOPSIS yöntemine entegre edilmesiyle elde edilen sonuçlar değerlendirilirse net en üst değere göre HyTera X1p model, net en alt değere göre ise Aselsan 4900 model el telsizi diğerlerine göre öncelikli olarak tercih edilmektedir.

Uygulanan bütün yöntemlerden elde edilen sonuçlar tek bir tabloda gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Genel Değerlendirme: Problemimizin AHS, ANP, TOPSIS, ELECTRE AHS-TOPSIS, AHS-ELECTRE ANP-TOPSIS ve ANP-ELECTRE yöntemleri ile çözümünden elde edilen veriler doğrultusunda bir tablo elde edilmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 18'de gösterilmiştir.

Çizelge 18. Yöntemlerin genel değerlendirmesi*Table 18. General assessment of the methods*

Yöntem	M-4800	HyTera X1p	A-4900	A-4700
AHS	1	2	4	3
ANP	1	2	3	4
TOPSIS	1	2	3	4
ELECTRE N.E.Ü.D.	2	1	3	4
ELECTRE N.E.A.D	1	2	3	4
AHS-TOPSIS	2	1	3	4
AHS-ELECTRE NEÜD	3	1	2	4
AHS-ELECTRE NEAD	2	1	3	4
ANP-TOPSIS	2	1	3	4
ANP-ELECTRE NEÜD	3	1	2	4
ANP-ELECTRE NEAD	2	3	1	4

NEÜD : Net en üst değer

NEAD: Net en alt değer

Değerlendirme: Tabloya bakıp özetlemek gerekirse; AHS, ANP, TOPSIS, ELECTRE N.E.A.D yöntemlerinin uygulanması neticesinde Motorola marka DP-4801 model el telsizi; ELECTRE N.E.Ü.D., AHS-TOPSIS, AHS-ELECTRE N.E.Ü.D, AHS-ELECTRE N.E.A.D, ANP-TOPSIS, ANP-ELECTRE N.E.Ü.D, yöntemlerinin uygulanması neticesinde HyTera marka X1p model el telsizi ve ANP-ELECTRE N.E.A.D. uygulanması neticesinde ise Aselsan marka 4900 model el telsizi öncelikli seçim olarak elde edilmiştir. Genel olarak; problemin çözümünde kullanılan ana yöntemler olan AHS, ANP, TOPSIS, ELECTRE ile yapılan çözümlerde Motorola DP-4801 model el telsizinin ancak ağırlıkların alınarak TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri ile sıralamaların yapıldığı entegre çözümlerde ise HyTera marka X1p model el telsizinin 1. sırada tercih edildiği görülmüştür. TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin adımları birbirine benzediği için çıkan sonuçların benzer olması şaşırtıcı değildir.

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada uygulama yeri olarak telsiz haberleşmesini aktif olarak kullanan yerlerden birisi olan bir ilin İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tercih edilmiştir. Haberleşme altyapısı oluşturulması kapsamında “el telsizi seçim problemi” ele alınmış ve problemin çözülmesi için AHS, ANP, TOPSIS, ELECTRE yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler literatürde en çok kullanılan yöntemlerdir. Ancak bu çalışmada, AHS ve ANP yöntemlerinin sonucunda ortaya çıkan kriter ağırlıkları kullanılarak bu yöntemlerin TOPSIS ve ELECTRE ile entegrasyonları yapılmış ve sıralamalar elde edilmiştir. Problemden kullanılan kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma matrisleri kurumun haberleşme biriminde görevli mühendis ve teknisyenlerin uzman görüşü ile uygulama yapılan ilin deneyimli TRAC (Türkiye Radyo Amatörleri Cemiyeti) üyelerinin görüşleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır.

Gelişmiş ülkelerde telsiz haberleşmesi sadece afet anında veya acil durumlarda, kurum ve kuruluşlar tarafından kullanılan bir sistem değildir; aynı zamanda günlük hayatın ayrılmaz bir parçasıdır. Yurtdışında radyo amatörlüğü bir hobi olmanın ötesinde birçok alanda kullanılmaktadır. Ticari kaygıları olmadığı gibi kurum ve kuruluşlarla da bilgi alış-verişinde bulunmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, telsiz haberleşmesinin önemini anlaşılmasına yardımcı olmak ve ülkemizde de günlük hayatta yaygınlaşmasını sağlamaktır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde haberleşme sistemleri ile genellikle elektrik-elektronik ve elektronik-haberleşme mühendislerinin ilgilendiği ve daha çok bu konunun teknik kısmıyla ilgili çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ancak bu çalışmada farklı olarak telsiz haberleşmesi incelenmiş, bunun acil durum haberleşmesindeki önemi ortaya konulmuş ve problem ÇÖKV yöntemleri ile çözülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Asuquo, E. D., 2015, "Analytic Hierarchy Process for QOS Evaluation of Mobile Data Networks", *International Journal of Computer Networks or Communications*, Vol. 7 (6), pp. 125-137.
- Aytaç Ö.G., Birgün, S., 2011, "Radyo Frekansı ile Tanımlama Sistemi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Vol. 1(5), pp. 81-88.
- Bade, A., Prostean, G., Gilles Goncalves, G., Hamid Allaoui, H., 2014, "Assessing Risk Factors in Collaborative Supply Chain with the Analytic Hierarchy Process (AHP)", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 124, pp. 114-123.
- Bastı, M., Boyar, E., 2012, "Muhasebe Paket Programı Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol. 34, pp. 261-280.
- Bedir N., Özder E. H., Eren T., 2015, "The Third Party Logistics Firm Selection Using AHP-PROMETHEE Methods". 13th International Logistics and Supply Chain Congress, İzmir, 22 – 23 October 2015.
- Cano, E., Allen, B., 2015, "Multiple-Antenna Phase-Gradient Detection for OAM Radio Communications", *IET Journals and Magazines*, Vol. 9, (51), pp. 724-725.
- Caputo, A. C., Pelagagge, P.M., Salini, P., 2013, "AHP-Based Methodology for Selecting Safety Devices of Industrial Machinery", *Safety Science*, Vol. 53, pp. 202-218.
- Cristóbal, J.R.S., 2012, "Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 138 (6), pp. 751-758.
- Çakın, E., Özdemir, A., 2013, "Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (ANP) ve ELECTRE Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama". *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Vol. 15 (2), pp. 339-364.
- Çelik, N., Murat, G., 2010, "Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Üniversite Dinamik Entegre Strateji Model Geliştirilmesi", *Yönetim*, Vol. 21 (67), pp. 32-51.
- Çelik, P., Ustasüleyman, T., 2014, "ELECTRE I ve PROMETHEE Yöntemleri ile GSM Operatörlerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Vol. 6, (12), pp. 137-160.
- Danaei, A., Haghighi, M. M., 2013, "Measuring The Relative Performance of Stock Market Using TOPSIS". *Management Science Letters*. Vol. 3 (1), pp. 91-96.
- Ersöz, F., Kabak M., Yılmaz, Z., 2011 "Lisansüstü Öğrenimde Ders Seçimine Yönelik Bir Model Önerisi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Vol. 8 (2), pp. 227-249.
- Evren, R., Ülengin, F., 1992, *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Fenta, A. A., Kifle, A., Gebreyohannes, T., Hailu, G., 2015, "Spatial Analysis of Groundwater Potential Using Remote Sensing and GIS-Based Multi-Criteria Evaluation in Raya Valley, Northern Ethiopia", *Affiliated with Institute of Geo-information and Earth Observation Sciences*, Vol. 23 (1), pp. 195-206.
- Görener, A., 2009, "Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Vol. 4 (1), pp. 99-110.
- Grancharova, A., Grøtli, E. I., Ho, D., Johansen, T. A., 2015, "UAVs Trajectory Planning by Distributed MPC under Radio Communication Path Loss Constraints", *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, Vol. 1 (79), pp. 115-134.
- Jun, H., Jian-Liang P., 2008, "Application of Supplier Selection Based on the AHP Theory". *Knowledge Acquisition and Modeling Workshop (International Symposium, Wuhan, China, pp. 1095-1097, 21-22 December 2008.*
- Hwang, C.L., Yoon, K. P., 1981, "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", Springer-Verlag, 1981.
- İç, Y. T., Tekin, M., Pamukoğlu, F. Z., Yıldırım, S. E., 2015, "Kurumsal Firmalar İçin Bir Finansal Performans Karşılaştırma Modelinin Geliştirilmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Vol. 30 (1), pp. 71-85.

- Koçkan, C., 2008, Taşıtlar Arası Haberleşme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kuo, V., Fitch, R., 2014, "Scalable Multi-Radio Communication in Modular Robots", *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 7 (62), pp. 1034-1046.
- Lakshmi, T. M., V Prasanna Venkatesan; Martin, A., 2015, "Identification of a Better Laptop with Conflicting Criteria Using TOPSIS", *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, Vol. 7(6), pp. 28-36.
- Metev, S., 2012, "Modification of the Watterson Model of The Ionospheric HF Radio Communication Channel for Adaptive Spaced Reception". *Radiophysics and Quantum Electronics*, Vol. 4 (55), pp. 241-252.
- Nikou, S., Mezei, J., 2013, "Evaluation of mobile Services and Substantial Adoption Factors with Analytic Hierarchy Process (AHP)", *Telecommunications Policy*, Vol. 37 (10), pp. 915-929.
- Orçanlı, K., Özdemir, A., 2013, "Kredi Kartı Seçimine Yönelik Bir Karar Modeli ve Uygulama: Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) - ELECTRE Yöntemi", *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Vol. 4 (1), pp. 077-106.
- Önder, G., Aybas, M., Önder, E., 2014, "Hemşirelerin Stres Seviyesine Etki Eden Faktörlerin Öncelik Sırasının Çok Kriterli Karar Verme Tekniği İle Belirlenmesi", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, Vol. 1 (1), pp. 21-35.
- Özder E. H., Eren T. 2015a, "Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Entegrasyonu: Örnek Bir Uygulama", 15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu: Ege Üniversitesi, İzmir, 14 – 16 Ekim 2015.
- Özder E. H., Eren T., 2015b, "Integration of Analytic Network Process and Goal Programming Methods in Supplier Selection: A Case Study". XVIIth International Symposium On Econometrics, Operations Research And Statistics, Edirne, 7 - 12May 2015.
- Özder E. H., Bedir N., Eren T., 2016, "Academic Staff Selection with ANP & PROMETHEE Method: A Case Study In Turkey", 32. International Academic Conference on Engineering, Technology and Innovations (IACETI), UAE-Dubai, 5 March 2016.
- Özder E. H., Eren T., Çetin Özel S., 2015, "Supplier Selection With TOPSIS And Goal Programming Methods: A Case Study". *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, Vol. 19(1), pp. 109-112.
- Pandit, S., Singh, G., 2015, "Channel Capacity in Fading Environment with CSI and Interference Power Constraints for Cognitive Radio Communication System", *Wireless Networks*, Vol. 4, (21); pp.1275-1288.
- Prunckun, H., 2014, "Covert Radio Communications: a Viable Tactic for International Terrorists?", *Defense and Security Analysis*, Vol. 2(30), pp. 176-184.
- Saaty, T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, USA: Mcgraw-Hill International Book Company.
- Sayyed, A., Araújo, G. M., Bodanese, J. P., Becker, L. B., 2015, "Dual-Stack Single-Radio Communication Architecture for UAV Acting As a Mobile Node to Collect Data in WSNs", *Sensors*, Vol. 9(15), pp. 23376-23401.
- Soba, M., Kemal, M., 2014, "Banka Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ve ELECTRE Metodu ile Belirlenmesi: Uşak İlçeleri Örneği", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, Vol. 11(25), pp.459-473.
- Thangamani, G., 2012, "Technology Selection for Product Innovation Using Analytic Network Process (ANP) – A Case Study", *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol. 3(5), pp. 560-565.
- Üstün Ö., Özdemir M.S., Demirtaş E.A., 2005, "Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerilerini Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Vol. 16(4), pp. 2-13.
- Yılmaz, B. B., Konyar, A. M., 2013, "Financial Performance Evaluation of Publicly Held Lodging Companies Listed in Istanbul Stock Exchange with TOPSIS Method", *European Journal of Scientific Research*, Vol. 95, pp. 143-151.