



AHP ve SMAA-2 Yöntemleri ile Mühendislik Alanında Bilimsel Araştırma Konularının Seçimi

Aslı ÇALIŞ¹ İbrahim KESKİN² Cevriye GENCER³

Öz

Bilimsel bir çalışma yapmak, bilgi ve deneyimlerin bilim dünyası ile paylaşılmasının en etkin yollarından biridir. Bununla birlikte yayınlanmaya değer çalışma yapmak zordur. Çalışmanın planlanmasından verilerin toplanmasına ve analizine kadar elde edilen sonuçların yayına dönüştürülmesi ciddi bir zaman ve emek ister. Özgün bir bilimsel yayın ortaya koymak için dikkat edilmesi gereken faktörlerden biri konu seçimidir. Konu seçilmeden önce olabildiğince fazla kaynağa başvurularak olası konular hakkında belirli bir düşünme süreci geçirilmeli ve çeşitli kaynaklar incelenmelidir. Bilimsel bir çalışmada araştırma konusu çalışmanın hitap edeceği kitle için önemli ve ilgi çekici olmalıdır. Bu çalışmada, mühendislik alanında etkili bilimsel araştırma konularının seçimi için sekiz alternatif çalışma konusu altı kriter gereğince değerlendirilmiştir. Alternatif çalışma konuları, “Sanayi”, “Ticaret”, “Çevre”, “Eğitim”, “Turizm”, “Sağlık”, “Ulaştırma” ve “Teknoloji”; kriterler ise, “Konu ile ilgili toplam yayın sayısı”, “Konu ile ilgili alınan toplam atıf sayısı”, “Yazarların ilgili konuda kendilerine yaptıkları atıflar hariç toplam alınan atıf sayısı”, “Konu ile ilgili yayınlarda kullanılan kaynaklar”, “Yazarların kendi yayınları hariç konu ile ilgili kullandıkları kaynaklar” ve “h-endeksi” olarak belirlenmiştir. Uygulamada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-2 (SMAA-2) yöntemleri ile üç farklı senaryo oluşturularak, Expert Choice ve JSMAA programları ile analiz gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilimsel Çalışma, AHP, SMAA-2.

¹ Yazışma adresi: Arş. Gör., Gazi Üniv., Müh. Fak., Endüstri Müh. Bölümü, 06570 Ankara, aslicalis@gazi.edu.tr.

² Mu. Yzb., KHO, Savunma Bilimleri Enstitüsü, 06654 Ankara, ibrahimkeskin83@gmail.com.

³ Prof. Dr., Gazi Üniv., Müh. Fak., Endüstri Müh. Bölümü, 06570 Ankara, ctemel@gazi.edu.tr.

Makalenin geliş tarihi: 16.09.2015 Kabul tarihi: 15.03.2016

Selection of Scientific Research Topics in Engineering Area with AHP and SMAA-2 Methods

Abstract

Making a scientific study is one of the most effective ways to share knowledge and experience with the world of science. However, it is difficult to make study worth publishing. From planning the study to collecting and analysing data, convert of the results obtained to the publication requires considerable time and effort. One of the factors which should be considered to create an original scientific publication is choosing topic. Before the topic is selected, many sources should be consulted, a thinking process about possible topics should be obtained and various sources should be examined. In a scientific study, research subject must be important and interesting for the mass that the study will address. In this study, eight alternative study topics were evaluated according to six criteria for selection of effective scientific research topics in engineering area. The alternative study topics are as follows; "Industry", "Trade", "Environment", "Education", "Tourism", "Health", "Transportation", "Technology". Also "Total number of Publications on the topic", "Total Sum of the Citations", "Total number of resources in the study excluding the author's studies, and "h-index" were determined as the criteria. In the application, three different scenarios were created with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis-2 (SMAA-2) methods and analysis was realized by using Expert Choice and JSMAA programs and results were interpreted.

Keywords: Scientific Study, AHP, SMAA-2.

Giriş

Bilim, evrenin ya da olayların bir bölümünü konu olarak seçen, deneysel yöntemlere ve gerçekliğe dayanarak yasalar çıkarmaya çalışan ilk çağlardan günümüze kadar düzenli olarak biriktirilen bilgiler bütünüdür.

Bilimsel araştırma ise, istenilen bilgiye ulaşabilmek için sistematik olarak veri toplama ve analiz etme sürecidir. Bilimsel araştırma, hem bilime katkı sağlamak hem de insanlara faydalı olmak amacıyla yapılabilir. Araştırmanın ilk ve en önemli aşaması konu seçimidir. Konuyu seçmeden önce olabildiğince fazla kaynağa başvurarak olası konular hakkında belirli bir düşünme süreci geçirilmeli ve çeşitli kaynaklar incelenmelidir. Bu aşamada diğer bilim adamlarının yazdığı makalelerden, mesleki dergilerden ve kitaplardan yararlanılabilir.

Konu seçiminde ilgi, orijinallik, önem, kaynak yeterliliği gibi dikkat edilmesi gereken birçok unsur vardır. Araştırmacı çalışmayı düşündüğü konuya karşı ilgili; araştırma bilinenleri tekrarlamayan veya bir görüşü kanıtlayan nitelikte orijinal; konu araştırmaya değecek bir öneme sahip olmalı ve araştırılacak konuda yeterli sayıda ve düzeyde kaynak bulunmalıdır.

Bu çalışmada, mühendislik alanında etkili bir bilimsel araştırma için sekiz alternatif çalışma konusu altı kritere göre çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP, SMAA-2 ve hibrit olmak üzere üç farklı yaklaşım ile değerlendirilmiş ve alternatifler arasında sıralama yapılmıştır.

Literatür Taraması

Literatürde AHP ile yapılan birçok çalışma mevcuttur. Chin, Chiu ve Tummala (1999), 34 ISO 14001 tescilli elde edebilmek için strateji geliştirme ve başarı faktörlerini değerlendirmede AHP'yi kullanmışlardır. Dağdeviren ve Eren (2001), tedarikçi seçimi problemine iki yaklaşım önermiştir. Bunlar belirlenen amaç ve kriterler temelinde potansiyel tedarikçilere belirli bir öncelik veren AHP yöntemi ve AHP sonuçlarını kısıt olarak kabul eden 0-1 Hedef Programlama modeli yaklaşımıdır. Yoo ve Choi (2006), havaalanında yolcu kontrollerinde güvenlik önlemlerini geliştirmede, Gibney ve Shang (2007), akademik kurumlarda dekan seçiminde, Köse, Kabak, Kurt ve Aplak (2008) TSK personelinin emeklilik sonrası yaşayacakları şehirlerin seçiminde AHP'yi çözüm yöntemi olarak kullanmışlardır.

AHP kadar yaygın olmasa da özellikle son yıllarda SMAA yöntemi ile yapılan çalışmalar da literatürde yer almaktadır. SMAA yönteminin ortaya çıktığı yıllarda yapılan çalışmalardan bazıları şöyledir: Lahdelma, Hokkanen ve Salminen (1998), kesin olmayan karar verici değerlendirmeleri ve eksik bilgilerden yola çıkarak SMAA yöntemini geliştirip bu yöntemi altı alternatif ve dört kriterden oluşan gerçek bir arazi planı üzerinde uygulamışlardır. Hokkanen, Lahdelma ve Salminen (1999), SMAA yöntemi ile Helsinki'de kurulması planlanan liman yeri seçimi için yirmi dört alternatif içerisinden on bir kritere göre en uygun olanını belirlemeye çalışmışlardır. Lahdelma, ve Salminen (2001), çalışmalarında SMAA metodunu genişleterek SMAA-2 yöntemi ile Helsinki'de liman bölgesi seçimi problemini tekrar ele almışlardır. SMAA yönteminin aksine en iyi alternatifini tespit etmek yerine, alternatiflerin sıralanmasını sağlamışlardır. Makkonen, Lahdelma, Asell ve Jokinen (2003), liberal piyasada elektrik dağıtıcısının stratejik kararlarını optimizasyon, stokastik

simülasyon, ve SMAA-2 yöntemlerinden oluşan bir karar destek sistemi ile belirlemişlerdir.

Son yıllarda SMAA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları da şöyledir: Okul, Gencer ve Aydoğan (2013), Stokastik ÇKKV için SMAA ve TOPSIS yöntemlerini ilaç ve makineli tüfek seçim problemlerinde hibrit olarak kullanmıştır. Karabay, Köse ve Kabak (2014), Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA-TRI) yöntemi ile bir kamu kurumuna ait tesis yeri seçimi problemi için çözüm önermişlerdir. Mevcut tesisler kamu kurumunun genel yönetimi tarafından belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiş, açık tutulması gerekenler ve kapatılması gerekenler olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Eroğlu (2014), Bakım/Onarım alternatiflerinin değerlendirilmesinde Bulanık DEMATEL ve SMAA-2 yöntemlerini kullanmışlardır. Bulanık DEMATEL yöntemi ile kriterlerin önem derecelerini tespit ederek SMAA-2 yöntemi ile alternatifleri sıralamıştır.

Literatürde AHP ve SMAA yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışma da mevcuttur. Durbach, Lahdelma ve Salminen (2014), kararların tutarlılığının ve SMAA-AHP modelinin yeterliğinin değerlendirilebilmesi için bir simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon problemlerinin sonuçları, belirsizliğin çok fazla olmaması durumunda kriterlere göre kararların büyük olasılıkla tutarlı kaldığını göstermektedir.

Bu çalışmada, kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının karar vericilerden temin edilemediği, eksik veya belirsiz olduğu kesikli ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilen SMAA-2 yöntemi ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilen AHP yöntemi kullanılarak sonuçların karşılaştırılması ve yorumlanması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda literatürde ilk defa bilimsel araştırma konularının seçiminde AHP ve SMAA-2 yöntemleri birlikte kullanılacaktır.

Yöntem

AHP Tekniği

AHP, ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977’de ise Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir (Yarahoğlu, 2001). AHP yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir:

Adım 1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: Karar vericinin amacı doğrultusunda tepeden başlanarak karar hiyerarşisi oluşturulur. En üst seviyede amaç, orta seviyede kriterler ve en düşük seviyede ise alternatifler yer alır (Saaty, 2008).

Adım 2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması: Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması ve her bir kriter bazında alternatiflerin karşılaştırılması için $n \times n$ boyutlu ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Saaty, 2008). Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen 1-9 önem skalası kullanılmaktadır. Önem derecesinde yer almayan 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Örneğin karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilmektedir (Saaty, 1980).

Adım 3. Normalize Edilmiş Karar Matrislerinin Oluşturulması ve Öncelik Vektörlerinin Bulunması: Normalize edilmiş karar matrisi matris, her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu matristen yola çıkarak, her bir satırın ortalaması alınıp kriterler için yüzde önem ağırlıkları (öncelik vektörü) bulunmaktadır (Saaty, 2008).

Adım 4. Matris Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması: Her ikili karşılaştırma matrisi için Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır. Bu oran 0,10'un altında çıkmışsa oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılır. Oranın 0,10'un üstünde olması, karar vericinin yargılarında tutarsızlık olduğunu ifade eder. Bu durumda, karar matrisinin tekrar düzenlenmesi gerekmektedir. CR değerine ulaşmak için öncelikle A matrisinin en büyük özvektörünün (λ_{\max}) hesaplanması gerekmektedir (Saaty, 1980).

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere,

$$D=[a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1}=[d_i]_{n \times 1} \quad (1)$$

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1,2,\dots,n) \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3)$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI) aşağıdaki formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4)$$

Tutarlılık oranının hesaplanmasında ihtiyaç duyulan bir başka değer ise rassallık endeksi (RI)' dir. RI değerleri sabit sayılardan oluşmakta ve n değerine göre belirlenmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda CR değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Adım 5. Hiyerarşik Yapıya Ait Sonucun Elde Edilmesi: AHP'nin son adımı kriterlerin önem ağırlıkları ile alternatiflerin önem ağırlıklarının çarpımı ve her bir alternatife ait öncelik değerinin bulunmasıdır. Bu değerlerin toplamı 1'e eşittir. En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatiftir (Saaty, 1980).

Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA)

SMAA yöntemi alternatiflerin kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının karar vericilerden temin edilemediği, eksik veya belirsiz olduğu kesikli ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir (Tervonen ve Lahdelma, 2007).

SMAA metodunun diğer ÇKKV metotları ile kıyaslandığında en önemli avantajlarından bir tanesi, bu yöntemin hiçbir kriter ağırlığı değeri olmadan kullanılabilir olmasıdır (Lahdelma vd., 1998).

Gerçek hayatta kesin değerlere ulaşmak her zaman mümkün değildir. Bunun üstesinden gelmek için ters ağırlık uzayı yaklaşımı kullanılmaktadır. Ters ağırlık uzayı yaklaşımı; problemi çözmek için parametre değerlerini sormak yerine farklı alternatiflerin hangi parametre değerleri ile seçilebileceğine cevap aramaktadır. SMAA ters ağırlık uzayı hesaplamalarını çok boyutlu integrallerle gerçekleştirmektedir. İntegral hesaplamalarını yaparken kullandığı yöntemlerden birisi Monte Carlo Simülasyonudur (Karabay vd., 2014).

SMAA metodunda temel amaç, stokastik parametre kümesindeki çok boyutlu integraller gibi tanımlayıcı ölçümler vasıtasıyla, karar desteği sağlamaktır. SMAA metodunda bu ölçümler için tanımlayıcı üç ölçek kullanılmıştır:

a. Kabul Edilebilirlik İndisi: Bir alternatifin tercih edilebilmesi için gerekli değeri tanımlar. Bu değer olasılıklı kriter değerleri dağılımı ve

uygun kriter ağırlıkları uzayı üzerinde çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul, 2012).

b. Merkezi Ağırlık Vektörü: Merkezi ağırlık vektörü w_i^c , uygun ağırlık kümesinin beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Merkezi ağırlık vektörü, varsayılan tercih modeliyle, bu alternatifi destekleyen karar vericinin tercihlerini tanımlar. Merkezi ağırlık vektörü, kriter ve ağırlık dağılımları üzerinde çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul, 2012).

c. Güvenilirlik Faktörü: Güvenilirlik faktörü p_i^c , merkezi ağırlık vektörünün seçilmesi halinde alternatifin tercih edilme ihtimali olarak tanımlanır. Güvenilirlik faktörleri, kriter ölçümlerinin etkin alternatifleri ayırt etmede yeterince doğru olup olmadığını ölçer. Güvenlik faktörü kriter dağılımları üzerine çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul vd., 2013).

SMAA yöntemlerinde ÇKKV problemlerinde olduğu gibi m alternatif seti $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}$ n adet kriter ile değerlendirilir.

Karar vericiler bir veya birden fazla en çok tercih ettikleri alternatif setlerini kurabilirler, kendi tercihlerine göre alternatifleri kısmi veya tam olarak sıralayabilirler (Ehrgott vd., 2010). SMAA yönteminde kriter ve tercih parametrelerinin olasılık dağılımları $f_x(x)$ ve $f_w(w)$ ifadeleri ile gösterilmektedir.

m adet alternatif kümesi $A = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}$;

n adet kriter kümesi $K = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ olmak üzere,

x_i alternatifinin g_j kriterine göre değerlendirilmesi $g_j(x_i)$ şeklinde gösterilmektedir. Ağırlıklar negatif değildir ve normalizedir. Uygun ağırlık kümesi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Okul vd., 2013) :

$$W = \{w \in R^n: w \geq 0 \wedge \sum_{j=1}^n w_j = 1\} \quad (6)$$

SMAA-2 Metodu

SMAA yöntemi alternatifler arasında en iyisinin seçimini yapmaktadır. En iyi alternatifin seçimi yapılırken diğer alternatifleri sıralanmamaktadır. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için Lahdelma ve Salminen SMAA metodunu tüm alternatifleri sıralayacak şekilde geliştirmişlerdir (Lahdelma ve Salminen, 2001). SMAA-2 yöntemi tüm alternatifleri sıralarken aynı zamanda en iyi alternatifi de ortaya çıkardığı için uygulamalarda öne çıkmaktadır.

SMAA-2, SMAA'yı tüm sıralamaları dikkate alacak şekilde genişletmekte ve bunu yaparken beş yeni tanımlayıcı ölçü ortaya çıkarmaktadır. Bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç tip en iyi sıra tipi ölçü ve tümleşik kabul edilebilirlik indisi (Lahdelma ve Salminen, 2001).

SMAA-2 metodunda her alternatifin sıralaması en iyi (=1) en kötü (=m) olacak şekilde sıralama fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır (Okul, 2012):

$$rank(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k \neq i} p(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad (7)$$

Bu fonksiyonda $p(\text{true})=1$ ve $p(\text{false})=0$ kuralı geçerlidir. SMAA-2 metodu, $W_i^r(\xi)$ uygun sıra ağırlıkları kümelerinin analizini temel alır. $w \in W_i^r(\xi)$ olan bir ağırlık, faydalanan alternatiflere öyle bir şekilde tahsis eder ki alternatif x , r sırasını alır.

a. Sıra Kabul Edilebilirlik İndisi: Sıra kabul edilebilirlik indisi b_i^r , daha önce tanımlanan kabul edilebilirlik indisinin kesin sıralamaları dikkate alacak şekilde genişletilmiş halidir. Kriter dağılımları ve uygun sıra ağırlıkları üzerinde çok boyutlu integrallerle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Okul vd., 2013).

$$b_i^r = \int_{\xi \in x} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_w(w) dw d\xi \quad (8)$$

En iyi alternatifler yüksek kabul edilebilirliklere sahip alternatiflerdir. Sıra kabul edilebilirlik indisi $[0,1]$ aralığındadır. 0, alternatifin hiçbir zaman verilen sıralamayı sağlamayacağını, 1 ise seçilen herhangi ağırlık için verilen sıralamanın her zaman sağlanacağını gösterir. İlk sıra Kabul edilebilirlik indisi b_i^r , Kabul edilebilirlik indisi a_i^r 'ye eşittir (Okul vd., 2013).

b. Tümleşik Kabul Edilebilirlik İndisi: Her alternatif için sıra kabul edilebilirlikleri birleştirilerek a_i^h tümleşik kabul edilebilirlik indisleri aşağıdaki şekilde elde edilmektedir:

$$a_i^h = \sum_r a_i^r b_i^r \quad (9)$$

a^r meta ağırlık olarak ifade edilmektedir. Meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu bulunmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2001). Ağırlıklar

negatif olmamalı, normalize edilmiş olmalı ve sıra değerinin artışıyla artmamalıdır.

Uygulama

Problemin Tanımı (Amaç)

Özgün bir bilimsel yayın ortaya koymak için araştırma konusu iyi belirlenmelidir. Uygulamanın amacı, etkili bir bilimsel çalışma yapabilmek için en uygun çalışma konusunun seçimidir. Bu doğrultuda;

Kriterler

Çalışmanın amacı doğrultusunda *Web of Science*'da taranan alternatif çalışma konularına ait altı farklı kriter yazarların ortak kararı ile aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Kriter 1: Konu ile ilgili toplam yayın sayısı (Results founds)

Kriter 2: Konu ile ilgili alınan toplam atıf sayısı (Sum of the Times Cited)

Kriter 3: Yazarların ilgili konuda kendilerine yaptıkları atıflar hariç toplam alınan atıf sayısı (Sum of Times Cited without self-citations)

Kriter 4: Konu ile ilgili yayınlarda kullanılan kaynaklar (Citing Articles)

Kriter 5: Yazarların kendi yayınları hariç konu ile ilgili kullandıkları kaynaklar (Citing Articles without self-citations)

Kriter 6: h-endeksi (h-index). Yayın faaliyeti ile atıf etkinliğinin birlikte ölçüldüğü göstergedir.

Alternatifler

Etkin bir bilimsel çalışma için, TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)'te istatistikleri mevcut olan sekiz farklı konu başlığı alternatif çalışma konuları olarak ele alınmıştır. Bu konular aşağıda verilmektedir:

Alternatif 1: Sanayi

Alternatif 2: Ticaret

Alternatif 3: Çevre

Alternatif 4: Eğitim

Alternatif 5: Turizm

Alternatif 6: Sağlık

Alternatif 7: Ulaştırma**Alternatif 8: Teknoloji**

Kriterler bazında alternatiflere ilişkin değerler Web of Science'dan elde edilmiştir. Arama yapılırken alternatifler için SCI kapsamında ve mühendislik alanında 2010-2015 yılları arasında yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Sadece konu başlığında arama seçeneği kullanılmıştır. Gerekli filtrelemeler yapıldıktan sonra her bir kriter için alternatiflere ilişkin değerler Tablo 1'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Kriterler ve Alternatifler

	Toplam Yayın Sayısı	Toplam Alınan Atıf Sayısı	Toplam Alınan Atıf Sayısı (Kendine Yaptıkları Hariç)	Kullanılan Kaynaklar	Kullanılan Kaynaklar (Kendi Yayınları Hariç)	h-endeksi
Sanayi	3145	8743	8270	7795	7457	29
Ticaret	855	2890	2667	2462	2348	21
Çevre	5324	20605	19831	18844	18255	43
Eğitim	996	1799	1621	1568	1448	13
Turizm	88	260	247	242	236	8
Sağlık	1833	7670	7176	6511	6207	32
Ulaştırma	1359	4645	4330	4032	3833	25
Teknoloji	8369	31742	30412	28302	27329	56

Alternatiflerin Sıralanması

Bu aşamada, kriter ağırlıklarının karar vericilerden temin edilemediği durumlar için geliştirilen SMAA-2 yöntemi ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilen AHP yöntemi kullanılarak üç farklı senaryo oluşturulmuş ve sonuçların karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Senaryo-1: AHP Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması***Hiyerarşik Yapının Oluşturulması:***

Amaç, kriterler ve alternatifler doğrultusunda oluşturulan karar hiyerarşisi Şekil 1'de gösterilmektedir.

Uzman görüşleri baz alınarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi “Expert Choice” programına girilmiş ve kriterler için matris tutarlılık oranı 0,04 olarak hesaplanmıştır. Bu oran 0,10’un altında çıktığı için oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 2’de kriter ağırlıkları incelendiğinde, birinci kriterin % 32,2 diğer kriterlerin ise sırasıyla % 8,5, % 12,6, % 8,8, % 16,2 ve % 21,6’lık öneme sahip olduklarını söylemek mümkündür.

Hiyerarşik Yapıya Ait Sonucun Elde Edilmesi:

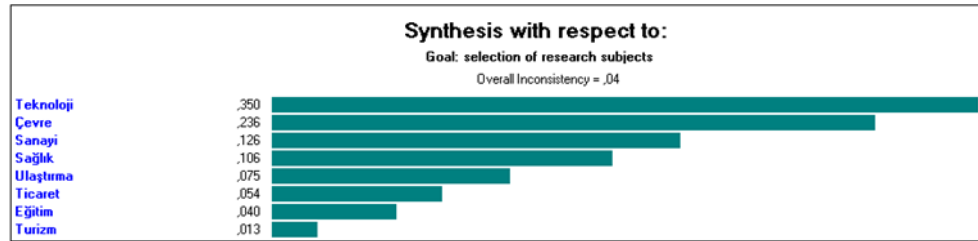
AHP, alternatiflerin ağırlıklarının hesaplanması için iki yöntem içermektedir:

1- Göreceli ölçüm

2- Mutlak ölçüm

Saaty’e göre, göreceli ölçüm genellikle yeni öğrenme ile ilgili durumlarda, mutlak ölçüm ise standartlaşmış problemlerde kullanılmaktadır (Saaty, 1986). Göreceli ölçüm yönteminde alternatifler bir kriterle göre ikili karşılaştırmaya tabi tutulurken, mutlak ölçüm yönteminde geçmiş tecrübeler sonucu elde edilmiş olan standartlar, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu çalışmada ikili karşılaştırmalar yapılırken, yani iki kriter karşılaştırılırken kişiden kişiye göre değişen göreceli ölçek kullanılmıştır.

Toplamsal öncelikler (ağırlıklı toplam), kriterler arası öncelik vektörü (ağırlıklar) ile alternatiflerin kriterlere göre öncelik değerlerinin çarpımı ile bulunmaktadır. AHP yöntemi ile gerçekleştirilen uygulama sonucunda, etkili bir bilimsel çalışma için toplamsal öncelik değeri en yüksek olan alternatif “*Teknoloji*” olarak bulunmuştur. Başka bir ifadeyle teknoloji, alternatifler arası sıralamada 0,350’lik ağırlıklı toplam değeri ile ilk sırada yer almaktadır. Tüm alternatiflerin ağırlıklı toplamaları ve sıralamadaki yerleri Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Expert Choice ile AHP’de Alternatifler Arası Sıralama

Senaryo-2: SMAA-2 Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Simülasyon kullandığı için SMAA yöntemleri manuel olarak hesaplanamamaktadır. Bu nedenle JSMAA yazılımı geliştirilmiştir. JSMAA, Java platformunda yaratılmış olan açık kaynak kodlu bir programdır. Çalışmada JSMAA 1.0.2 versiyonu kullanılmıştır.

JSMAA programında alternatif ve kriterlerin değerleri girildikten sonra tercih (Preference) türünün seçilmesi gerekmektedir. Programda “Missing”, “Ordinal” ve “Cardinal” olmak üzere üç tip tercih türü bulunmaktadır. “Missing” tercihi kriterler için herhangi bir ağırlık veya sıralama değerinin olmaması durumunda, “Cardinal” tercihi AHP gibi yöntemlerle belirlenen ağırlık bilgisinin olması durumunda ve “Ordinal” tercihi ise karar vericinin belirlediği bir sıralamanın var olduğu durumda kullanılmaktadır.

Alternatif ve kriter değerleri programa girildikten sonra Senaryo-2 kapsamında sadece SMAA-2 yöntemi ile alternatiflerin sıralaması gerçekleştirileceğinden, herhangi bir ağırlık bilgisinin olmadığı durumlarda kullanılan “Missing” tercihi seçilmiştir.

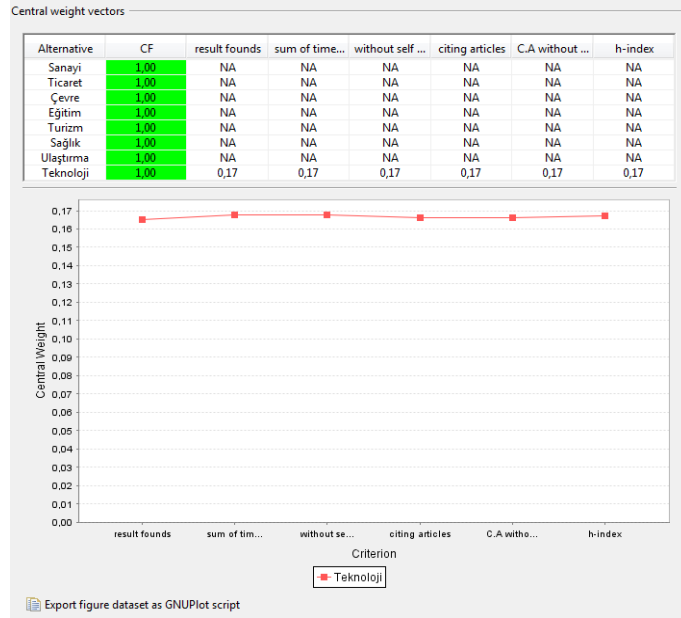
JSMAA programında kriterler için artan (ascending) ve azalan (descending) tercih durumlarının belirtilmesi gerekmektedir. Çalışmadaki tüm kriterler fayda unsuru içerdiğinden hiç bir kriter için “Ascending” ifadesi kaldırılmamıştır. Şekil 3’de verilen sıra kabul edilebilirlik indislerine göre birinci alternatif olan Sanayi % 96 olasılıkla üçüncü sırada tercih edilmekte iken % 4 olasılıkla dördüncü sırada tercih edilebilmektedir. Üçüncü alternatif olan Çevre % 100 olasılıkla ikinci sırada, son alternatif olan Teknoloji ise % 100 olasılıkla ilk sırada tercih edilmektedir. Son sırada tercih edilen alternatif ise % 100 olasılıkla Turizm’dir. Şekil 4 incelendiğinde, alternatiflerin tercih sıralamasının A8-A3-A1-A6-A7-A2-A4-A5 şeklinde olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Senaryo-2'ye Göre Alternatiflerin Sıra Kabul Edilebilirlik İndisleri

Elde edilen sıralamanın güvenilirlik faktörü ile merkezi ağırlık vektörü değerleri Şekil 4'te hesaplanarak sonuç test edilmiştir. Alternatiflerin ayırt edilmesinde kullanılan güvenilirlik faktörü kriter ölçümlerinin yeterince doğru olup olmadığını göstermektedir. Merkezi ağırlık vektörü ile kriterlerin alternatiflerin seçilme olasılığını ne derece etkilediği görülebilmektedir.

Şekil 4'te görüldüğü gibi, güvenilirlik faktörü değeri birinci alternatif için % 100'dür. Yani sanayi alternatifinin birinci sırada tercih edilme olasılığının (% 0) güvenilirlik oranı % 100'dür. Birinci sırada olma olasılığı bulunmayan alternatifler için kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri hesaplanamamaktadır. Merkezi ağırlık vektörleri sütunlarında görülen NA (Not Applicable) kısaltması bunu ifade etmektedir. Güvenilirlik faktörü değeri, sekizinci alternatif olan Teknoloji için % 100'dür. Yani bu alternatifin birinci sırada tercih edilme olasılığının (% 100) güvenilirlik oranı % 100'dür. Merkezi ağırlık vektörüne baktığımızda bu alternatifin birinci sırada tercih edilmesinde bütün kriterlerin % 17 değeri ile eşit öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer alternatifler için merkezi ağırlık vektörleri hesaplanamadığından, sadece sekizinci alternatif için grafik elde edilebildiği görülmektedir.



Şekil 4. Senaryo-2'ye Göre Güvenilirlik Faktörleri ve Merkezi Ağırlık Vektörleri

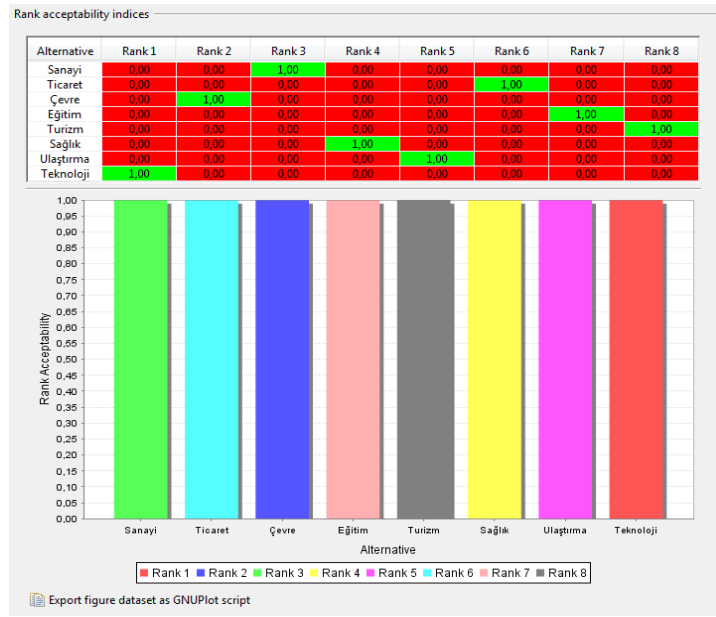
Senaryo-3: AHP-SMAA-2 Hibrit Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

AHP yöntemi ile Adım 3'te kriterler için bulunan yüzde önem ağırlıkları JSMAA programına ağırlık kısıtları olarak girilmiştir. Ağırlık bilgisinin olduğu durumlarda kullanılan “Cardinal” tercihi yapılarak, kriterlerin tamamı fayda içerikli olduğu için Ascending ikonu kaldırılmamıştır. Her bir kriter için girilen ağırlık değerleri Şekil 5'te verilmektedir

Preferences			
CARDINAL Preference information			
Criterion	Scale	Weight constraint	
result founds	[88,00 - 8369,00]	Exact	0.317
sum of times cited	[260,00 - 31742,00]	Exact	0.087
without self citations	[247,00 - 30412,00]	Exact	0.129
citing articles	[242,00 - 28302,00]	Exact	0.09
C.A without citations	[236,00 - 27329,00]	Exact	0.164
h-index	[8,00 - 56,00]	Exact	0.213

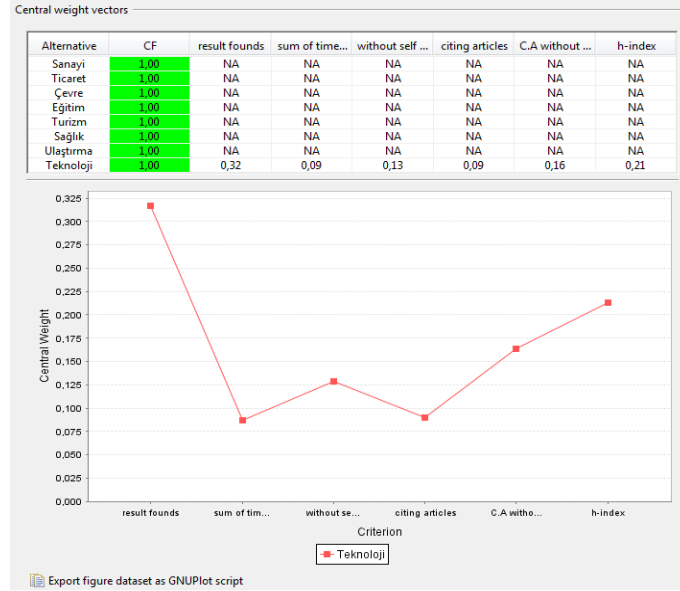
Şekil 5. Kriterlere ait ağırlık değerleri

Şekil 6’da verilen sıra kabul edilebilirlik indislerine göre sekizinci alternatif olan Teknoloji % 100 olasılıkla birinci sırada, üçüncü alternatif olan Çevre % 100 olasılıkla ikinci sırada, beşinci alternatif olan Turizm ise % 100 olasılıkla son sırada tercih edilmektedir. Şekil 6 incelendiğinde her bir alternatifin ilgili sırada tercih edilme olasılığının % 100 olduğu görülmektedir. Senaryo 1 ve 2 ile karşılaştırıldığında alternatiflerin sıralamasının yine değişmediği gözlemlenmektedir. Buna göre sıralama A8-A3-A1-A6-A7-A2-A4-A5 şeklindedir.



Şekil 6. Senaryo-3’e Göre Alternatiflerin Sıra Kabul Edilebilirlik İndisleri

Şekil 7’ye göre Güvenilirlik faktörü değeri birinci alternatif olan *sanayi* için % 100’dür. Yani bu alternatifin birinci sırada tercih edilme olasılığının (% 0) güvenilirlik oranı % 100’dür. Güvenilirlik faktörü değeri sekizinci alternatif olan “Teknoloji” için % 100’dür. Yani bu alternatifin birinci sırada tercih edilme olasılığının (% 100) güvenilirlik oranı %100’dür. Merkezi ağırlık vektörüne baktığımızda bu alternatifin birinci sırada tercih edilmesini sağlayan en önemli kriterin % 32 değeri ile Kriter 1 olduğunu görebiliriz. Diğer alternatifler için merkezi ağırlık vektörleri hesaplanamadığından, sadece sekizinci alternatif için grafik elde edilebildiği görülmektedir.



Şekil 7. Senaryo-3'e Göre Güvenilirlik Faktörleri ve Merkezi Ağırlık Vektörleri

Tartışma ve Sonuç

Özgün bir bilimsel çalışma için konu seçimi oldukça önemli bir husustur. Doğru konuyu seçebilmek için öncelikle sağlam bir altyapı oluşturulmalıdır. Bu amaçla orijinallik, önem, kaynak yeterliliği gibi araştırılması gereken birçok unsur vardır.

Bu çalışmada, mühendislik alanında etkili bir bilimsel yayın ortaya koyabilmek için sekiz alternatif çalışma konusu altı kritere göre, ÇKKV yöntemlerinden AHP ve SMAA-2 ile değerlendirilmiş ve üç farklı senaryoya göre alternatifler arasında sıralama yapılmıştır. Senaryolarda sırasıyla AHP, SMAA-2 ve AHP&SMAA-2 yöntemleri kullanılmıştır. Üç senaryoya göre elde edilen alternatif sıralamaları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Üç Senaryoya Göre Elde Edilen Alternatif Sıralamaları

		SENARYOLAR		
		Senaryo-1	Senaryo-2	Senaryo-3
ALTERNATİFLER	1	A8	A8	A8
	2	A3	A3	A3
	3	A1	A1	A1
	4	A6	A6	A6
	5	A7	A7	A7
	6	A2	A2	A2
	7	A4	A4	A4
	8	A5	A5	A5

Tablo 3 incelendiğinde, tüm senaryolar için A8 alternatifinin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu doğrultuda mühendislik alanında “Teknoloji” ile ilgili bilimsel araştırmaların öncelikli olarak tercih edilebileceğini söylemek mümkündür. Alternatiflerin sıralaması üç senaryo için aynı olup, “Teknoloji” başta olmak üzere, “Çevre”, “Sanayi”, “Sağlık”, “Ulaştırma”, “Ticaret”, “Eğitim” ve “Turizm” şeklinde devam etmektedir. Alternatiflerin üç senaryo için aynı şekilde sıralanmasının, performans değerleri arasındaki ayırt edici farktan veya uzman görüşü alınarak belirlenen kriter ağırlıklarının performans değerlerini destekleyecek nitelikte olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Ayrıca alternatif sayılarının artırılması durumunda senaryolar için alternatifler arası sıralamanın değişme ihtimalinin olabileceği de söylenebilir. İleriki çalışmalarda alternatif ve kriter sayıları artırılarak veya diğer ÇKKV yöntemleri ile farklı senaryolar oluşturularak farklı analizler elde edilebilir.

Kaynakça

- Chin, S. K., Chiu, S. and Tummala, R. M. V. (1999). An avaluation of success factors using the AHP to implement İSO 14001-bases EMS. *İnternational Journal of Quality & Reliability Management*, 16(4), 341-362.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2), 41-52.
- Durbach, I., Lahdelma, R. and Salminen, P. (2014). The analytic hierarchy process with stochastic judgements. *European Journal of Operational Research*, 238(2), 552-559.

- Ehrgott, M., Figueira, J. R. and Greco, S. (Eds.). (2010). *Trends in multiple criteria decision analysis*. New York. International Series in Operations Research & Management Science.
- Eroğlu, Ö. (2014). *Bakım / onarım alternatiflerinin bulanık DAMATEL ve SMAA-2 yöntemleriyle değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gibney, R. and Shang, J. (2007). Decision making in academia: A case of the dean selection process. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7), 1030-1040.
- Hokkanen, J., Lahdelma, R. and Salminen, P. (1999). A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the Helsinki Cargo Harbor. *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(1), 1-23.
- Karabay, S., Köse, E. ve Kabak, M. (2014). Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi. *Ege Akademik Bakış*, 14(3), 361-369.
- Köse E., Kabak M., Kurt Ş. ve Aplak H. S. (2008). TSK personelinin emeklilik sonrası yaşayacağı şehrin seçimi. *KHO Savunma Bilimleri Dergisi*, 7(2), 107-118.
- Lahdelma, R., Hokkanen J. and Salminen, P. (1998). SMAA- stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137-143.
- Lahdelma, R. and Salminen, P. (2001). SMAA-2: stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Operations Research*, 49(3), 444-454.
- Makkonen, S., Lahdelma, R., Asell, A. M. and Jokinen, A. (2003). Multi criteria decision support in the liberalized energy market. *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*, 12(1), 27-42.
- Okul, D., Gencer, C. and Aydoğan, E. K. (2013). A method based on SMAA- TOPSİS for stochastic multi-criteria decision making and a real-world application. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 13(5), 1-22.

- Okul, D. (2012). *Stokastik çok kriterli karar vermede yeni bir yöntem: SMAA-TOPSIS ve bir uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Saaty T.L., (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw - Hill, New York.
- Saaty, T. L. (1986). Absolute and relative measurement with the AHP: The most livable cities in the United States. *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(6), 327-331.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-94.
- Tervonen, T. and. Lahdelma, R. (2007). Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 500-513.
- Yaralıoğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 129-142.
- Yoo, E. K. and Choi, C. Y. (2006). Analytic hierarchy process approach for identifying relative importance of factors to improve passenger security checks at airport. *Journal of Air Transport Management*, 12(3), 135-142.

Extended Summary

Selection of Scientific Research Topics in Engineering Area with AHP and SMAA-2 Methods

Introduction

Science is a body of knowledge that chooses a part of the universe or events as topic and tries to determine laws based on experimental methods and facts, and that has been collected regularly since the early ages.

Scientific research is a systematic process of data collection and analysis to reach the desired information. Scientific research is carried out in order to contribute to science and help humanity. The first and the most important step of research is choosing the topic. Before a topic is chosen, as many sources as possible should be accessed, a thinking period should be spent about the possible topics and various sources should be examined. Articles written by other scientists, professional journals and books can be beneficial at this stage.

There are quite a number of issues to be considered about choosing a topic such as originality, importance, and sufficient number of sources. The researcher should have some interest in the topic s/he is planning to work on, while the research should have some originality which does not repeat what is already known by others or a particular opinion. What is more, the topic should be important enough to worth researching. And there should be plenty of sources at a desired level of quality in the field of research.

In this paper, in order to carry out an effective scientific research in the field of engineering, eight alternatives of research topics have been evaluated by utilising three approaches of Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods. First of them is Analytic Hierarchy Process (AHP), second is Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis-2 (SMAA-2) and third is a hybrid method, based on six different criteria. Then the alternatives have been ranked.

Methodology

AHP Technique

AHP was first brought forward by two researchers, Myers and Alpert, in 1968 and was developed as a model that can be used for solving

the problems of decision-making by Professor Thomas Lorie Saaty in 1977 (Yaralıoğlu, 2001).

AHP method has several steps as follows:

Step 1: Creating the hierarchical structure

Step 2: Creating the pairwise comparison matrices

Step 3: Creating the normalized decision matrices and calculating the priority vectors

Step 4: Calculating the consistency rate of the matrices

Step 5: Receiving the final result based on the hierarchical structure.

Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)

SMAA method has been developed in order to solve discrete MCDM problems in which values of alternatives according to criteria and criteria weights are imprecise or missing or they cannot be obtained from decision makers (Tervonen and Lahdelma, 2007).

It is not always possible to obtain exact values in real life. To overcome this, a reverse weight space approach is preferred. This approach seeks for an answer to how different alternatives can be picked through which parameters instead of asking the parameter values to solve the problem. SMAA calculates this reverse weight space using multi-dimensional integrals. One of the methods used while calculating integrals is the Monte Carlo Simulation (Karabay vd., 2014).

The fundamental goal in the SMAA method is to gain a decision making support through complementing measurements such as multi-dimensional integrals within the stochastic parameters cluster. SMAA-2 stands out in applications because it can both rank all the alternatives and choose the best alternative.

Application

In order to make a unique scientific publication, the topic of research should be well-determined. The aim of the application is choosing the most suitable topic of research in order to make an effective scientific research.

In this study, six criteria have been determined based on the alternative research topics from *Web of Science*. These criteria are as follows:

Criterion 1: Number of publications related to the research topic (Results founds)

Criterion 2: Number of references made in the research topic (Sum of the Times Cited)

Criterion 3: Number of references made in the research topic without self-citations (Sum of Times Cited without self-citations)

Criterion 4: Sources in the publications related to the research topic (Citing Articles)

Criterion 5: Sources authors use related to the research topic except for self-citations (Citing Articles without self-citations)

Criterion 6: h-index – is a metric to measure both the productivity and citation impact of the published body of work of a scientist.

For an effective scientific research, eight alternatives for research whose related statistics are available at TurkStat (Turkish Statistical Institute) are listed below:

Alternative 1: Industry

Alternative 2: Trade

Alternative 3: Environment

Alternative 4: Education

Alternative 5: Tourism

Alternative 6: Health

Alternative 7: Transportation

Alternative 8: Technology

Values related to alternatives based on the criteria have been obtained from *Web of Science*. While conducting the search, studies made *within the scope of SCI* and in the field of *engineering* between 2010 and 2015 are taken into account.

Alternatives have been ranked according to three different scenarios. Alternatives have been ranked using the AHP method, SMAA-2 method and the AHP-SMAA-2 hybrid method in the three scenarios, respectfully.

Discussion and Conclusion

Choosing the right topic is very important for a unique scientific research. In order to choose the right topic, first a sound groundwork should be established. To this end, there are quite a number of issues to take into account such as originality, importance and sufficient number of sources.

In this study, in order to make an effective scientific publication in the field of engineering, eight alternatives of research topics have been evaluated according to six criteria using AHP and SMAA-2 methods among the MCDM methods and the alternatives have been ranked based on three different scenarios. The AHP, SMAA-2 and AHP&SMAA-2 methods have been used in these scenarios, respectfully.

In all scenarios, alternatives are ranked as “Technology” taking the lead followed by “Environment”, “Industry”, “Health-care”, “Transportation”, “Trade”, “Education”, and “Tourism”. In other words, in order to make an effective scientific research in the field of engineering, research topics concerning “Technology” should take the priority.

In further research, number of alternatives and criteria can be increased or different analyses can be conducted by creating different scenarios using other MCDM methods.