

BİYOMİMİKİRİ VE ERGONOMİ: TASARIMDA DOĞADAN YENİLİKÇİ İLHAM

Hande ERYILMAZ*

Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Biyomimikri
Tasarım
Ergonomi

Özet

Ergonomi bireylerin görev ve sorumluluklarının, kullandıkları araç-gereçlerinin, çevre koşullarının ve dahil olunan sistemlerin sürekli iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Ergonomi çok disiplinli bir yaklaşım ve uygulama niteliğinde taşır. Ergonomik olarak tasarlanmış ürünler ise kullanıcılara ve şirket sahiplerine rakip ürünler karşısında daha verimli, kaliteli ve farklı bir değer katarak rekabet üstünlüğü sağlayabilmektedir. Bu çalışmada tasarımda biyomimikri ve ergonominin önemi ve kullanım sahaları tartışılacaktır. Biyomimikri (biomimicry) doğadaki modelleri inceleyerek, tasarımda tabiattan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlamaktadır. Ergonomik yaklaşım çevrenin insanlara uyarlanması konusunda önemli katkı niteliği taşır. Bu doğrultuda bu çalışmanın önemi araç-gereç ve sistemlerin tasarımında yenilikçi bir bakış açısı kazandırarak, mevcut örnekler ışığında, biyomimikrinin ergonomi alanına katkıları değerlendirilecektir.

BIOMIMICRY AND ERGONOMICS: INNOVATIVE INSPIRATION FROM NATURE FOR DESIGN

Keywords

Biomimicry
Design
Ergonomics

Abstract

Ergonomics aims to improve the role and responsibilities of the individuals, utilization of tools used by the individuals, the environment and systems the individuals are part of. Ergonomics entails a multi-disciplinary approach and application area. Ergonomically designed products provide more efficient, quality and value added products with respect to competitors. In this study, the importance of using biomimicry for design and ergonomics and their application areas will be discussed. Biomimicry aims to investigate the models in nature and to inspire from nature to solve individual's problems. Ergonomic approach contributes significantly to adapting the individual to the environment. Accordingly, the importance of this study is to understand the contributions of biomimicry with current examples for innovative tool and system design in ergonomics.

1. Giriş

Asırlar boyu insanlar sorunlarına etkin çözümler bulabilmek adına farklı yollar denemişlerdir. Özellikle, tasarımcılar ve mühendisler fark yaratabilmek ve tasarımda etkinliklerini artırabilmek adına yaratıcı ve yenilikçi çözümlere yönelmiştir. Bu yeniliğe ilham veren önemli bir kaynakta doğa'dır. Altun (2011) 'Doğanın İnovasyonu' adlı kitabında şirketler için 'İnotaklit' yeteneğinden bahseder. Yazara göre,

inotaklit değer yaratabilmek adına kısaca 'gelişmek için imitasyon, ilerlemek için inovasyon' yeteneklerinin birleştirilmesidir. Yazar doğanın yeni iş modelleri, farklı tasarımlar ve özgün çözümler için önemli bir kaynak olduğunu vurgular.

Biyomimikri, latince bios (hayat) ve mimikos (taklit) kelimelerinden türemiştir (Volstad ve Boks, 2012). Biyomimikri aslında hayat ve doğayı taklit etmek üzere doğadan ilham alan tasarım (Kennedy, 2004) olarak ifade edilir ve önemli bir inovasyon kaynağıdır.

* İlgili yazar: hande.eryilmaz@atilim.edu.tr, +90-312-5868358

Biyomimikri sadece doğadaki gözlemlerin doğrudan ürüne dönüştürülmesi değil, aynı zamanda biyoloji temelli kavramların ürünlerin ve/veya süreçlerin yaratıcı olarak geliştirilmesinde kullanılması olarakta değerlendirilebilir (Volstad and Boks, 2012). Bu doğrultuda, Altun'un belirttiği üzere (2011) biyomimikri 'insanların doğada bulunan sistemleri taklit ederek yaptıkları maddelerin, aletlerin, mekanizma ve sistemlerin' tümünü kapsayan bir bilim dalıdır. Sorunlara çözüm üretmekte temel olarak nasıl yapabiliriz sorusundan daha iyi nasıl yaparız sorusuna bilim ve teknoloji ışığında önemli bir katkı alanı olmaktadır (Primlani, 2013).İnsan, makina, iş ve sistemlerin uyumlaştırılması adına biyomimikri ergonomi alanında da katkı sağlayabilmektedir. Özellikle iş sağlığı ve iş güvenliğinin temini, yorulmanın ve iş stresinin hafifletilmesi, iş kazalarının ve mesleki risklerin azaltılması, işgücü kayıplarının önlenmesi ve verimliliğin ve kalitenin yükseltilmesi (Su, 2001) gibi ergonominin amaçları değerlendirildiğinde biyomimikri değer yaratabilecek yenilikçi bir alandır.

2. Biyomimikri ve Tasarım

Biyomimikri tasarım ve tasarımcıyı sürece dahil ederek doğadan ilham alarak yaratıcı çözümler geliştirmeyi hedefler. Doğa'nın 3.8 milyar yıllık tecrübesini artık mevcut araçlar ve yeteneklerle inceleyebilme olanağımız artmıştır (Volstad ve Boks, 2012; Ginsberg vd., 2013). Günümüzde enerji verimliliğine ve sürdürülebilirlik gibi kavramlara verilen önemde doğaya dönüşü açıklamaktadır. Bu alanda önemli çalışmalar yapan Benyus (1997) biyomimikriyi insanların sorunlarına çözüm bulmak adına doğa'nın modellerini inceleyen, taklit eden ve ilham alan yeni bir bilim olarak ifade eder. Bu doğrultuda doğa'nın tasarımlarında 9 temel özellik sıralar: i) Güneş ışığından faydalanır ii)İhtiyacı olan enerjiyi kullanır iii)İşleve uygun form yaratır iv)Herşeyin geri dönüşümünü sağlar v)İşbirliğin ödüllendirmesini destekler vi) Çeşitlilik üzerine yatırım yapar vii)Yerel unsurlardan faydalanır viii) Fazlalıkları uzak tutar ve ix) Sınırları zorlar. Bu prensipler dahilinde sadece ürünlerin değil, aynı zamanda altyapıların ve süreçlerinde bu doğal tasarım yolunu takip edebilmesi önemlidir (Mathews, 2011). Benyus (1997) doğayı bir model, ölçüt ve mentor olarak görmeyi ifade eder.

Primlani (2013) ise Benyus'un (1997) temel çalışmasına ek olarak biyomimikri enstitüsünün tasarım prensiplerini aşağıdaki gibi sıralar: i) Değişen koşullara uyum sağlamak ii) Yaşayabilmek için gelişmek iii) Büyümeyi gelişmelerle uyumlaştırmak iv) Yerel ihtiyaçlarda farkındalık ve sorumluluk oluşturmak v) Doğa uyumlu kimya kullanmak vi) Kaynaklarda verimli olmak. Tüm bu tasarım prensiplerinde aslında sistem vurgusu vardır. Sistemlerin zaman içinde gelişerek, adaptasyon gösterebilmesi, altyapılarını yerel kısıtlar ve koşullar

dahilinde uyumlaştırması, çevreye zarar vermeden ve az kaynak kullanarak daha sürdürülebilir ve hep yeni kalabilen tasarımlar yaratabilmektir. Örneğin, kendi kendine bacak, kuyruk ve göz geliştirebilen semender hayvanı gibi, kendini yenileyebilen araba lastikleri (Ginsberg vb., 2013) ve eskimiş ve yıpranmış sistemlerin düzenlenmesi, iş kazalarının önlenmesinde de önemli vazife üslenebilecektir.

Biyomimikri kullanarak yenilik yapmak iki şekilde ilerleyebilir: biyolojiden tasarıma yada tasarımdan biyolojye. İlkinde, bir tasarım engelini biyolojik bir fenomenden yararlanarak çözümlenmek hedeflenmektedir. Örneğin geko kertenkelesinin ayaklarındaki yapılar yüzeylere uyum sağlamasını sağlar. Bu özellik kullanılarak geko yapışkanı geliştirilmiştir (Volstad ve Boks, 2012). Geko kertenkelesinin ayak yapısı ise Nike firmasının dağcı ayakkabası geliştirmesine ilham olmuştur(Altun, 2011) İnsan yapımı radarların daha verimli çalışması adına yarasaların çok frekanslı ileticilerinden faydalanılabilir. Yine tehlikeli işlerde zırh yaratmak için hamam böceklerinin yüzeylerinden, uzun mesafelerde pusula ve harita olmadan arılar ve kuşlar gibi adapte olabilmek, yada çelikten daha sağlam ağlar yaratabilmek için örümceklerin ağlarına bakmak önemlidir (Altun, 2011). Tasarımdan biyolojide ise bir tasarım engelini, temel bir fonksiyonda toplayıp, farklı organizmalar ve ekosistemlerin bu sorunu nasıl aştığı üzerine çalışabilmek yatar (Volstad ve Boks, 2012). Buna örnek olarak otomotiv endüstrisinin aerodinamik sorunun aşabilmek için Box balığından faydalanması örneklenebilir. Yüzücülerin daha hızlı yarışabilmesi için köpek balıklarının yüzeylerinden ilham alması da şaşırtıcı değil. Boya sanayisinde ise su tutmayan ve kirlenmeyen boya yüzeylerinin oluşturulmasında yine doğa'daki lotus çiçeğinden faydalanılmıştır. Lotus çiçeği'nin doğal yaprak yapısı kir parçacıklarını hep atıp, yaprak yüzeylerini hep temiz tutar (Primlani, 2013; Altun, 2011).

Lurie-Luke (2014) çalışmasında biyomimikri'nin hangi alanlarda yaygın olduğunu araştırmıştır. Burada en yaygın alan malzeme geliştirme olarak görülmektedir. Bu da kendi içinde sırasıyla dört başlık altına ayrılmaktadır i) Dışsal uyaranlara karşı tepki verebilen akıllı malzemeler ii)Yüzey topografisini ilgilendiren yüzey düzenlemeleri iii) Yeni şekiller ve yapıları bünyesinde bulunduran malzeme mimarisi ve iv) Mevcut sistemlerin parametrelerinin düzenlenmesi ve iyileştirilmesi adına yapılan çalışmalar olarak özetlenebilir. Diğer bir yaygın alan ise hareketlilik kabiliyetlerinin artırılması üzerinedir. Burada kinetik bilimden faydalanılarak yapılan iyileştirici düzenlemeler, mevcut düzeneklerin anlaşılması ve yapısal değişikliklere gidilerek enerji tasarruflu etkin sistemler oluşturulması hedeflenmektedir.

3. Biyomimikri alanında yaklaşımlar

Biyomimikrinin nasıl uygulanacağı konusunda iki temel seviyede uygulama ve görüş farklılığı vardır. İndirgeyici (reductive-shallow) ve bütünlüğe ait (holistic-deep) biyomimikri olarak iki temel görüş vardır. Uygulamalarda indirgeyici bakış açısı daha yaygındır. Burada amaç biyoloji temelli teknolojilerin mühendislik/tasarım alanında yaygınlaştırılmasıdır (Benyus, 1997). Bütünlüğe ait biyomimikride ise ürün tasarımlarının ekolojik olarak sürdürülebilir ve doğaya zarar vermemesi prensibi üzerine bir yaklaşım izlenir. İndirgeyici biyomimikri aslında doğadaki formları taklit ederek belli sahalarda bilgi birikimini artırır ve çeşitlendirir. Öte yandan, diğer uçtaki bütünlüğe ait biyomimikri ise 'eko-tasarım' yapabilmeyi ve ekosistemlerin taklit edilmesinden yola çıkar. Bu iki ucun arasında ise doğal süreçlerin taklit edilmesi vardır. Doğada üretim süreçleri çevreye zarar vermez ve en etkin şekilde çalışır. Burada otomatik açılıp-kapanan kalp kapakçıklarından ilham alınarak, bisikletçilerin kendi kendine kapanıp-açılan su şişesi tasarımlarında örneklenebilir (Volstad ve Boks, 2012).

Ergonomi'de indirgeyici biyomimikri özellikle alet tasarımlarında değerlendirilebilir. Ergonomik alet tasarımında kaymaz yüzeylerin oluşturulması, tutuş kuvvetini azaltacak biyomekanik özelliklerden faydalanarak yapılan el aletleri bu alandan ilham alabilir. Bütünlüğe ait biyomimikriyi de özellikle çevre koşullarının iyileştirilmesi ve akıllı binaların geliştirilmesi ile mümkün olabilecektir. Güneş ışığına duyarlı doğal aydınlatmalar, 'nefes' alabilen duvar yüzeyleri, kendi atıklarını tekrar değerlendirip kullanan yapılar özellikle işyeri verimi ve çalışma koşulları açısından da önemli katkılar sağlayabilmektedir. Örneğin, hava koşullarının kontrolünde bitkilerin güneş ışığını tutarak enerjiye çevirmesinden yola çıkılarak nanoteknolojik paneller geliştirilmiştir. İleride bu bilginin, binalardaki cam yüzeylerinde değerlendirilmesi (Altun, 2011) hem enerji verimliliği hemde ortam koşullarının kendi kendine adapte edebilen sistemler haline gelebilmesi açısından çok önemli ve değerlidir.

Lakhtakia ve Martin-Palma (2013) biyomimikride tasarımı üç temel yaklaşım altında inceler. İlk yaklaşımda, bir fonksiyonel sistem başka organizmalarla kıyaslanarak incelenir. Burada amaç, farklı organizmaların aynı fonksiyonu nasıl gerçekleştirdiklerini (ör. Uçmak, yürümek, yemek yemek) inceleyerek , bu fonksiyon hakkında daha detaylı bilgiye ulaşabilmek ve aynı soruna çözümünün çeşitliliğini ortaya koyabilmektir. İkinci yaklaşımda ise model organizma tek başına incelenir. Burada amaç organizmaların çeşitliliğini anlamak değil, mevcut işleyişi ve organizma/sistem anlayışını detaylandırabilmektir. Üçüncü yaklaşım ise teoriye ve modellemeye dayanır. Sanal deneylerle doğadaki dinamikler keşfedilmeye çalışılır. Bu sistemlerin taklit ederek laboratuvar ortamlarında yapay olarak oluşturulması ve farklı koşullarda sınanarak, tasarım

hakkında detyalı bilgi öğrenilmesi ve mevcut tasarımlarında iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

4. Biyomimikri'nin ergonomi alanındaki önemi

Doğal tasarımın temel özellikleri arasında değişken, sert ve rekabetçi koşullara karşı ayakta durabilen sürdürülebilir yapılar oluşturabilmektir (Ginsberg vd., 2013). Tablo 1'de de özetlendiği gibi temel farklılık çeşitlilik yaratabilmek ve esneklik geliştirebilmektir.

Tablo 1. Mühendislik ve Doğal Tasarımlar arasındaki farklılıklar (Ginsberg vd., 2013)

YAKLAŞIMLAR	MÜHENDİSLİK TASARIMLARI	DOĞAL TASARIMLAR
Malzeme seçimi	Malzeme ucuz; laboratuvar ortamında geliştirebilme olanağı var.	Malzeme pahalı; doğa koşullarında oluşmuş sınırsız ama tabiat koşulları zorlayıcı.
Enerji kullanımı	Enerji kullanımı verimsiz ama ucuz.	Enerji kullanımı verimli fakat doğa koşullarını taklit edebilmek zor.
Tasarım metodları	Tasarım tek boyutta. Girdi ve çıktı düzeyiyle ilişkilendirilmiş durumda.	Sistemler esnek. Farklı uyaranlara farklı tepkiler verebilmekte.
Tasarım amaçları	Çeşitlilik az ve pahalı. Standart uygulamalar daha ucuz ve yaygın.	Çeşitlilik fazla ve ucuz. Çevre koşullarında rekabet edebilmek için yaygın.

Matthews (2011) biyomimikrinin aslında temel doğa tasarımında varlıkların ve sistemlerin kendi koşullarını iyileştirmek ya da varlıklarını sürdürülebilir temeline dayandığını belirtir. Bu da Tablo 1'de de belirtilen koşullara uyum sağlayabilecek esnek sistemlerin oluşturulması adına önem teşkil etmektedir.

Ergonomi'nin önemli katkı alanları içerisinde antropometri, çalışma ortamı ve fiziksel çevre, iş ve işyeri düzenleme, ergonomik tasarım ve ergonomik yaklaşım gelmektedir (Dul ve Weerdmeester, 2007). Bu alanlarda biyomimikriyi nasıl kullanabileceğimizi aşağıdaki gibi örneklendirebiliriz ve ileride biyomimikri alanındaki başka etkin uygulamaları çeşitlendirerek ergonomi alanına da katkı sağlayabiliriz:

- Antropometri insan vücudunun boyutlarıyla ilgilenen bilim dalıdır. Özellikle indirgeyici biyomimikri alanı bu sahaya ışık tutabilecektir. Arılar ve sineklerin bileşik gözlerinden esinlenerek, 360 derecelik kameralar üretilmiştir (Altun, 2011). İnsanların görüş açıları açısından etkinlik

dereceleri artırabilmek önemlidir. Örneğin, gözün hareket kabiliyeti, yatay düzlemde her yön için 70 derece, yukarı doğru hareket için 40 derece ve aşağıya doğru hareket için 60 derecelik bir görüş açısını kapsar (Lehto ve Buck, 2012). Bu doğrultuda, fiziki kısıtlarımızı daha etkin kullanma konusundaki çabalarımız bu alandaki örneklerle geliştirilebilir. İşe uygun ekipman ve elbise seçiminde ise dayanıklılık, esneklik ve rahatlık önemlidir. Burada kullanım zorluğu yaratmayacak ama aynı zamanda azami koruyuculuk görevini sürdürebilmesi adına hamam böceği ve lotus çiçeği örnekleri yeni tasarımlar için yeni bir ilham oluşturabilir.

- Çalışma ortamı ve fiziksel çevre koşulları içerisinde gürültü, titreşim, aydınlatma ve hava koşulları ilk akla gelen unsurlardır. Amerikalı bilim adamları karanlıkta görmeyi sağlayan damla geliştirdiler. Bu damla denizin derinliklerinde, ışığın olmadığı bölgelerde yaşayan balıkların gözlerinden alınan Chlorin e6 (Ce6) adlı bir kimyasal ile mümkün olmuştur (Paratutmaz, 2015). Bu tür benzer uygulamalar iş kazaları ve işyerinde verimi artırabilmek adına önemli uygulamalar olarak gözükmektedir. Yine benzer bir uygulamayla renklendirme kullanmadan doğal aydınlatma için ışık ve kristallerin yapılarından faydalanabilmek mümkündür (San Diego Zoo Global, 2010). Anhidrobiyoz hücrelerin bozulmasını önleyen bir mekanizmadır. Bazı karides türlerinde ve mikro organizmalarda bulunan bu mekanizma, organizmanın kendi dış çepherini kurutarak, içindeki hücrelerin sağlığını korumayı hedeflemektedir. Bu yaklaşımdan ilham alan biyomimikri tasarımları karbon 'ayak izi' ve iş yerlerinin enerji tüketimlerini azaltmayı hedeflemektedir (San Diego Zoo Global, 2010). Kaynakları koruyarak ve israf etmeden kullanmak hedeflenmektedir. Bu tür benzer sistem yaklaşımları çevre koşullarının düzenlenmesinde ergonomi alanında da değerlendirilebilir. Örneğin, benzer uygulamalar, bir iş yerinde ortam sıcaklığının, nem ve hava akışının kontrol altında tutulabilmesi, mekanların doğal iklimlendirilmesi ve korunması konusunda daha az maliyetli birer alternatif olabilecektir.
- İş ve işyeri düzenlemede insanların aktivitelerinin geniş bir örgütsel çevrede gerçekleştiği bilinci yatar (Dul ve Weerdmeester, 2007). Bu doğrultuda iş düzenlemelerinin, işlerin ve iş yerlerinin tasarımı verimlilik açısından önemlidir. Joinlox firmasının geliştirdiği ürün kutu, boru ve diğer depolama ve taşıma ekipmanlarının etkinliğini artırabilmek adına önemlidir. Doğadaki midyelerin kayalıklara tutunup korunmasından yola çıkan firma özellikle birbirine geçen ve kolayca uyum sağlayan yapılar oluşturmayı hedeflemektedir (San Diego Zoo Global, 2010). Bu tip sistemler mevcutta taşımacılık faaliyetlerini kolaylaştırdığı gibi, özellikle taşınabilecek ideal yükün oluşturulması ve bu doğrultuda bunun için gerekli iş yeri düzenlemesini yapabilmeyi de kolaylaştırmaktadır. Burada iş akışlarının düzenlenmesi, koridor ve geçiş alanlarının düzenlenmesi, malzemelerin/ekipmanların doğru stoklanarak daha kolay erişilerek zaman kayıpları ve iş kazaları engellenerek daha verimli sistemler oluşturulması hedeflenmektedir.
- Ergonomik tasarım kullanılan alet ve gereçlerin kullanıcıyla uyumlu olması ve bu araçların kullanımında etkinliğin artmasını kapsamaktadır. Lurie-Luke (2014) çalışmasında biyomimikrinin başlıca malzeme bilimi adına katkılarından bahsetmiştir. Yazarın belirttiği malzeme bilimi çalışmalarını, ergonomi için düşünürsek kaymaz, yanmaz ve kirlenmeyen yüzeyler oluşturulması doğru alet tasarımıyla iş veriminin artırılması ve işyerinde etkin kaizen-5S faaliyetlerine de destek verebilmek adına önemli bir yenilikçi yaklaşımdır. Süreçte ve iş yapış tarzındaki verimlilikler ergonomi alanında da farkındalık yaratacaktır.
- Ergonomik yaklaşım, bütüncül bir anlayış ile sistematik çalışma vurgusunu ortaya koymaktadır. Burada doğadaki bal arıları yada karınca kolonilerinden ilham almak mümkün olmaktadır. Karıncaların ağırlıklarının 40 katı taşıyarak, kolonilerinde kazaya sebebiyet vermeden koordineli olarak çalışabilmeleri (Altun, 2011), işlerin tasarımında, yaygınlaştırılmasında ve bal arılarında olduğu gibi bir sistematik ile ortaya

konulabilmesine olanak verecektir. Burdaki sistem bakış açısı, planlama ve koordinasyon gereksinimleri birçok endüstri mühendisliği çalışma sahasına da katkı sağlayacaktır. İş-etüdü, ergonomi, tesis planlama ve proje yönetimi gibi konularda doğadaki kaynak, sistem ve süreç planlama etkinliğinden faydalanabilir.

5. Gelecek için biyomimikri

Biyolojik sistemlerin kısıtlı kaynaklara ve zorlayıcı koşullara nasıl etkin bir şekilde adapte olduğunu gözlemleyebilmek biyomimikri için önemlidir. Gerçek sistemlerde kaynak kullanımını ve süreç yönetimini buradaki ilhamla düzenleyebilmek yeni ve zengin bir saha olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimlilik artırıcı uygulamalar değerlidir. Biyomimikri uygulamalarının etkinliğini artırabilmek adına Da Vinci Endeksi geliştirilmiştir. Bu endeks doğadan ilham alan ve icatlarını ve çizimlerini günümüze taşıyan 15. yüzyıl muciti Leonardo da Vinci'den esinlenmiştir. Da Vinci Endeksi sanayide biyomimikri'nin yaygınlığını gözlemleyen ve kullanılabilirliğini artırmaya yönelik teknoloji ve tekniklerin gelişmesini sağlayan bir endekstir. Amaç, doğal kaynakların yok olmasını yavaşlatmak ve etkin kaynak kullanımıyla yaygınlaştırmak ve ülkeleirn ekonomilerine kazanım sağlamaktır (Mims, 2012). Bu endeks, biyomimikrinin tasarımların ve işlerin iyileştirilmesindeki önemi ve kaynak etkinliğindeki rolünü vurgulamaktadır. Aslında hem ekonomik fayda sağlaması, hemde çevre duyarlılığını artırması biyomimikrinin gelecekteki kullanım amacını da desteklemektedir. Gelecekte sürü zekası (swarm intellegince) biyomimikride önemli bir katkı sahası olması öngörülmektedir. Sürü zekası, sürü hareketlerinden esinlenmektedir. Burada arı kovanları, karınca kolonileri ve balık sürülerinin bireysel değil toplu hareket ederek ortak amaca yönelmeleri söz konusudur (San Diego Zoo Global, 2010). Özellikle takım lideri olmadan en iyi şekilde organize olabilmek, sistemlerin ve sistem bileşenlerinin etkin şekilde yönetilmesi adına önemli bir katkı olduğu söylenebilir. Bu sistemlerin sürdürülebilir olabilmesi adına bütünlüğe ait biyomimikri uygulamalarının artması gerekmektedir. Burada tartışma konusu mevcut sistemlerin iyileştirilmesi ve/veya sürdürülebilir sistemlerin tasarlanmasında hangisinin önceliklendirilmesi gerektiğidir (de Pauw vd., 2014).

6. Sonuç ve tartışma

Biyomimikri toplumun ve bireylerin problemlerini çözmek için ekonomik ve çevreye duyarlı bir çalışma alanıdır. Doğa'daki sistemler yüksek etkinlikleri, az israfları ve sürdürülebilir yapılarıyla örnektir. Ergonomi insanın biyolojik ve davranışsal özelliklerini

göz önünde bulundurarak yapılan işin, çalışılan iş çevresinin ve kullanılan ekipmanların etkinlik seviyelerini artırmayı hedeflemektedir. Biyomimikri ve ergonomi birlikte kullanıldığı zaman işin ve çevrenin tasarımı için etkili bir çözüm yaklaşımıdır. Ergonomi kişinin işe, işinde kişiye uyumlandırılması adına önemlidir. Biyomimikri ergonomi alanının geliştirilmesi, düzenlenmesi ve daha etkili çözümler üretebilmesi adına önemli bir sahadır. Yeni keşiflerle beraber daha da fazla uygulama alanı geliştirilmesi kaçınılmazdır. Ergonomi bilimiyle uğraşanların sorunlarını doğadan ilham alarak çözümlenmesi, iş, iş yeri ve çevre tasarımıında önemli bir katma değer oluşturacaktır.

6. Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the author.

7. Kaynaklar

- Altun, Ş., 2011. Doğanın İnovasyonu-İnovasyon İçin Doğadan İlham Al.Elma Yayınevi.
- Benyus, JM., 1997, Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, Harper Collins: New York.
- De Pauw, I.C., Kandachar, P., Karana, E., 2014. Assessing Sustainability in Nature-Inspired Design. International Journal of Sustainable Engineering, 8:1, 5-13.
- Dul, J., Weerdmeester, B., 2007. Ergonomi: Ne, Neden, Nasıl?. Seçkin Yayıncılık.
- Ginsberg, M., Schiano, J., Kramer, M., Alleyne, M., 2013, A Case Study in Bio-Inspired Engineering Design: Defense Applications of Exoskeletal Sensors, Defense & Security Analysis, Vol.29 (2), 156-169.
- Kennedy, S., 2004. Biomimicry/biomimetics: General Principles and Practical Examples. The Science Creative Quarterly. <http://www.scq.ubc.ca/biomimicrybimimetics-general-principles-and-practical-examples/>
- Lehto, M.R., Landry, S.J., 2012. Introduction to Human Factors and Ergonomics for Engineers. CRC Press- 2nd Edition.
- Mathews, F., 2011. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry, Organization and Environment, 24(4), 264-387.
- Lakhtakia, A., Martin-Palma, R.J., 2013. Engineered Biomimicry. Elsevier Publications.
- Lurie-Luke, E., 2014. Product and Technology Innovation: What can Biomimicry Inspire?. Biotechnology Advances 32, 1494-1505.

- Mathews, F., 2011. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry, Organization and Environment, 24(4), 264-387.
- Mims, C., 2012. Da Vinci Would Approve. Corporate Knights. Summer, 36.
- Paratutmaz, S., 2015. İnsanlar artık gece karanlığında net görebilecek.
<http://www.teknolojigundem.com/bilim-haberleri/insanlar-artik-gece-karanliginda-net-gorebilecek-670095.htm>
- Primlani,R.V., 2013. Biomimicry: On the Frontiers of Design. XIMB Journal, Vol.10(2), 139-148.
- San Diego Zoo Global, 2010. Global Biomimicry Efforts : An Economic Game Changer. Fermanian Business and Economic Institute, 1-43.
- Su, B.A., 2001, Ergonomi. Atılım Üniversitesi Yayınları.
- Volstad, N.L., Boks, C., 2012. On the Use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. Sustainable Development, Dec.20, 189-199.