

AKÜ FEMÜBİD 18 (2018) 011306 (169- 177)

AKU J. Sci. Eng. 18 (2018) 011306 (169-177)

DOI: 10.5578/fmbd.66835

Dalış Bilgisayarlarının Ergonomik Performanslarının Değerlendirilmesi

Tamer Özyiğit¹, Salih Murat Egi²¹ Galatasaray Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

e-posta: tozyigit@gsu.edu.tr

Geliş Tarihi:03.10.2017 ; Kabul Tarihi:13.04.2018

Özet

Sportif dalıncılar basınç azalmasından ötürü ortaya çıkan vurgun hastalığını önlemek amacı ile derinlik ve süreye bağlı uygun çıkış profilini gösteren dalış bilgisayarı kullanırlar. Bu cihazlar aynı zamanda dalıcının tüpündeki gaz miktarını, bu gazın belirli derinlikte ne kadar yetebileceğini, pusula bilgini gösterebildiği gibi kronometre, algoritma seçimi, dalış kaydı gibi 4., 5 aksesuar özellikler de taşıyabilir. Güvenli ve konforlu dalış için kullanıcı dostu ve etkin bir dalış bilgisayarı seçimi hayati önem taşır. Bu çalışmada, pazardaki sportif dalış bilgisayarlarının ergonomik performanslarının değerlendirilmesi için uzmanlar tarafından belirlenmiş 7 performans ölçütü kullanılarak çok ölçütlü bir karar verme yöntemi uygulanmıştır. Performans ölçütlerinin ikili karşılaştırmaları, çeşitli ülkelerden (Türkiye, İtalya, Belçika, Avustralya, Hollanda, Norveç, İngiltere, Finlandiya ve Almanya) 4 kadın ve 16 erkek dalıcı ile yapılan anketlerle elde edilmiştir. En yüksek pazar segmentinde ve fiyatı birbirine yakın sekiz dalış bilgisayarı analize dahil edilmiş, performans ölçütlerinin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci ile hesaplanmıştır. Bu çalışmada, dalış bilgisayarlarının performanslarının ergonomik açıdan değerlendirilmesi için mevcut popüler dalış dergilerindeki öznel değerlendirmelerin alternatifi nesnel bir yöntem ilk kez kullanılmıştır. Çalışma en üst segment dalış bilgisayarları kapsamış olmakla birlikte, ilerde tüm segmentleri kapsayacak şekilde genişletilmesi ve değerlendirme sonuçları ile vurgun kaza istatistiklerinin karşılaştırılması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler

Dalış; Dalış Bilgisayarı;
Ergonomi; Çok Kriterli
Karar Verme; AHP.

Evaluating the Ergonomic Performance of Dive Computers

Abstract

Recreational divers use dive computers (DCs) which give information about safe ascent profile in order to prevent decompression illness that may result from decrease in ambient pressure. Dive computer are electronic devices used not only for appropriate ascent from depth but for their extra features such as tank pressure, gas time remaining, compass, chronometer, algorithm selection, recording dives to increase dive safet and comfort. Divers have to select a user-friendly and effective DC for safe and comfortable dive activity. In this study, we implemented a multi-criteria decision making method (MCDM) for evaluating the ergonomic performance of recreational DCs on the market based on to seven performance criteria determined by three experts. The pairwise criteria comparisons were acquired from the survey performed on 4 female and 16 male divers from different countries (Turkey, Italy, Belgium, Greece, Australia, Netherlands, Norway, England, Finland and Germany). Ten DCs belonging to the highest market segment based on comparable retail prices were used in this study. The data was used in Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the importance weights of the criteria. This study put forward an objective method for the assessment of DCs in terms of ergonomics. For future studies, MCDM methods can be used in different evaluations of recreational and technical DCs, such as efficiency analysis, taking into account the prices as an input thus enabling cross segmental comparisons as well.

Keywords

Diver; Dive Computer;
Ergonomics; Multi-
Criteria Decision
Making; AHP

1. Giriş

Son 20 yılda sportif dalış tüm dünyada oldukça hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. Bu sporun geniş kitleler tarafından uygulanması ve gelişen teknoloji, dalış güvenliğine yönelik pek çok donanımın geliştirilmesine yol açmıştır. Bunlardan en önemlilerinden biri ise, günümüzde hemen her dalgıcın kullandığı, dalış sırasında vücuttaki gaz birikimini teorik olarak hesaplayan ve dekompresyon hastalığından korunmada etkili olan dalış bilgisayarlarıdır. Dekompresyon hastalığı, dalıştan uygun olmayan şekilde çıkış ve bunun sonucu olarak ortam basıncının hızlı şekilde azalmasından kaynaklanan rahatsızlıklara verilen genel isimdir (Francis and Smith 1991). Dalıştan güvenli bir şekilde çıkmak için derinlik ve bu derinlikte geçirilen süreye dayalı çeşitli algoritmalar geliştirmiş ve 1908 yılından bu yana güvenli derinlik/zaman kombinasyonlarını belirten “dalış tabloları” dalışı planlamak için kullanılmıştır (Noycott et al. 1908). Bu tür araştırmalar günümüzde de sürmekte ve algoritmalar daha iyi hale getirilmeye çalışılmaktadır (United States Navy Dive Manual 2016). Modern bilgisayar çağına sualtı donanımlarına en büyük etkisi, Jacques Cousteau'nun Su Ciğer'ini (Aqualung) icat etmesinden beri dalış donanımlarındaki en büyük ilerleme olan elektronik dalış bilgisayarlarıdır. Dalış Ekipmanları Pazarlama Birliği'nin (Diving Equipment Marketing Association - DEMA) yaptığı araştırmaya göre dalış bilgisayarları, dalgıcıların dalış eğitimi aldıkları ilk sene içerisinde satın aldıkları donanımlar arasında getiri açısından 3. Sıradadır (DEMA, 2013). Modern dalış bilgisayarları (DB) derinlik (basınç) algılayıcısı, mikroişlemci ve derinlik, dalış zamanı gibi dalışla ilgili bilgilerin gösterilmesi için bir ekrandan oluşan elektronik cihazlardır. Dalış bilgisayarlarının çoğu sıcaklık algılayıcısı ve elektromanyetik sinyal alıcısı ile su sıcaklığı ve dalış tüpündeki basıncı da gösterebilmektedir. Ayrıca özellikle son yıllarda yaygınlaşan sayısal pusula ile sualtında yön bulmak için de dalgıcıya bilgi vermektedirler. İlk modern dalış bilgisayarı modellerinin ortaya çıkmasından günümüze, bu cihazlarda kullanılan dekompresyon algoritmaları, bunların doğrulanması, güvenilirlik,

insan denekler üzerinde testler, kabul edilebilir risk düzeyi, etkinlik, sınırlar ve ergonomik performans konularında soru işaretleri henüz tamamen giderilmemiştir. Bunun temel nedeni ise üreticiler ve bilim insanları arasındaki iş birliği eksikliğidir (Azzopardi and Sayer 2012).

Dalış bilgisayarlarının temel kullanım amacı, yüksek ortam basıncı altında solunumla alınarak vücut dokularında biriken atıl gazların (nitrojen ve/veya helyum) miktarının derinlik ve süreye göre teorik hesaplanması ve buna göre dekompresyon algoritmaları ile güvenli çıkış profilinin belirlenerek dalgıcıya gösterilmesidir (Keller and Bühlmann 1965), (Bruce and Timothy 2001). Dalış bilgisayarlarının, dalış tablolarına göre en büyük avantajı gaz birikiminin gerçek zamanlı olarak hesaplanmasıdır. Dalış tabloları bu hesaplamayı kare profile göre yaparlar (dalışın tüm süresinin en derin bölgede olduğunu varsayarlar). Buna ek olarak dalış bilgisayarları çıkış hızını hesaplayarak gerektiğinde dalgıcıyı uyarma, gazların kısmi basıncını ölçerek zehirlenmelere karşı bilgi verme, tüp basıncı düşük seviyelere indiğinde alarm verme, dalış profilini kaydetme gibi özelliklere sahiptir. Bazı daha gelişmiş modellerde, yeni bir özellik olarak diğer dalgıcıların ve teknelerin yönünü gösterme, sualtında mesaj gönderme gibi özellikler de bulunmaktadır. Günümüzde, yukarıda bahsedilen yeni özelliklerin de eklenmesi ile dalış bilgisayarları karmaşık cihazlar haline gelmişlerdir ve bazı kullanıcılar bu cihazları etkin ve tüm özelliklerinde yararlanarak kullanmakta güçlük çekmeye başlamışlardır. Dalış bilgisayarlarının arızaları ve kullanım hataları dalış sırasında hayati tehlikelere yol açabilmektedir. Bir dalış bilgisayarı kullanıcısı, cihazın kullanım kılavuzunu iyi anlamalı, dalışla ilgili ayarlamaları doğru ve eksiksiz bir şekilde yapabilmeli ve ekrandaki bilgi ve uyarıları kolayca okumalı ve doğru yorumlayabilmelidir. Ekranda gösterilen bilgi ve uyarıların yanlış anlaşılması ve ayarlamaların yanlış yapılması ciddi dalış kazalarına yol açmaktadır (Sayer and Wilson 2008).

Bu çalışmanın amacı pazardaki lider firmaların ürettiği dalış bilgisayarlarının ergonomik

performanslarının çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak nesnel olarak değerlendirilmesidir. Bu, son aşama olan, ergonomik performans ile dalış kazaları arasındaki istatistiksel ilişkinin incelenmesi için ilk adımdır.

Dalış bilgisayarlarının ergonomik performansını etkileyen birçok ölçüt bulunduğu için ilk olarak uzman görüşlerinden faydalanarak analizde kullanılacak ölçütler belirlenmiştir. Bu ölçütlerin ağırlıklandırılması ve değerlerinin karşılaştırılması için yine uzman görüşleri ve kullanıcı anketlerinden faydalanılmış ve analiz Saaty'nin geliştirmiş olduğu Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process - AHP) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (Saaty, 1980). Bu yöntemin avantajı, uzman ve kullanıcı görüşleri gibi sözel verileri sayısal olarak analiz edilmesine izin vermesidir.

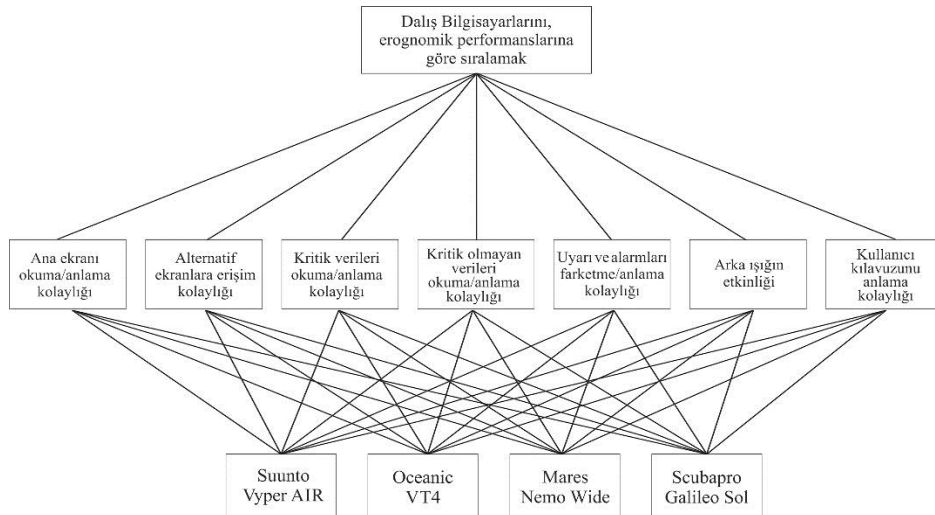
Analitik hiyerarşi süreci proje/yer seçimi (Taylan et al. 2014), (Choudhary and Shankar 2012), tedarikçi, üretim sistemi değerlendirilmesi ve personel seçiminde (Rezaei et al. 2014), (Yurdakul, 2004), (Gungor et al. 2009), yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasına rağmen dalışla ilgili çalışmalarda az yayına rastlanmaktadır. Çok değişkenli istatistiksel analizler ve kümeleme analizi gibi yöntemler dekompresyon hastalarında görülen bulgu belirtilerin kümelenmesinde ve hastalığının sınıflandırılmasında kullanılmıştır (Ozyigit et al. 2010). Analitik hiyerarşi süreci ise bir çalışmada sanayi dalışları için personel seçimi için önerilmiştir (Ozyigit and Egi 2014). Dalış bilgisayarlarının ergonomik performansı üzerine sınırlı sayıda çalışma

vardır (Ozen, 2008). Bu alandaki çalışmalar genelde dalış bilgisayarlarının algoritmalarının değerlendirilmesi (Huggins, 2006), (Lippmann, and Wellard 2004), (Blogg et al. 2004) ve güvenilirlikleri (Sayer et al. 2016) üzerinedir.

2. Materyal ve Metot

Değerlendirme için gösterge tipi ve saat tipinden 4'er adet, toplamda 8 dalış bilgisayarı seçilmiştir. Bu bilgisayarlar pazardaki önemli üreticilerin çok bilinen, benzer özellik ve fiyat seviyesine sahip modelleridir. Bu bilgisayarların seçimi, üreticinin önerdiği perakende satış fiyatları temel alınarak ve her iki tipten de en yüksek fiyata sahip bilgisayarlar belirlenerek yapılmış, böylece en üst segment bilgisayarlar hedeflenmiştir. Saat tipi, ve gösterge tipi bilgisayarların arasındaki fark şu şekilde açıklanabilir. Gösterge tipi olanlar oldukça büyük ve sadece dalış sırasında kullanılmak için tasarlanmış dalış bilgisayarlarıdır. Saat tipi olanlar ile daha küçük, dalış dışında da kol saati olarak kullanılabilir şekilde tasarlanmış cihazlardır.

Analitik hiyerarşi sürecinin temel mantığı, karmaşık birçok ölçütlü karar verme problemini hiyerarşik olarak ayrıştırmasıdır (Albayrak and Erensal, 2004). Karar verme yönteminin nihai amacı (bu çalışmada dalış bilgisayarlarını ergonomik performanslarına göre sıralamak) hiyerarşinin en üstündedir. Karar ölçütleri orta seviyelerde ve karar alternatifleri (dalış bilgisayarları) hiyerarşinin en altındadır. Bu yapı gösterge tip dalış bilgisayarları için Şekil 1'de gösterilmiştir. Saat tipi bilgisayarlar için de amaç ve ölçütler aynıdır, sadece bilgisayarlar değişmektedir.



Şekil 1. Gösterge tipi dalış bilgisayarları için değerlendirme hiyerarşisi.

Şekil 1’de dalış bilgisayarlarını ergonomik performanslarına göre sıralamak temel amaç olarak hiyerarşinin en üst sırasındadır. Belirlenen 7 performans ölçütü; **C1:** Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı, **C2:** Alternatif (ikincil) ekranlara ulaşım kolaylığı, **C3:** Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı, **C4:** Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı, **C5:** Uyarı ve alarmları fark etme/anlama kolaylığı, **C6:** Arka ışığın etkinliği ve **C7:** Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı orta seviyededir. Ergonomik performansları değerlendirilecek dalış bilgisayarları ise en alt seviyededir.

Önceki bölümde de anlatıldığı gibi 4 gösterge tipi ve 4 saat tipi dalış bilgisayarları analize dâhil edilmiştir. Her iki tipteki bilgisayarlar için analizler ve sıralama ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Bunun nedeni, bu iki tip dalış bilgisayarları birbirinden farklı özellikleri için tercih edilmesidir. Gösterge tipi bilgisayarlar daha büyük, dolayısıyla ekranları ve düğmeleri daha geniştir. Bunlar sadece dalışta kullanmaya uygun donanımlardır. Saat tipi bilgisayarlar ise daha küçük ve kol saati olarak günlük kullanıma uygun olarak tasarlanmışlardır. Bu tip bilgisayarlarda estetik ön plana çıkmakla beraber ekranları daha küçüktür. Her iki tipten de fiyatı en üst seviyede olan ve benzer özelliklere sahip bilgisayar seçilmiştir. Gösterge tipi bilgisayarlar: 1) Suunto Vyper AIR (Suunto, Vantaa, Finland), 2) Oceanic VT4 (Oceanic, San Leandro, CA, USA), 4) Mares Nemo Wide (Mares, Rapallo, Italy) and 4) Scubapro Galileo Sol’dur (El Cajon, CA, USA). Saat tipi bilgisayarlar ise: Suunto DX, Oceanic OC1, Scubapro Meridian, and Mares Matrix’tir.

Çizelge 1. Ölçütlerin ikili karşılaştırılması için skala.

Önem seviyesi	Açıklama
1	Ölçüt <i>i</i> ve <i>j</i> aynı önemdedir
3	Ölçüt <i>i</i> ölçüt <i>j</i> ’den biraz daha önemlidir
5	Ölçüt <i>i</i> ölçüt <i>j</i> ’den oldukça önemlidir
7	Ölçüt <i>i</i> ölçüt <i>j</i> ’den çok daha önemlidir
9	Ölçüt <i>i</i> ölçüt <i>j</i> ’ye göre kesinlikle daha
2,4,6,8	Ara değerler

Bir ölçütün (C_k) ağırlığını (w_k) belirlemek için ikili karşılaştırma matrisi ($A_{k \times k}$) oluşturulmaktadır. $A_{k \times k}$ matrisinin elemanları (a_{ij}) bu dalış bilgisayarlarının kullanıcıları tarafından belirlenmektedir. Çalışmaya katılan uzman ve kullanıcılara hangi ölçütün diğerine

göre ne kadar önemli olduğu sorulmuş ve 1 ile 9 arası bir puan verilmesi istenmiştir. Çeşitli ülkelerden (Türkiye, İtalya, Belçika, Yunanistan, Avustralya, Hollanda, Norveç, İngiltere, Finlandiya ve Almanya) 16 erkek ve 4 kadın tecrübeli dalıcıya Çizelge 1’deki ölçük gösterilmiş ve ölçütleri buna göre ikili olarak karşılaştırmaları istenmiştir.

Araştırmaya görüşleriyle destek veren katılımcılarla, bilgisayarların kullanıldığı test dalışları gerçekleştirilmiş ve bu sayede daha sağlıklı değerlendirmeler elde edilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3’te bu dalışlardan görüntüler ve kullanılan bilgisayarlar verilmiştir.



Şekil 2. Test dalışı 1.



Şekil 3. Test dalışı 2.

Katılımcıları yaşı 25 ile 54, toplam dalış sayıları ise 14 ile 5000 arasındadır. Katılımcılardan 11 tanesi dalış eğitmeni ve 12 tanesi aynı zamanda teknik dalıcıdır. Yirmi adet ikili karşılaştırma matrisinin ortalaması ölçütlerin ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

$A_{k \times k}$ matrisi $a_{jj} = 1$ ve $a_{ij} = 1/a_{ji}$ atanarak tamamlanır. Ağırlık vektörü W aşağıdaki eşitliğin çözülmesiyle hesaplanır:

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (1)$$

Burada λ_{\max} , A matrisinin en yüksek özdeğeridir (eigen value).

$W = (w_1, \dots, w_k)^T$ vektörü $\sum_{j=1}^k w_j = 1$, $w_j \geq 1$ ve $j = 1, \dots, k$ olmak üzere normalizasyon koşulunu sağlamaktadır.

Benzer yöntem dalış bilgisayarlarının ergonomik performans ölçütlerinin değerlerinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Her bilgisayarı kullanan dalıcılardan, bilgisayarları 7 adet ölçüte ve Çizelge 2'deki skalaya göre ikili olarak karşılaştırmaları istenmiştir. Ayrıca söz konusu ikili karşılaştırmalar 3 adet dalış bilgisayarı uzmanına da yaptırılmıştır. Elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin ortalamaları dalış bilgisayarlarının ergonomik performans ölçüt skorlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Çizelge 2. Dalış Bilgisayarlarının (DB) ölçütlere göre ikili karşılaştırılması için skala

Önem seviyesi	Açıklama
1	DB i ve j ilgili ölçüte göre aynı değerdedir.
3	DB i DB j 'ye göre biraz daha üstündür
5	DB i DB j 'ye göre oldukça üstündür
7	DB i DB j 'ye göre çok daha üstündür
9	DB i DB j 'ye kesinlikle daha üstündür
2,4,6,8	Ara değerler

Ölçütlerin değerleri ve ağırlıkları belirlendikten sonra alternatiflerin (dalış bilgisayarlarının) sıralanması için genel puanlarının hesaplanması mümkün olmaktadır. Bunun için ağırlıklar ilgili ölçüt değerleri ile çarpılmakta ve dalış bilgisayarlarının her ölçüte göre puanı ve bunların ortalaması alınarak genel ergonomik performans puanı hesaplanmaktadır.

4. Bulgular

Önceki bölümde açıklana yöntemle hesaplanmış ölçüt ağırlıklar Çizelge 3'te verilmiştir. En önemli ergonomik performans ölçütü kritik verileri okuma/anlama kolaylığı olarak belirlenmiştir. Bunu ana ekranı okuma/anlama kolaylığı takip etmektedir. Ona yakın bir puan alan Uyarı ve alarmları fark etme/anlama kolaylığı 3. sıradadır.

Arka ışığın etkinliği, alternatif ekranlara erişim kolaylığı ve kritik olmayan verileri okuma kolaylığı sırasıyla 4., 5. ve 6. sıradadır. Kullanıcı görüşlerine göre en düşük ağırlık kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığındadır.

Çizelge 3. Ergonomik performans ölçütlerinin ağırlıkları.

Ölçüt	Ağırlık
Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı	0.2443
Alternatif ekranlara erişim kolaylığı	0.0668
Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı	0.3006
Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı	0.0456
Uyarı ve alarmları farketme/anlama kolaylığı	0.2402
Arka ışığın etkinliği	0.0710
Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı	0.0315

Gösterge tipi ve saat tipi dalış bilgisayarlarının ölçüt değerleri sırasıyla Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 4'e göre Vyper AIR kritik ve kritik olmayan verileri okuma/anlamada olduğu gibi uyarıları/alarmları farketme ve okuma kolaylığında en üst sıradadır. Suunto bilgisayarların kullanıcı kılavuzları kullanıcılar tarafından en kolay anlaşılır kılavuzlar olarak belirlenmiştir. Oceanic VT4 ise alternatif ekranlara erişim ve arka ışık konusunda diğerlerinden daha iyi performans göstermektedir ancak kullanıcı kılavuzu anlaşılır bulunmamıştır. Galileo Sol'un ölçütlere göre dengeli bir performansı vardır. En kötü performansla sahip bilgisayar ise Nemo Wide olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5'i incelediğimizde ise Suunto ve Oceanic dalış bilgisayarları, gösterge tipi bilgisayarlarla benzer ölçütlerde iyi performans göstermektedirler. Yani Suunto DX kritik ve kritik olmayan verileri okuma/anlamada olduğu gibi uyarıları/alarmları farketme ve okuma kolaylığında en üst sıradadır. Oceanic OC1 ise alternatif ekranlara erişim ve arka ışık konusunda diğerlerinden daha iyi performans göstermektedir. Saat tipi bilgisayarlarda Mares Matrix ve Scubapro Meridian, kritik olmayan verileri göstermekte etkin olsalar da toplam skorda 3. ve 4. sıradadır.

Dalış bilgisayarlarının ölçütlere göre ağırlıklı skorlarının toplamı her bilgisayar için toplam skoru vermektedir. Bu ağırlıklı skorlar ve toplam skorlar gösterge tipi bilgisayarlar için Çizelge 6, saat tipi bilgisayarlar için Çizelge 7'de verilmiştir.

Suunto Vyper Air gösterge tipi bilgisayarlar arasında en iyi ergonomik performansı gösteren bilgisayardır. Onu Oceanic VT4 izlemektedir. Galileo Sol ve Mares

Nemo Wide ise 3. ve 4. sıradadır. Saat tipi dalış bilgisayarları arasında en iyi performansı Oceanic OC1 göstermektedir. Onu Suunto DX izlemektedir. Mares Matrix ve Scubapro Meridian 3. ve 4. sıradadır.

Gösterge tipi ve saat tipi dalış bilgisayarlarının ölçüt değerleri sırasıyla Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 4'e göre Vyper AIR kritik ve kritik olmayan verileri okuma/anlamada olduğu gibi uyarıları/alarmları farketme ve okuma kolaylığında en üst sıradadır. Suunto bilgisayarların kullanıcı kılavuzları kullanıcılar tarafından en kolay anlaşılır kılavuzlar olarak belirlenmiştir. Oceanic VT4 ise alternatif ekranlara erişim ve arka ışık konusunda diğerlerinden daha iyi performans göstermektedir ancak kullanıcı kılavuzunu anlaşılır bulunmamıştır. Galileo Sol'un ölçütlere göre dengeli bir performansı vardır. En kötü performansa sahip bilgisayar ise Nemo Wide olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5'i incelediğimizde ise Suunto ve Oceanic dalış bilgisayarları, gösterge tipi bilgisayarlarla benzer

ölçütlerde iyi performans göstermektedirler. Yani Suunto DX kritik ve kritik olmayan verileri okuma/anlamada olduğu gibi uyarıları/alarmları farketme ve okuma kolaylığında en üst sıradadır. Oceanic OC1 ise alternatif ekranlara erişim ve arka ışık konusunda diğerlerinden daha iyi performans göstermektedir. Saat tipi bilgisayarlarda Mares Matrix ve Scubapro Meridian, kritik olmayan verileri göstermekte etkin olsalar da toplam skorda 3. ve 4. sıradadır.

Dalış bilgisayarlarının ölçütlere göre ağırlıklı skorlarının toplamı her bilgisayar için toplam skoru vermektedir. Bu ağırlıklı skorlar ve toplam skorlar gösterge tipi bilgisayarlar için Çizelge 6, saat tipi bilgisayarlar için Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. Gösterge tipi dalış bilgisayarlarının ölçüt değerleri

Ölçüt	Suunto Vyper AIR	Oceanic VT4	Mares Nemo Wide	Scubapro Galileo Sol
Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı	0.2901	0.2394	0.2034	0.2670
Alternatif ekranlara erişim kolaylığı	0.2966	0.3405	0.1078	0.2550
Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı	0.4268	0.1706	0.1847	0.2179
Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı	0.4864	0.0668	0.2234	0.2234
Uyarı ve alarmları farketme/anlama kolaylığı	0.4826	0.2872	0.0720	0.1582
Arka ışığın etkinliği	0.1355	0.5335	0.1072	0.2238
Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı	0.5214	0.1091	0.0854	0.2842

Çizelge 5. Saat tipi dalış bilgisayarlarının ölçüt değerleri

Ölçüt	Suunto DX	Oceanic OC1	Scubapro Meridian	Mares Matrix
Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı	0.2886	0.2911	0.2257	0.1946
Alternatif ekranlara erişim kolaylığı	0.1868	0.4565	0.1835	0.1731
Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı	0.2588	0.2490	0.2009	0.2913
Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı	0.2404	0.1011	0.3172	0.3413
Uyarı ve alarmları farketme/anlama kolaylığı	0.3417	0.2804	0.1890	0.1890
Arka ışığın etkinliği	0.1115	0.6895	0.0995	0.0995
Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı	0.4972	0.0800	0.1613	0.2615

Çizelge 6. Gösterge tipi dalış bilgisayarlarının ağırlıklı kriter skorları ve toplam ergonomik performans skorları

Ölçüt	Suunto Vyper AIR	Oceanic VT4	Mares Nemo Wide	Scubapro Galileo Sol
Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı	0.0709	0.0585	0.0497	0.0652
Alternatif ekranlara erişim kolaylığı	0.0198	0.0227	0.0072	0.0170
Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı	0.1283	0.0513	0.0555	0.0655
Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı	0.0222	0.0030	0.0102	0.0102
Uyarı ve alarmları farketme/anlama kolaylığı	0.1159	0.0690	0.0173	0.0380
Arka ışığın etkinliği	0.0096	0.0379	0.0076	0.0159
Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı	0.0164	0.0034	0.0027	0.0089
TOPLAM SKOR	0.3831	0.2459	0.1502	0.2208

Çizelge 7. Saat tipi dalış bilgisayarlarının ağırlıklı ölçüt skorları ve toplam ergonomik performans skorları

Ölçüt	Suunto DX	Oceanic OC1	Scubapro Meridian	Mares Matrix
Ana ekranı okuma/anlama kolaylığı	0.0705	0.0711	0.0551	0.0475
Alternatif ekranlara erişim kolaylığı	0.0125	0.0305	0.0123	0.0116
Kritik verileri okuma/anlama kolaylığı	0.0778	0.0748	0.0604	0.0876
Kritik olmayan verileri okuma/anlama kolaylığı	0.0110	0.0046	0.0145	0.0156
Uyarı ve alarmları farketme/anlama kolaylığı	0.0821	0.0674	0.0454	0.0454
Arka ışığın etkinliği	0.0079	0.0490	0.0071	0.0071
Kullanıcı kılavuzunu anlama kolaylığı	0.0157	0.0025	0.0051	0.0082
TOPLAM SKOR	0.2774	0.2999	0.1998	0.2229

Suunto Vyper Air gösterge tipi bilgisayarlar arasında en iyi ergonomik performansı gösteren bilgisayardır. Onu Oceanic VT4 izlemektedir. Galileo Sol ve Mares Nemo Wide ise 3. ve 4. sıradadır. Saat tipi dalış bilgisayarları arasında en iyi performansı Oceanic OC1 göstermektedir. Onu Suunto DX izlemektedir. Mares Matrix ve Scubapro Meridian 3. ve 4. sıradadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, pazarda iyi tanınırlıkları olan ve büyük ölçekli üreticilerin en üst fiyat seviyesinde üretilmiş 8 adet dalış bilgisayarının ergonomik performanslarının değerlendirilmesi için yaygın bir yöntem olan analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Bu yöntemin dalış bilgisayarı değerlendirilmesinde, özellikle uzman ve kullanıcı görüşleri gibi sözel verilerin kullanılmasına imkân verdiği için kullanışlı olduğu saptanmıştır.

Dalış bilgisayarlarının birçok değişik özelliği olmakla beraber, kullanıcılar ergonomik yetersizliklerden dolayı bu özellikleri etkin olarak kullanamadıkları durumda yeterli verim alınamamakta, hatta dalış kazalarına ve acil durumlara davetiye çıkarılmaktadır. Bu nedenle ergonomik ve kullanıcı dostu olma özelliği bir dalış bilgisayarı için en hayati

özelliklerden biridir. Bunlar dikkate alınırca bu çalışmanın en önemli katkılarından biri dalış bilgisayarları için önerilen performans ölçütleridir.

Bu karşılık ergonomik performans dalış bilgisayarları için tek etkinlik ölçütü değildir. Bunun dışında birçok teknik dekompresyon algoritması sayısı, en yüksek çalışma derinliği, pil ömrü, güvenilirlik, fiyat gibi başka ana ölçütler dalış bilgisayarı seçiminde önemli rol oynamaktadır. Bu teknik ve güvenlik ile ilgili özelliklerin de değerlendirilmesi için değişken tipleri ve sayısına göre başka çok ölçütlü karar destek yöntemleri, istatistik analizler ve veri madenciliğinden yararlanılabilir.

Özellikle sözel ve belirsiz verilerin kullanılması için bulanık sayılarla ve kategorik değişkenlerle kullanılabilen çok amaçlı karar verme yöntemleri uygulanabilir.

Dünya çağında dalış güvenliği konusunda veri toplayan ve araştırmalar yapan Dalıcı Güvenlik Ağ'ının (Divers Alert Network – DAN) oluşturduğu Dalış Güvenlik Laboratuvarı kapsamında topladığı veriler bu tip çalışmalar için değerli bir kaynak sağlamaktadır (Cialioni et al. 2017). Bu veri tabanı hali hazırda dalış güvenliği konusundaki veri madenciliği uygulamalarını mümkün kılmıştır

(Ozyigit et al. 2016). Dalış kazaları ve dalış bilgisayarı kullanımı ile ilgili veriler ergonomik performansın güvenlik açısından önemini ortaya koyacak analizlere kaynak oluşturmaktadır. Dalış bilgisayarlarının ergonomik performans skorlarının güvenlik ve dalış kazaları ile ilgili verilerle karşılaştırılması ve aralarında anlamı ilişkiler aranması bu çalışmanın bir sonraki adımını teşkil edecektir. Bu analizler sadece kullanıcıların en iyi ve güvenli bilgisayarı seçmelerine yardımcı olmayacaktır, ayrıca üreticilerin de daha etkin ve güvenli bilgisayarlar tasarlamak için nelere dikkat etmeleri gerektiği konusunda bir kaynak teşkil edecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Galatasaray Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 6.12.2014 tarih ve 2012/06 sayılı karar ile desteklenmiştir
Kurum : Galatasaray Üniversitesi
Proje No: 11.401.004
Proje Yöneticisi: Öğr. Gör. Dr. Tamer Özyiğit, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Proje Yardımcısı: Doç. Dr. S. Murat Egi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar

Albayrak, E., Erensal, Y.C., 2004. Using Analytic Hierarchy Process (AHP) to Improve Human Performance: An Application of Multiple Criteria Decision Making Problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, **15**, 491-503.

Azzopardi, E., Sayer, M., 2012. Estimation of depth and temperature in 47 models of diving decompression computer International. *Journal of the Society for Underwater Technology*, **31**, 3–12.

Blogg, S. L., Michael, A. L., Møllerløkken, A., 2011. In: Proceedings of the Validation of Dive Computer Workshop. EUBS and Akademika Publishing. Ağustos 24. Gdansk, Poland, 128 p.

Rezaei, J., Fahim, P.B.M., Tavasszy, L., 2014. Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, **41**, 8165-8179.

Boycott, A. E., Damant, G. C. C., Haldane, J. S. 1908. The Prevention of Compressed Air Illness. *Journal of Hygiene*, **8**, 342-443.

Bruce, R.W., Timothy, R.O., 2001. Reduced gradient bubble model: Diving algorithm, basis and comparisons. In: NAUI Technical Diving Operations, Tampa, Florida, USA, 1-36.

Cialoni, D., Pieri. M., Balestra, C., Marroni, A., 2017 Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base. *Frontiers in Psychology*, **8**, 1587. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01587.

Choudhary, D., Shankar, R. 2012. A STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. *Energy*, **42**, 510-521.

Direction of Commander Naval Sea Systems Command. 2016. U.S. Navy Dive Manual, Rev 7. Washington, DC, U.S. Navy. 2016. Chapter 9-65, 495-516.

Fast Facts: Recreational Scuba Diving and Snorkeling. The Diving Equipment and Marketing Association (DEMA), 2013.

Francis, T.J.R., Smith, D.J., eds. 1991. Describing decompression illness, 42nd Workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD.

Gungor, Z., Serhadlioglu, G., Kesen, S.E., 2009. A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*, **9**, 641–646.

Huggings, K.E., 2006. Evaluation of Dive Computer Options for Potential Use in 300 fsw Heliox/Trimix Surface Supplied Scientific Diving. In: Advanced Scientific Diving Workshop; Şubat 23-24; Smithsonian Institution, Washington DC, USA.

Keller, H., Bühlmann, A., 1965. Deep diving and short decompression by breathing mixed gases. *Journal of Applied Physiology*, **20**, 1267–70.

Lippmann, J., Wellard, M., 2004. Comparing Dive Computers. *South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) Journal*, **34**, 124-129.

- Ozen, O., 2008. QFD application for a new dive computer manufacturing. Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Lisans Bitirme Tezi, 63 p, Istanbul, Turkey.
- Ozyigit, T., Egi, S.M., Denoble, P., Balestra, C., Aydın, S., Vann, R., Marroni, A., 2010. Decompression illness medically reported by hyperbaric treatment facilities: Cluster Analysis of 1929 cases. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, **81**, 1-5.
- Ozyigit, T., Egi, S.M., 2014. Commercial diver selection using Multiple-Criteria Decision-Making methods. *Undersea and Hyperbaric Medicine* 41(2014), 565-572.
- Ozyigit, T., Yavuz, C., Pieri, M., Egi, S.M., Egi, B., Altepe, C., Cialioni, D., Marroni, A., 2016. Data Mining on Divers Alert Network DSL Database: Classification of Divers, *Advances in Data Mining. Applications and Theoretical Aspects*, Volume: 9728 of the series Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing, (16th Industrial Conference on Data Mining, ICDM 2016), New York, NY, USA, 96-109.
- Saaty, T.L., 1980. *Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 205.
- Sayer, M.D.J., Azzopardi, E., Sieber, A., 2016. User settings on dive computers: reliability in aiding conservative diving. *Diving and Hyperbaric Medicine*, **46**, 98-110.
- Sayer, M.D.J., Wilson, C.M., 2008. Lade, G., Lonsdale, P. 2008. The consequences of misinterpreting dive computers: three case studies. *Diving and Hyperbaric Medicine*, **38**, 33-39.
- Taylan, O., Bafail, A.O., Abdulaal, R.M.S., Kabli, M.R., 2014. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing*, **17**, 105-116.
- Yurdakul, M., 2004. Selection of computer-integrated manufacturing technologies using a combined analytic hierarchy process and goal programming model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **20**, 329-340.