

Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Bütünleşik Yöntemlerle Çözümü için Otomasyon Geliştirme: Bursiyer Seçimi Örneği

¹Kadriye CANPOLAT, ^{*2}Onur CANPOLAT, ²Özer UYGUN, ²Halil İbrahim DEMİR

¹Sakarya University, Computer Engineering Department, Sakarya, Turkey

²Sakarya University, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey

Özet

Gelişen dünyada karar vermek birçok farklı kriteri içerisinde bulunduran zor bir süreçtir. Kurum ve işletmeler açısından ciddi bir rekabetin var olduğu ve işletmelerin yok olmama çabası içerisinde bulunduğu günümüzde, doğru ve en iyi kararı kısa zamanda verebilmek rekabette önde olmak için büyük önem taşımaktadır. Verilen yanlış kararlar, geri dönüşü olmayan zararlara yol açabilmektedir. Karar verme problemleri çok sayıda kriteri bir arada bulundurduğu ve bazı karar problemlerinde verilerin çokluğundan dolayı problemleri çözmek çok zor ve zaman alıcı olabilmektedir. Bundan dolayı, bu problemlerin çözümünde bilgisayar yazılımlarının kullanılması hız kattığı gibi, en doğru çözümün bulunmasında da daha başarılı olmaktadır. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere C# (sharp) programlama dili ile bir bilgisayar yazılımı hazırlanmıştır. Bu yazılım, çok kriterli karar verme problemlerinin kriterlerinin ağırlıklarını kullanıcı tarafından seçilebilecek şekilde Entropi veya Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemleriyle hesaplayıp, en uygun alternatifi MAUT (Multi Attribute Utility Theory) yöntemiyle belirlemektedir. Örnek çalışma olarak, bir bursiyer seçimi problemi ele alınmıştır. Gelecekte, geliştirilen bu yazılıma farklı yöntemler ilave edilerek kullanıcıya farklı karar modelleri için alternatifler sunacak ve esneklik sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık AHP, Bursiyer Seçimi, Maut, Entropi, C#.

Abstract

Decision making is difficult progress in which contains various criteria in the developing world. Institutions and businesses have a serious competition for that and today in an attempt to extinction in the business, making right and the best decision is of the great importance to be able to stay ahead of the competition in a short time. Given the wrong decisions can lead to irreversible damage. Due to decision-making problems that incorporate a large number of criteria and the sheer volume of data of some decision problems, solving problems can be very difficult and time consuming. Therefore, the use of computer software speeds up the solution and is more successful in finding best solution. In this study, a software is developed using C# programming language to be used for solving multi-criteria decision making problems. This software calculates weights of criteria of multi-criteria decision making problems using Entropy or Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) methods which can be selected by user and determines the optimum alternative using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) method. As a case study, scholarship holder selection problem is considered. In the future, some other MCDM methods are going to be integrated to the developed software for providing flexibility and alternatives to the users.

Key Words: Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Scholarship Selection, MAUT, Entropy, C#.

1. Giriş

Eğitim hayatı zorlu bir süreçtir. Bu süreçte insanlar çeşitli maddi ve manevi zorluklarla karşılaşabilmektedirler. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için çeşitli yerlerden kendisine maddi kaynaklar yaratması gerekmektedir. Tüm dünyada eğitim öğretim görmekte olan hemen her kademedeki öğrencilere maddi olanaklar ve burs imkânları tanınmaktadır. Bu imkânlar bazen devletler tarafından sağlanmaktayken, bazen de bunu özel kurum veya kuruluşlar aracılığıyla yapmak mümkündür. Ülkemizde de burs veren birçok kurum ve kuruluş olduğu gibi, T.C. Başbakanlık Bursu ve Yüksek Öğrenim Kredi ve Yurtlar Kurumu ile devlet de öğrencilere burs olanağı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, üniversiteler içerisinde de rektörlük bursu adı altında üniversite yemekhanesinden ücretsiz yemek ya da maddi burs olanağı da mevcuttur. Sağlanan bu burslar sayesinde öğrenciler daha rahat bir öğrenim hayatına sahip olmakla birlikte barınma, ulaşım gibi giderlerini de daha rahat karşılayabilmektedirler.

Burs verilecek öğrencilerin belirlenmesinde tarafsızlık ilkesi son derece önem taşımaktadır. Değerlendirmeyi yapan kişilerin objektif olabilmeleri bursun doğru yerlere ulaşmasını sağlar ve olası adaletsizlik ve haksızlıkların da önüne geçer. Bu nedenle, bursiyer seçimi problemi önemli bir karar problemi halini almaktadır. Bundan dolayı, bu seçimin çok kriterli karar verme modelleri ile çözülmesi kararın daha doğru olmasını sağlarken aynı zamanda bu uzun süreci oldukça kısaltacaktır.

Bursiyer seçimi problemine Kır vd.[1] aksiyomatik tasarım yaklaşımıyla bakarken, Küçük Çıprın[2] ise genetik algoritmaları kullanarak yaklaşmıştır. Ancak, bu problemi MAUT ile değerlendiren herhangi bir çalışma yoktur.

Çok kriterli karar verme problemleri, aslında insanoğlunun hayatının her aşamasında karşılaştığı problemlerdir. Alınması gereken bir kıyafet, teknolojik bir ürün ve benzeri konularda verilmesi gereken kişisel kararlardan; bir şirketin yapacağı yatırım için arazinin belirlenmesi, bir satış ofisi için yer seçimi, alınan yeni bir tezgâh için tesis içi yerleşim gibi büyük kararlara ya da ülke genelinde yapılacak siyasal seçimlerde oy verilecek partinin belirlenmesi gibi toplumsal kararlara kadar pek çok problem çok kriterli karar verme problemlerinin kapsamına girmektedir. Bu büyük kapsama alanı içerisinde günümüzde sağlık, ekonomi, politika, çevre, bilişim, pazarlama, muhasebe, iletişim, seyahat gibi birçok alanda çok kriterli karar verme problemleriyle karşılaşılmaktadır.

Karar vericiler, pek çok kriter ve alt kriterden oluşan ve bu kriter ve alt kriterlerin aralarındaki ilişkileri kapsayan karmaşık bir yapı içerisinde kendileri için en doğru kararı olabilecek en hızlı şekilde vermek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu bazı durumlarda son derece önemli olabilmektedir. Bazı yanlış kararlar geri dönüşü zor kayıplara sebebiyet verebilir. Bu nedenle, karar verici, aradaki karmaşık ilişki ağını başarıyla kurabilmeli, hızlı bir şekilde sonuca ulaşabilmeli ve sonucun etkilerini öngörebilmelidir. Hal böyleyken, geleneksel yöntemlerle böyle zor kararların üstesinden gelmek zor ve zaman alıcı olmaktadır.

Bu çalışmada, M.S. Visual Studio 2013 .NET platformunda C# (sharp) programlama dili ile yazılmış, kullanıcı seçimine bağlı olarak bulanık AHP veya Entropi yöntemlerinden biri ile ağırlıklandırılmanın yapıldığı ve alternatif setinden en uygun alternatifin MAUT (Multi Attribute

Utility Theory) yöntemi ile seçildiği bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım, tamamen kullanıcı kontrolünde olup, herhangi bir büyüklükteki problemi çözmeye uygun şekilde tasarlanmıştır. Örnek olarak ise bir bursiyer seçimi problemi ele alınmıştır.

2. Literatür Taraması

2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

AHP, ilk olarak 1970’li yıllarda Thomas L. Saaty[3] tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir. AHP, günümüzde en çok kullanılan karar verme yöntemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. AHP tiptan elektroniğe; kimya sanayinden lojistiğe, madencilikten ekonomiye birçok farklı alanda sıkça kullanılan bir matematiksel modeldir.

Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP), klasik AHP’nin belirsizlik durumlarına cevap verememesinden dolayı gerçek hayattaki belirsizlik durumlarını içeren ifadeleri de AHP’ye katarak, daha gerçekçi ve doğruya daha yakın kararlar alınabilmesini amaçlar. Literatürde, BAHP ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur. AHP yaklaşımında karar verici değerlendirmeleri yaparken gerçek değerleri kullanmaktadır ancak BAHP yaklaşımında bulanık sayıları veya dilsel değişkenleri kullanarak daha kolay değerlendirme yapabilmektedir [4].

AHP ve BAHP ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; Montazar vd.[5] sulama projelerinin performanslarının BAHP ile değerlendirilmesini ele almışlardır. Çalışmalarında dört sulama projesi üzerinden gidilmiş ve yönetsel kriterlerin önemli olduğu görülmüştür. Yine, Barker ve Zabinsky[6] ise AHP’den yararlanarak tersine lojistik konusunda çok kriterli karar verme modeli ortaya koymuşlardır. Çalışmada AHP ile kriterler, alt kriterler, maliyetler vs. dikkate alınarak sekiz farklı ağ tasarlanmış, duyarlılık analizi ve AHP yardımıyla sekiz alternatif ağ yapılandırması sıralanmıştır. Yusof ve Salleh[7], Malezya’daki yükseköğretim için çoklu karar vermede AHP’yi kullanarak bir yapı kurmuşlardır. Bu yapıda, Malezya Yükseköğretim Bakanlığı’nın performans kriterleri ele alınmıştır. Kriterlerin ve göstergelerin değişebilir olduğu bu yapıya, herhangi bir eğitim kurumunda uygulanabilecek şekilde esneklik kazandırılmıştır. Buyurgan ve Saygın[8], gelişmiş üretim sistemlerinde gerçek zamanlı çizelgeleme ve parça rotalama konusunda AHP’yi kullanmışlardır. Bir üretim sisteminin gelecekteki olası durumlarının ikili karşılaştırılmasını içeren bir çerçeve ortaya koymuşlardır. Uyan[9], Coğrafi Bilgi Sistemi ve AHP’yi birleştirerek Konya’da güneş enerjisi tarlası için bir yer seçimi çalışması yapmıştır. Erbyık vd.[10] Türkiye’de bir perakende satış firması için mağaza yeri seçiminde AHP’den yararlanmışlardır. Özgörmüş vd.[4] BAHP kullanarak personel seçimi çalışması yapmışlardır. Karimi vd.[11] en iyi atık su işlem sürecinin seçimi için AHP ve BAHP’yi kullanmışlardır. Yılmaz[12], BAHP-Vikor bütünleşik yöntemini tedarikçi seçiminde uygulamıştır. Sofyalıoğlu ve Kartal[13] ise BAHP’yi küresel tedarik zinciri risk yönetimi stratejilerinin seçiminde uygulamışlardır. Demirci ve Küçük[14], AHP ile bursiyer seçimi gerçekleştirmiş, Hacıköylü[15] ise, Anadolu Üniversitesi’nde yiyecek ve kalacak yer bursu alacak öğrencilerin seçimini AHP ile gerçekleştirmiştir. Abalı vd.[16], AHP ve Topsis yöntemlerini kullanarak Kırıkkale Üniversitesi’nde verilecek olan bursun verileceği öğrencinin seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Literatürden de anlaşılacağı üzere, AHP ve BAHF hemen her alanda sıklıkla kullanılan, pek çok farklı çalışmaya konu olmuş ve olmaya devam eden yöntemlerdir. Bu çalışmada yapılan uygulamada, Chang'ın [17] genişletilmiş analiz yöntemine ilişkin adımlarından yararlanılmıştır.

2.2. Entropi Ağırlık Yöntemi

Entropi çok kriterli karar problemlerinde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Literatürde Entropi ile yapılan çalışmalara bakıldığında; Göksu[18], bulanık AHP ile birlikte üniversite tercih sıralamasında, Perçin ve Çakır[19], AB ülkelerinde Ar-Ge performanslarının ölçülmesinde, Shemshadi vd.[20] bulanık VIKOR ile birlikte tedarikçi seçiminde, Mon[21], silah sistemlerinin performansının ölçülmesinde, Li vd.[22] kömür ocaklarının güvenliğini Topsis yöntemi ile birlikte değerlendirmiştir. Ayrıca, Zou vd.[23], su kaynaklarının kalitesini, Yari ve Chaji[24] de operatör seçimini değerlendirmiştir. Gün geçtikçe çalışmaların sayısı artmaktadır.

2.3. Çok Nitelikli Fayda Teorisi (Multi Attribute Utility Theory - MAUT)

MAUT yöntemi hem niteliksel hem de niceliksel kriterler baz alınarak en faydalı alternatifi bulmaya yönelik kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde öznel veriler hesaplanabilir hale getirilerek en fayda sağlayan alternatifin bulunması amaçlanır. MAUT esasen Çok Özellik Değer Teorisi (MAVT) [25] bir uzantısı olan ve "Risk tercihleri ve belirsizliklerin karar destek yöntemlerinin içine nasıl dahil edilmesi konusunda çok daha titiz bir metodoloji"[26] olarak da tanımlanmaktadır[27].

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Gomez-Limon vd.[28], 2003 yılında yaptıkları çalışmada, bağıl ve mutlak riskten kaçınma katsayılarını elde edebilmek için bir MAUT metodolojisi sunmuşlardır. Riskten kaçınma katsayılarının tahmininde ve ayrıştırılabilir bir ek çok kriterli fayda fonksiyonu ortaya çıkarabilmek için MAUT'tan yararlanmışlardır. Ananda ve Herath[29], ormanlık arazi kullanımında toplumsal risk tercihlerinin değerlendirilmesinde MAUT yönteminden yararlanmışlardır. Yılmaz[30], MAUT'un risk altında olan ve risk içermeyen durumlardaki davranışlarını incelemiştir. Canbolat vd.[31] karar ağaçlarıyla MAUT yöntemini buluşturarak global bir üretim tesisi kurulacak ülkenin seçimini yapmışlardır. Loetscher ve Keller[32], gelişmiş ülkelerde sıhhi tesisat sistemi seçimi için SANEX adını verdikleri bir karar destek sistemi geliştirdi. Bu sistemde MAUT, teknik, sosyo-kültürel ve geleneksel kriterleri alternatiflerin sürdürülebilirlik ve uygulanabilirlik açısından karşılaştırılması için kullanmıştır.

MAUT yöntemi iki adımda uygulanmıştır:

1. $u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-}$ Formülü yardımıyla karar matrisinin normalize edilmesi,
2. $U(x) = \sum_{i=1}^n (u_i(x_i) * w_i)$ Formülü kullanılarak normalize edilmiş karar matrisinin ağırlıklar ile çarpılması sonucunda faydaları hesaplanması.

3. Uygulama

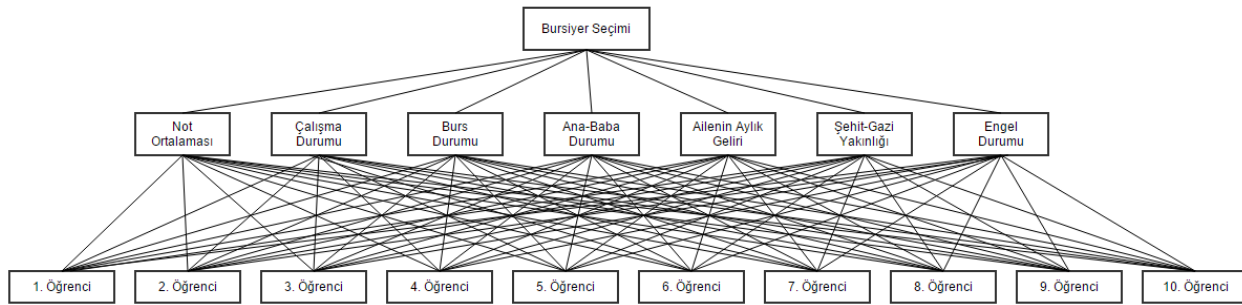
Bu çalışmada, hem ağırlıkların hesaplandığı hem de en uygun alternatifin seçildiği tek bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım, kullanıcının belirlediği sayıda kriter ve alternatife göre çözüm

sunabilecek esneklikte bir yapıda hazırlanmıştır. Belirlenen sayıdaki kriterlerin ağırlıklandırılması kullanıcı seçimine bağlı olarak, entropi veya bulanık AHP yöntemlerinden biriyle yapılabilmektedir. Bu durum, ortaya konan yazılımı kullanıcı odaklı hale getirmiştir. Programlamada, M.S. Visual Studio 2013 .NET platformunda C# (sharp) programlama dili kullanılmıştır.

Çalışmada örnek problem olarak bursiyer seçimi problemi ele alınmıştır. Uygulama problemi için alternatif 10 öğrenci içerisinde 1 tanesine burs verileceği düşünülmüş ve öğrencilerin değerlendirilmesinde toplam 7 kriter baz alınmıştır. Öğretim görevlileri ve öğrenciler ile yapılan görüşmeler sonucunda ortaya çıkan bu kriterler sırasıyla şöyledir:

- Not ortalaması(NO); öğrencinin üniversitedeki mevcut not ortalamasını gösterir.
- Çalışma durumu(ÇD); öğrencinin okurken aynı zamanda yarı veya tam zamanlı olarak herhangi bir işte çalışıp çalışmadığıdır.
- Burs durumu(BD); başvuruda bulunan öğrencinin aynı anda başka bir kurum veya kuruluştan burs alıp almadığıyla ilgilidir.
- Ana-baba durumu(ABD); öğrencinin anne ve babasının sağ, vefat etmiş, birlikte yaşıyor ya da boşanmış olup olmadıklarına dair bilgidir.
- Ailenin aylık geliri(AAG); öğrencinin ailesiyle birlikte yaşadığı eve bir ay boyunca giren para miktarıdır.
- Şehit-Gazi yakınlığı(ŞGY); öğrencinin birinci derece şehit veya gazi akrabası olup olmadığının incelenmesidir.
- Engel durumu(ED); öğrencinin herhangi bir engelinin bulunup bulunmadığıdır.

Yukarıda açıklaması ile birlikte verilen 7 kriter ve alternatif 10 öğrenciyi içeren bursiyer seçimi probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Bursiyer Seçimi Probleminin Hiyerarşik Yapısı

Bu çalışmada hazırlanan yazılım, Şekil 1’de hiyerarşik yapısı gösterilen bursiyer seçimi problemini çözebilmek için başlangıç matrisine gereksinim duymaktadır. Başlangıç matrisi oluştururken alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılmasında, Saaty [3] tarafından önerilen 1-9 değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Bazı kriterlerde ise (Çalışma Durumu, Burs Durumu, Şehit-Gazi Yakınlığı ve Engel Durumu) önem ölçeği olarak 1 ve 9 değerleri kullanılmıştır. Bu durum, Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Kriterlerin Alternatiflere Göre Önem Ölçekleri

	İfadeler	Önem Derecesi	
Not Ortalaması	Öğrencinin not ortalaması değeri girilir.		
Çalışma Durumu	1 veya 9 olarak numaralandırılır.	9= Çalışıyor	1=Çalışmıyor
Burs Durumu	1 veya 9 olarak numaralandırılır.	9=Burs Alıyor	1=Burs Almıyor
Ana-Baba Durumu	Sağ Beraber	1	
	Sağ Ayrı	3	
	Ana Sağ	5	
	Baba Sağ	7	
	Ana Baba Vefat	9	
Ailenin Aylık Geliri	3500'ün üstünde	1	
	1751-3500	3	
	1750'nin altında	5	
Şehit-Gazi Yakınlığı	1 veya 9 olarak numaralandırılır.	9=ŞGY Var	1=ŞGY Yok
Engel Durumu	1 veya 9 olarak numaralandırılır.	9=Engeli Var	1=Engeli Yok

Benzer şekilde, bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulurken kullanılan dilsel ifadeler ve ifadelere karşılık gelen bulanık değerler Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo oluşturulurken Chang’ın bulanık önem dereceleri yaklaşımından yararlanılmıştır [17].

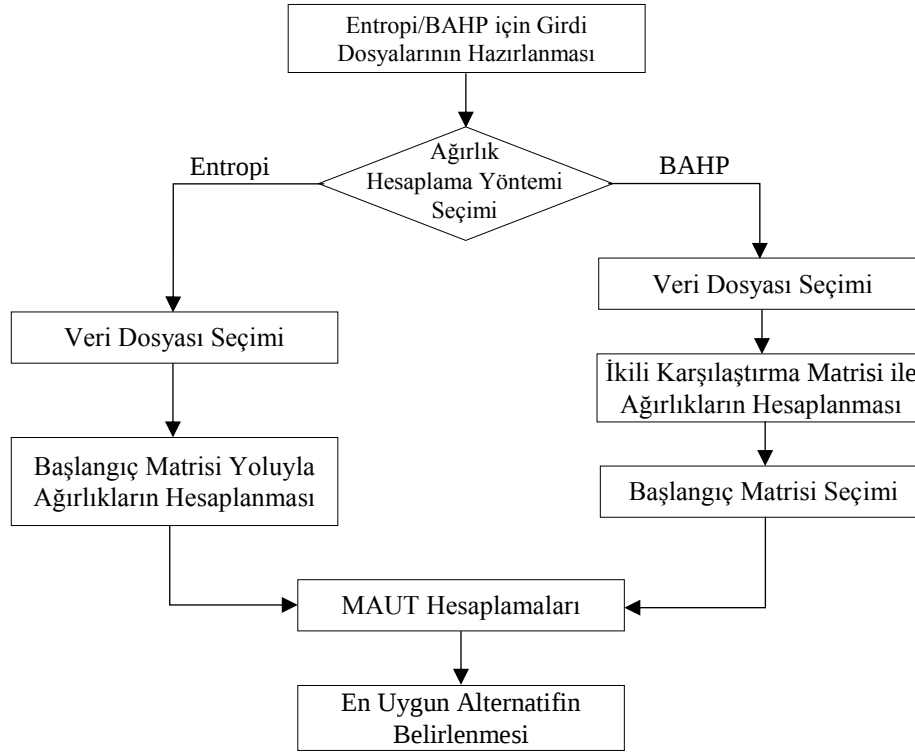
Tablo 2: Dilsel İfadeler

Dilsel İfade	Bulanık Değer	Karşılık Değer
Eşit Önemli	(1, 1, 2)	(0.5, 1, 1)
Biraz Önemli	(1, 2, 3)	(0.33, 0.5, 1)
Daha Önemli	(2, 3, 4)	(0.25, 0.33, 0.5)
Çok Daha Önemli	(4, 5, 6)	(0.17, 0.2, 0.25)
Kesin Önemli	(5, 6, 7)	(0.14, 0.17, 0.2)

Yazılım, kullanıcı odaklı ve esnek bir yapıya sahiptir. Kullanıcı, karşısına gelen arayüz üzerinden problemin kriter ağırlıklarının hangi yöntemle belirleneceğini (BAHP ya da Entropi) seçmekte ve yaptığı seçime göre yazılıma girdi sunmaktadır. Örnek uygulamada girdi Microsoft Office Excel formatında sunulmuştur. Ağırlıklandırma işleminin ardından ise, en uygun alternatif belirlenmiş kriterler ve bu kriterlerin hesaplanmış ağırlıkları üzerinden MAUT yöntemiyle belirlenmektedir. Bu yapı, Şekil 2’de şematik olarak gösterilmektedir.

Girdiler kullanıcı tarafından daha önceden problemin türü, büyüklüğü ve özelliklerine göre hazırlanmakta ve program çalıştırılmaktadır. Yazılımın açılış ekran görüntüsü Şekil 3’te gösterilmiştir.

Açılış ekranında kullanıcının yapacağı seçime göre yazılıma tanıtması gereken girdi değişiklik gösterecektir. Bu farklılık Entropi ve BAHP yöntemlerinin adımlarından ve farklı ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Bursiyer seçimi probleminde yazılım her iki yöntem için de ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Bu nedenle, Entropi yönteminde ihtiyaç duyulan başlangıç matrisi ile BAHP yönteminde ihtiyaç duyulan bulanık ikili karşılaştırma matrisi önceden hazırlanmıştır. Başlangıç matrisinin bir örneği Şekil 4’te, bulanık ikili karşılaştırma matrisinin bir örneği ise Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Yazılımın Akış Diyagramı

Şekil 3: Yazılımın Açılış Ekranı

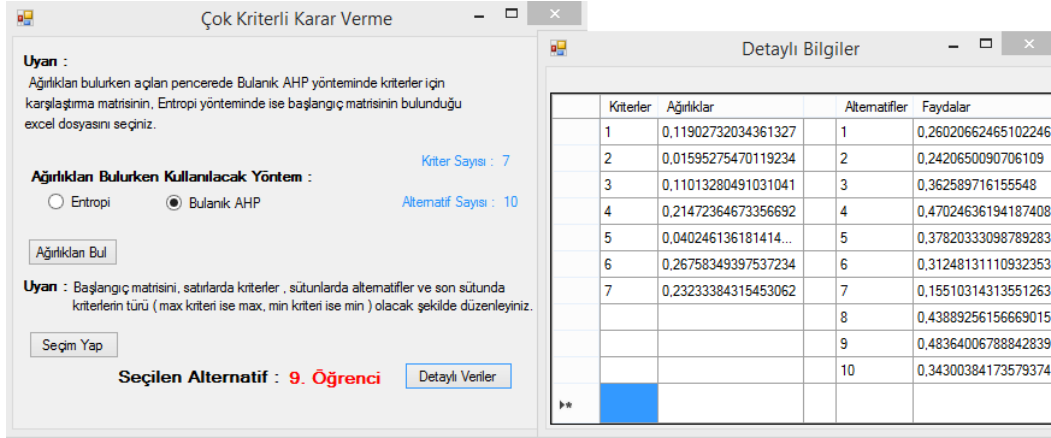
	A	B	C	D	E	F
1		Ogrenci1	Ogrenci2	Ogrenci3	Ogrenci4	Ogrenci5
2	NO	3,36	2,48	2	2,25	3,36
3	ÇD	1	9	9	9	1
4	BD	1	1	1	1	1
5	ABD	1	3	1	3	5
6	AAG	3	3	3	1	1
7	ŞGY	1	1	1	9	1
8	ED	1	1	9	1	1

Şekil 4: Başlangıç Matrisi

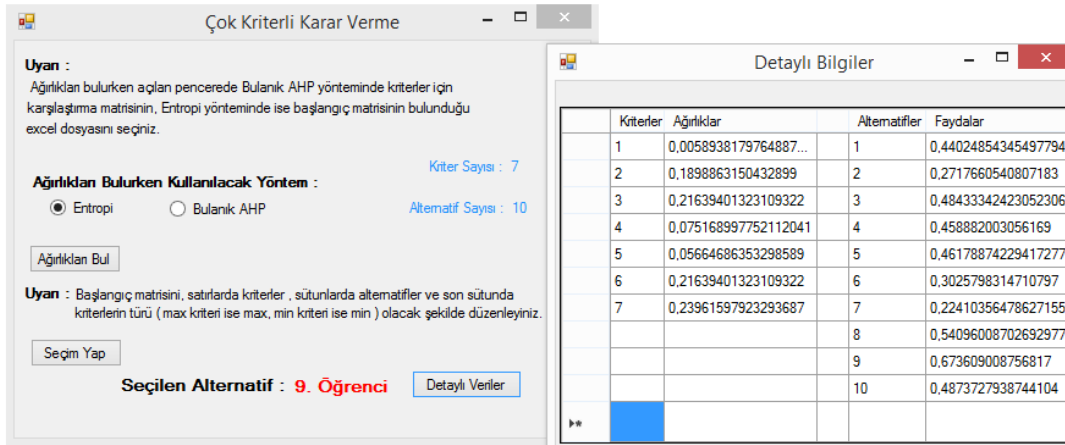
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		NO(l)	NO(m)	NO(u)	ÇD(l)	ÇD(m)	ÇD(u)	BD(l)	BD(m)	BD(u)	ABD
2	NO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	2,0000	0,1667	0,2000	0,2500	2,0000
3	ÇD	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	2,0000	3,0000	4,0000	0,3333
4	BD	4,0000	5,0000	6,0000	0,2500	0,3333	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	ABD	0,2500	0,3333	0,5000	1,0000	2,0000	3,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000
6	AAG	0,2500	0,3333	0,5000	2,0000	3,0000	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000	0,1667
7	ŞGY	1,0000	2,0000	3,0000	4,0000	5,0000	6,0000	2,0000	3,0000	4,0000	0,5000
8	ED	2,0000	3,0000	4,0000	5,0000	6,0000	7,0000	1,0000	2,0000	3,0000	0,2500

Şekil 5: Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

Hazırlanan bu veriler kullanılarak yazılım çalıştırılmış, her iki yöntemle de ağırlıklar hesaplanıp uygun alternatif seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 6: Ağırlıkların Bulanık AHP ile Hesaplandığı Durum



Şekil 7: Ağırlıkların Entropi ile Hesaplandığı Durum

4. Bulgular

Bursiyer seçim probleminin sonuçlarına ait ekran çıktıları Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir. Şekil 6, ağırlıkların BAHF ile hesaplandığı, Şekil 7 ise Entropi ile hesaplandığı durumu göstermektedir. Her iki durumda belirlenen ağırlıkların birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. Birbirinden bağımsız olarak çalıştırılan iki durumun sonucunda da en uygun alternatif olarak 9. Öğrenci’ ye burs verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Seçilen alternatif ve kriter ağırlıklarına ait sonuçlar Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: Toplu Sonuçlar

Ağırlık Hesaplama Yöntemi	Bulanık AHP	Entropi
Seçilen Alternatif	9. Öğrenci	9. Öğrenci
Önemi En Yüksek Kriter	Şehit-Gazi Yakınlığı (%26,7)	Engel Durumu (%24)
Önemi En Düşük Kriter	Çalışma Durumu (%1,6)	Not Ortalaması (%0,5)

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, M.S. Visual Studio 2013 .NET platformunda C# (sharp) programlama dili kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım ile çok kriterli karar verme problemlerinin çözümüne yönelik yeni bir bakış oluşturmak amaçlanmıştır. Hali hazırda bulunmayan bulanık AHP, entropi ve MAUT entegrasyonuna sahip bir yapı oluşturulmuştur. Kullanıcı seçimine bağlı olarak değişken yöntemlerle çözüme ulaşabilen aynı zamanda da problemin çeşidi ve büyüklüğüne göre kriter ve alternatif sayısının değiştirilebilmesine olanak sağlayan esnek bir model kurulmuştur. Örnek problem olarak ise bursiyer seçim problemi ele alınmıştır.

Geliştirilen yazılım ile herhangi bir büyüklükteki problem istenilen yöntemle çözülebilmektedir. Kriter ve alternatif sayısı istenildiği gibi değiştirilebilir. Gelecekte, geliştirilen bu yazılıma yeni özellikler ve yöntemler ilave edilerek (ör. Bulanık ANP, TOPSIS, VIKOR vb.) kullanıcıya daha fazla sayıda çözüm yöntemi seçme imkanı sunulacak ve kullanıcı dostu özelliği artırılacaktır.

Kaynakça

- [1] Kır S, Nehir E, Karabıyık S, Yazgan HR, Ercan S. Bursiyer Seçim Probleminin Aksiyomatik Tasarım ile Çözülmesi. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 33.Ulusal Kongresi, 2014
- [2] Küçük Çırpın B. Bursiyerlerin Genetik Algoritma Tekniği Yardımı İle Seçimi. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 28. Ulusal Kongresi, 2008;105–106.
- [3] Thomas L Saaty. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill: 1980.
- [4]Özgörmüş E, Mutlu Ö, Güner H. Bulanık AHP ile Personel Seçimi. İstanbul Ticaret Üniversitesi; 2005.
- [5] Montazar A, Gheidari ON, Snyder RL. A fuzzy analytical hierarchy methodology for the performance assessment of irrigation projects. Agric Water Manag 2013;121:113–123.
- [6] Barker TJ, Zabinsky ZB. A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. Omega 2011;39:558–573.
- [7] Yusof NAM, Salleh SH. Analytical Hierarchy Process in Multiple Decisions Making for Higher Education in Malaysia. Procedia - Soc Behav Sci 2013;81:389–394.
- [8] Buyurgan N, Saygin C. Application of the analytical hierarchy process for real-time scheduling and part routing in advanced manufacturing systems. J Manuf Syst 2008;27:101–110.
- [9] Uyan M. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/Turkey. Renew Sustain Energy Rev 2013;28:11–17.
- [10] Erbiyık H, Özcan S, Karaboğa K. Retail Store Location Selection Problem with Multiple Analytical Hierarchy Process of Decision Making an Application in Turkey. Procedia - Soc Behav Sci 2012;58:1405–1414.
- [11] Karimi AR, Mehrdadi N, Hashemian SJ, Bidhendi GRN, Moghaddam RT. Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods. Int J Environ Sci Technol 2011;8:267–280.

- [12] Yılmaz E. Bulanık AHP-VIKOR Bütünleşik Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. *Iktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi* 2012;33:331–354.
- [13] Sofyalıoğlu Ç, Kartal B. The Selection of Global Supply Chain Risk Management Strategies by Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process – A Case from Turkey. *Procedia - Soc Behav Sci* 2012;58:1448–1457.
- [14] Demirci E, Küçük B. Bursiyerlerin analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yardımı ile seçimi. 27. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi, 2007.
- [15] Hacıköylü BE. Analitik Hiyerarşi Karar Verme Süreci ile Anadolu Üniversitesi'nde Beslenme Ve Barınma Yardımı Alacak Öğrencilerin Belirlenmesi. *Anadolu Üniv Sosyal Bilimler Enstitüsü*. 2006.
- [16] Abalı YA, Kutlu BS, Eren T. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bursiyer Seçimi: Bir Öğretim Kurumunda Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 2012;26:259–272.
- [17] Chang D-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *Eur J Oper Res* 1996;95:649–655.
- [18] Göksu A. Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. phd. *Sosyal Bilimler Enstitüsü*. 2008.
- [19] Perçin S, Çakır S. AB Ülkeleri'nde Bütünleşik Entropi Ağırlık-Topsis Yöntemiyle Ar-Ge Performansının Ölçülmesi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2013;32:77–95.
- [20] Shemshadi A, Shirazi H, Toreihi M, Tarokh MJ. A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Syst Appl* 2011;38:12160–12167.
- [21] Mon D-L. Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight. *Fuzzy Syst 1995 Int Jt Conf Fourth IEEE Int Conf Fuzzy Syst Second Int Fuzzy Eng Symp Proc 1995 IEEE Int 1995*;2:591–598 vol.2.
- [22] Li X, Wang K, Liu L, Xin J, Yang H, Gao C. Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in Safety Evaluation of Coal Mines. *Procedia Eng* 2011;26:2085–2091.
- [23] ZOU Z, YUN Y, SUN J. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *J Environ Sci* 2006;18:1020–1023.
- [24] Yari G, Chaji AR. Maximum Bayesian entropy method for determining ordered weighted averaging operator weights. *Comput Ind Eng* 2012;63:338–342.
- [25] Fishburn PC, Keeney RL. Seven independence concepts and continuous multiattribute utility functions. *J Math Psychol* 1974;11:294–327.
- [26] Løken E. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renew Sustain Energy Rev* 2007;11:1584–1595.
- [27] Konaşkan Ö, Uygun Ö. Çok Nitelikli Karar Verme (Maut) Yöntemi Ve Bir Uygulaması. *ISITES2014*;1403–1412.
- [28] Gómez-Limón JA, Arriaza M, Riesgo L. An MCDM analysis of agricultural risk aversion. *Eur J Oper Res* 2003;151:569–585.
- [29] Ananda J, Herath G. Evaluating public risk preferences in forest land-use choices using multi-attribute utility theory. *Ecol Econ* 2005;55:408–419.
- [30] Yılmaz MR. Multiattribute utility theory: A survey. *Theory Decision* 1978;9:317–347.
- [31] Canbolat YB, Chelst K, Garg N. Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility. *Omega* 2007;35:312–325.
- [32] Loetscher T, Keller J. A decision support system for selecting sanitation systems in developing countries. *Socioecon Plann Sci* 2002;36:267–290.