

# NANOTEKNOLOJİ'NİN ASKERÎ UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Yusuf ÖZER\*

Öz



*Modern dünyada toplumların gelişmesini sağlayan önemli aktörlerden birisi teknolojidir. Geçmişten günümüze hızla ortaya çıkan her yeni teknoloji, kendinden önceki teknolojilerin sahip olduğu etkilerin azalmasına veya tamamen yok olmasına neden olmaktadır. 21'inci yüzyılın devrim niteliği taşıyan teknoloji alanlarından birisi olarak görülen nanoteknoloji, bahsedilen bu yeni teknolojiler içerisinde yer almaktadır. Günümüzde hızlı bir gelişim gösteren nanoteknoloji hayatın her alanında etkisini göstermeye başlamış/başlayacaktır. Nanoteknolojinin önemli uygulama alanlarından birisi askerî alandır. Nanoteknolojinin askerî alandaki muhtemel etkileri konusunda farkındalık sahibi olan ülkeler kendi milli nanoteknoloji girişimlerini oluşturmuşlar ve bu alanda sessizce çalışmalarına başlamışlardır. Türkiye ise, henüz kendi milli nanoteknoloji girişimini oluşturamamıştır. Bu çalışmada, Türkiye'de bu yeni teknoloji alanına ilişkin farkındalığın artırılması hedeflenmiş, geç kalınmış olursa da askerî alanda henüz başlamamış olan girişimlerin bir an önce başlatılarak somut adımların atılmasının keyfiyetten zaruriyete dönüştüğü vurgusu yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda nanoteknoloji kavramı, güvenlik perspektifinden tartışılmış ve geleceğe ilişkin öngörülerde bulunulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler :** Nanoteknoloji, Askerî Alan, Silahlı Kuvvetler, Hava Kuvvetleri.

## AN EVALUATION ON MILITARY APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY

### Abstract

*Technology can play an important role in addressing the issue of the development of society in the modern world. Each new technology which emerges rapidly causes a reduce in the effectiveness of the prior technologies or complete disappearance. Nanotechnology which is seen as one of the technological revolution of 21st Century is placed within these new technologies. Nanotechnology which develops rapidly has begun to show its effects in every aspect of life. Military context is one of the important application area of nanotechnology. So, many countries who have awareness of the potential impact of nanotechnology in the military context have established their own national nanotechnology initiatives and began to quietly work in this area. However, Turkey has not established his own nanotechnology initiative, yet. The specific objective of this study is to increase the awareness of this new technology, and highlights the necessity and the significance of this*

\* Dr., yusufozer72@yahoo.com, ORCID ID : 0000-0002-2567-7419

*technology in the military context. For this purpose, the concept of nanotechnology is discussed from the security perspective and Some speculations are suggested for future.*

**Keywords :** *Nanotechnology, Military Context, Armed Forces, Air Force.*

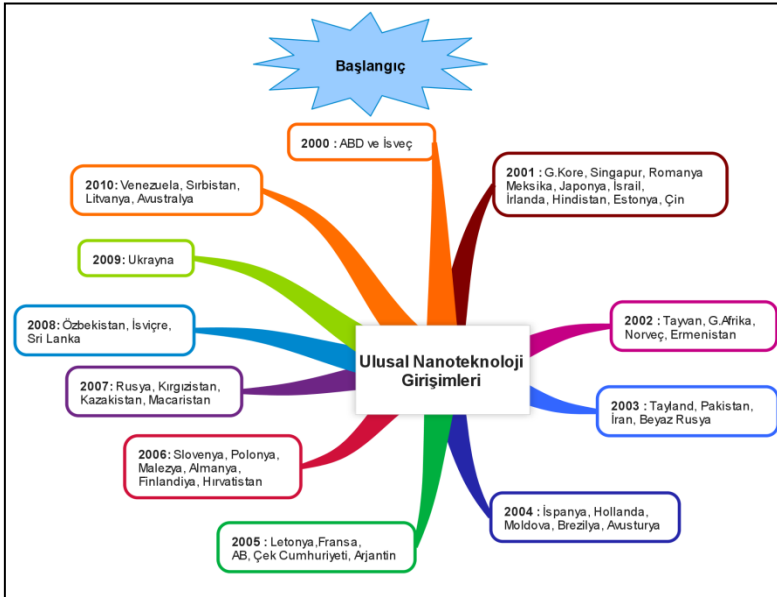
## GİRİŞ

Teknoloji, modern dünyada toplumların gelişmesini sağlayan önemli aktörlerden birisidir. Geçmişten günümüze teknolojinin gelişim sınırlarını çizmenin pek mümkün olmadığı, insanlığın var oluşuyla başlayan teknolojik gelişmelerin hız kesmeden devam ettiği söylenebilir. İnsanoğlunun modernleşme mücadelesi, her geçen gün yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Gelişen her yeni teknoloji, kendinden önceki teknolojilerin etkilerini kısmen/tamamen azaltmakta veya bu teknolojilerin yok olmasına neden olmaktadır.

Max Boot (2006) geçmiş beş yüzyıllı askerî teknolojiler açısından dört döneme ayırmıştır. Birincisi, Çin'den gelen ve batı dünyasının ilerlemesi için Avrupalılar tarafından kullanılan barut çağıdır. İkincisi, sanayi devriminin yaşandığı dönemdir. Sanayi devrimi, buhar makinesi ve mitralyöz ile savaş tekniklerinin hızlı makineleşmesini sağlamıştır. Üçüncüsü, sanayi devriminin muharip havacılık ve hava bombardımanı üzerine yarattığı etkilerin görüldüğü dönemdir. Dördüncüsü ise savaş alanlarında benzeri görülmemiş iletişim tekniklerini getiren, hassas güdümlü füzeleri ve akıllı mühimmatları öngören bilgi devrimi dönemidir (Allhoff, Lin ve Moore, 2010, s. 171; Boot, 2006, ss. 30-33). Diğer taraftan bir sonraki dönemin, siber sistemler, insansız sistemler, lazer silahları ve nanoteknolojiyi kapsayacağı öngörülmektedir (Boot, 2006, ss. 546-560).

Max Boot tarafından (2006) geleceğin, Ngô ve Van de Voorde tarafından ise (2014) 21'inci yüzyılın teknolojisi olarak tanımlanan ve bu makalenin konusunu oluşturan nanoteknoloji, malzeme bilimi, matematik, fizik, kimya, biyoloji, eczacılık, tıp, bilgisayar ve elektronik bilimleri gibi birçok farklı disiplinden oluşmaktadır (Özer, 2008). Ajey Lele'nin (2009, s. 229) söylemiyle “büyüğü hayal etme çağını” sona erdiren nanoteknoloji, ABD Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi, Nanoölçekli Bilim, Mühendislik ve Teknoloji alt komitesinin kurucu başkanı Mihail Roco'nun (2011, s. 4) öngörüsüne göre yakın gelecekte devletlerin ve toplumların bekasını yakından etkileyecektir.

Simetrik savaşların yerini asimetrik ve düşük yoğunluklu çatışmalara bıraktığı günümüzde, bilgi, hız ve dayanıklılığı öngören teknolojilere her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bir başka ifadeyle, teknolojiadaki gelişmeleri takip etmeyen ve yeni teknolojiler üretmeyen toplumların bağımsızlıklarını, dolayısıyla mutluluklarını yitirmeleri olası görülmektedir (Ziylan, 2004). İddialı bir söylem olmakla birlikte nanoteknoloji, baruttan sonraki en önemli icat olup dünyadaki güç dengesini değiştirebilecek potansiyele sahip bir teknoloji alanıdır (Clunan, Rodine-Hardy, Hsueh, Kosal ve McManus, 2014, s. 1). Bu söyleme uygun olarak 2001 yılından itibaren 40'tan fazla ülke (Şekil 1) kendi Milli Nanoteknoloji Girişimlerini (*National Nanotechnology Initiatives*) oluşturmuşlar, bu alanda ürün ve süreç geliştirme çalışmalarına başlamışlardır (Clunan ve diğerleri, 2014, s. 27). Türkiye, bu açıdan bakıldığında, henüz millî bir nanoteknoloji girişimine sahip değildir.



Şekil-1. Milli Nanoteknoloji Girişimlerinin Dünyadaki Dağılımı (Clunan ve diğerleri, 2014, s. 27)

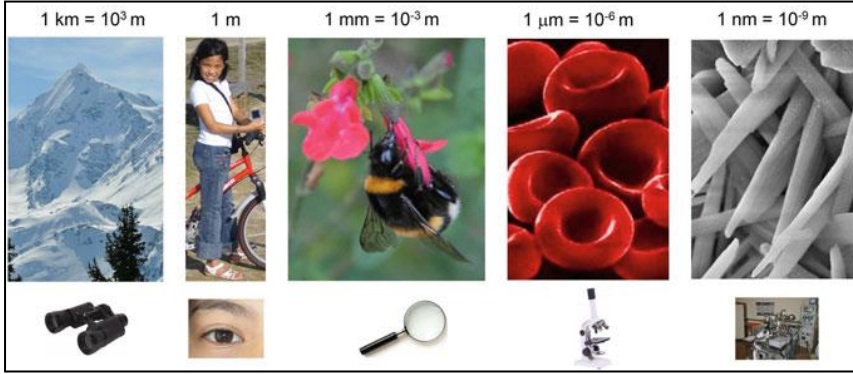
Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında bu makalenin amacı, nanoteknolojiye ilişkin farkındalığın artırılması olarak belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda nanoteknoloji kavramı, güvenlik perspektifinden tartışılmış ve geleceğe ilişkin öngörülerde bulunulmuştur. Nanoteknoloji

konusunda henüz çok fazla somut ürün olmadığı göz önüne alınarak, çalışma içerisindeki değerlendirmeler genel olarak öngörü şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ancak bu öngörülerin yakın gelecekte gerçeğe dönüşeceği dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Nanoteknolojinin hayatın her alanına uygulanabilecek bir teknoloji olduğu öngörülmekle birlikte bu makalede tartışılanlar askerî alan ile sınırlandırılmıştır. Bu çerçevede ilk olarak nanoteknolojinin kavramsal tanımı yapılmış, ilerleyen bölümlerde askerî uygulamaları tartışılmıştır.

Özellikle bir ülkenin silahlı kuvvetlerinin, geleceğin harekât ortamının tahayyül edilmesi ve bu harekât ortamına ilişkin ihtiyaçların belirlenmesi konusunda nanoteknolojiye daha fazla önem vermesi gerektiğinin vurgulanması bu çalışmanın en dikkat çekici yönünü oluşturmaktadır. Ayrıca nanoteknolojinin askerî alandaki uygulamalarının tartışıldığı literatürün genel olarak yurtdışı kaynaklı olması ve Türkçe çalışmaların yok denecek kadar azlığı bu makaleyi özgün kılmaktadır. Bu çalışma, benzer mevcut çalışmalara katkı sağlamakla birlikte özellikle mevcut durumun ortaya konulması ve gelecek öngörülerini yapması açısından Türkçe literatüre önemli bir katkı sağlayabilecek potansiyele sahiptir.

## 2. NANOTEKNOLOJİ NEDİR?

Yunanca bir kelime olan Nano “cüce” veya “küçük” anlamına gelmektedir (Aluya, 2015, s. 31). Diğer taraftan ölçeksel olarak bakıldığında bir fiziki büyüklüğün bir milyarda birini göstermek amacıyla kullanılmaktadır (Allhoff ve diğerleri, 2010, ss. 3-4). Nanoteknoloji ise,  $10^{-9}$  metre ölçeğinde, maddenin atom seviyesinde işlenmesiyle daha az malzeme ve enerji kullanılarak daha dayanıklı, daha hafif ve daha hızlı yapıların üretilmesini hedefleyen bir teknoloji alanıdır (Lele, 2009, s. 229; Ngô ve Van de Voorde, 2014; Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, 2018). Bir nanometre, oldukça düşük uzunluk ölçeğine sahiptir. Şekil 2’de gösterilen değişik uzunluk ölçüleri, nanometrenin boyutlarını açıkça ortaya koymaktadır. Nano boyutlarda sistemlerin fiziksel davranışlarında normal sistemlere göre farklı özellikler gözlemlenmektedir (TÜBİTAK, 2004, s. 4).



Şekil-2. Farklı Uzunluk Ölçüleri (Ngô ve Van de Voorde, 2014)

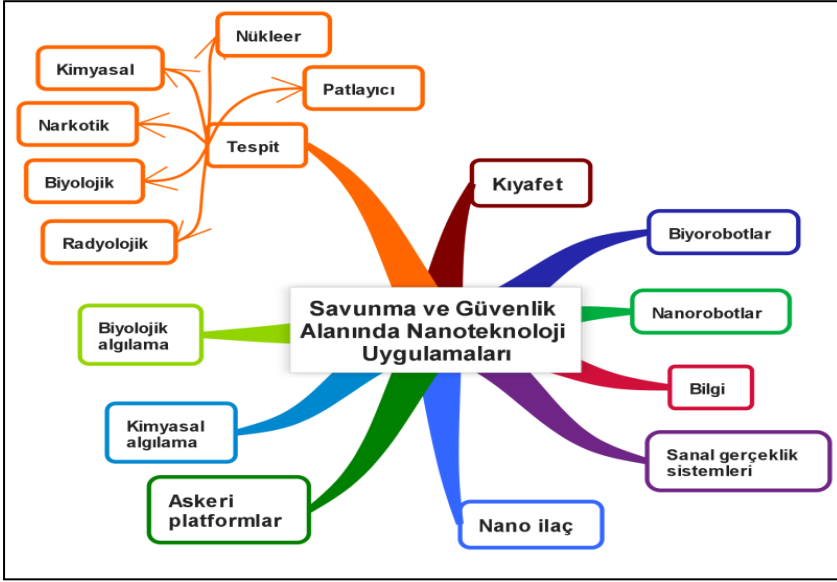
Literatür incelendiğinde nanoteknolojinin genel olarak yapısal ve moleküler nanoteknoloji olmak üzere iki temel alanda tartışıldığı görülmektedir. Yapısal nanoteknoloji, nanokristaller ve karmaşık moleküller gibi çok küçük yapılarla uğraşmaktadır. Yapısal nanoteknolojinin temel amacı ticari malzemeleri daha iyi hale getirmektir. Örneğin; daha hızlı bilgisayarlar, daha etkili ilaç, daha dayanıklı malzemeler ve daha verimli motorların üretilmesini hedeflemektedir (Lele, 2009,s.229). Moleküler nanoteknoloji ise robotlar, motorlar ve hücrelerden çok daha küçük bilgisayarlar şeklinde molekülleri kapsamaktadır. Henüz moleküler nanoteknoloji ile ilgili somut bir ürün olmamakla birlikte bu konudaki çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir (Lele, 2009, s. 230).

Nanoteknoloji ile ilgili temel araştırmalara 1950'li yıllarda başlanmıştır. Fizikçi Richard P. Feynman'ın, 29 Kasım 1959'da, Amerikan Fizikçiler Cemiyetinde, "There's Plenty of Room at the Bottom- An Invitation to Enter a New Field of Physics (Aşağıda Çok Yer Var: Fiziğin Yeni Bir Sahasına Davet)" başlıklı konuşması nanoteknolojinin gelişimi adına başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Aluya, 2015, s. 32). Maddelerin minyatürleştirilmesini ilk kez dile getiren Feynman 1965 yılında kuantum elektrodinamiği çalışmaları ile Fizik Nobel ödülünü kazanmıştır. Feynman'ın iddiasına göre atom, nanoteknoloji sayesinde istenilen şekilde düzenlenebilecektir. Örneğin, Britanica Ansiklopedisi bir iğnenin ucu kadar küçültülebilecek, dünyada o ana kadar elde edilmiş olan tüm bilgiler 35 sayfada toplanabilecektir (Feynman, 2006).

1980’li yıllarda atomik kuvvet mikroskobu ve tarama tünelleme mikroskobunun bulunmasıyla nanoteknoloji alanındaki çalışmalar hızlanmıştır (Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, 2018). K. Eric Drexler, 1986’da yayımlanan “Engines of Creation: The coming Era of Nanotechnology-Motorların Yaratılışı: Nanoteknolojinin Yaklaşan Çağı” isimli kitabında, canlı hücrelerden çok daha küçük, mevcut makinelerden çok daha güçlü ve çok daha hafif, kendi kendini kopyalayan, nanoölçek seviyesinde makineler üretilebileceğini ileri sürmüştür (Drexler, 1986). Drexler’in bu öngörülerini henüz tam olarak doğrulanmasa da, özellikle savunma ve güvenlik teknolojilerindeki çalışmaların oldukça gizli yürütüldüğü göz önüne alındığında, bu alandaki gelişmelerin ani olarak ortaya çıkacağı ve ciddi etkiler yaratacağını söylemek mümkündür. 1950’li yıllarda başlayan temel araştırmaları, uygulamalı araştırmalar takip etmiş ve 2000’li yıllardan itibaren özellikle ticari alanda nanoteknoloji ürünleri yer almaya başlamıştır (Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, 2018). Günümüzde nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar, genellikle bu teknoloji sayesinde elde edilecek faydalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Günlük yaşama sağlayacağı faydaların yanı sıra özellikle askerî alandaki yıkıcı etkileri göz ardı edilmemelidir (Dowling, 2004, s. 31).

### **3. NANOTEKNOLOJİNİN ASKERÎ UYGULAMALARI**

Nanoteknoloji, askerî uygulamalar konusunda birçok alanda kendisini gösterebilecek potansiyele sahiptir (Rai ve Rai, 2015). Nanoteknolojinin askerî uygulamalarının, Şekil 3’te görülen savunma ve taarruzi silah sistemleri ile askerî teçhizatın geliştirilmesi alanlarında yoğunlaşacağı söylenebilir (Czerwinska, 2014, s. 540). Bu uygulamalar ile mevcut silah sistemlerinin daha iyi hale getirilmesinin yanı sıra yeni silah sistemleri ve teçhizatların üretilmesi muhtemeldir. Örneğin; nanoelektronikler bilgi sistemlerinin performanslarını artıracak, nanomalzemeler silahları daha hafif hale getirebilecek, nanorobotlar ise düşmana saldırı ve düşmanın elinde bulunan sistemlerin imhasını sağlayabileceklerdir (Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 412).

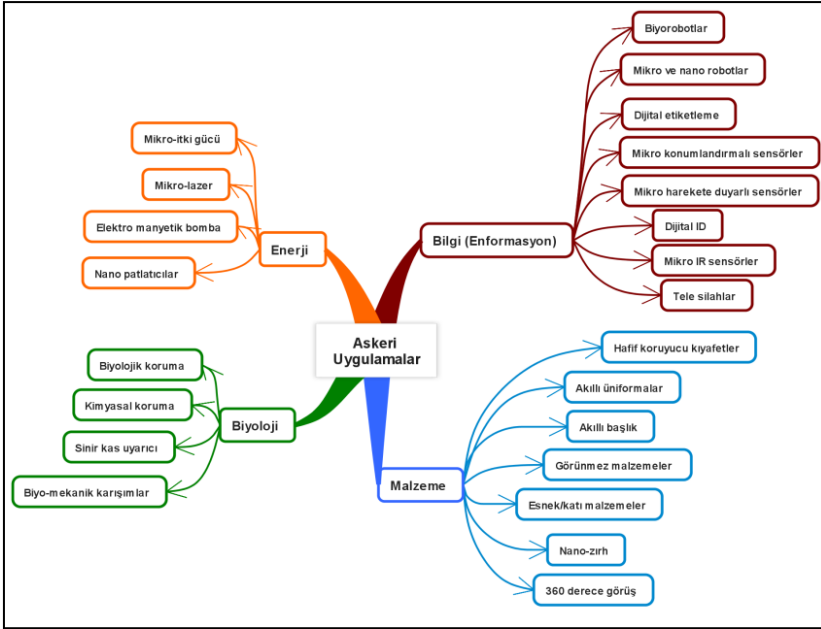


Şekil- 3. Savunma ve Güvenlik Alanında Nanoteknoloji Uygulamaları  
(Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 414)

Nanoteknolojinin savunma ve güvenlik alanında kullanımına yönelik ilk somut çalışma, 2001 yılında kurulan ABD Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi/UNİ (National Nanotechnology Institute/NNI) ile başlamıştır. UNİ'nin 2018 yılı bütçesi 1.477 milyar Dolar olarak belirlenmiştir (The National Nanotechnology Initiative, 2018). Çalışmalar, karbon nanotüpler, manyetik nanoparçacıklar, yüksek çözünürlüğe sahip görüntüleme cihazları için organik ışık yayıcı diodlar, nanobilgisayarlar, nanosensörler ve biyo-moleküler aletler üzerine yoğunlaştırılmıştır. ABD savunma sanayisi askerî ihtiyaçlara yönelik nanoyapılı patlayıcı ve zırh projelerini hayata geçirmeye başlamıştır. ABD Savunma Bakanlığı 2002 yılında Massachusetts Teknoloji Üniversitesi (MIT) içerisinde Askerî Nanoteknoloji Enstitüsünü (ISN) kurmuştur. Bu enstitü içerisinde; kimyasal ve biyolojik saldırılara karşı koruma sağlayan, vücut fonksiyonlarını gözlemleyerek ısı düzenlemesi yapan, yaraları iyileştiren savaş kıyafetleri üretilmektedir (Institute for Soldier Nanotechnologies İnternet Sitesi, 2018).

Nanoteknolojinin askerî alanda sağlayacağı faydalar; ucuzluk, hafiflik, küçüklük ve hızlılık olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır (Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 432). Asıl geliştirilme

amacı insanların faydasına düşünölen nanoteknoloji uygulamaları, aynı zamanda askerî alandaki potansiyel uygulama alanlarının yaygınlaşması ile insanların karşısına bir tehdit unsuru olarak çıkabilecektir. Bu durum hem nanoteknolojiye yönelik farkındalığın artmasına hem de beraberinde güvenlik kaygılarının artarak nanoteknoloji alanındaki çalışmaların hız kazanmasına neden olabilecektir. Nitekim Şekil 4'te görölen uygulamaların hayat bulmasıyla güvenliğin sağlanması yanısıra güvenlik kaygılarının da ne denli ciddi olabileceğini görmek mümkündür.



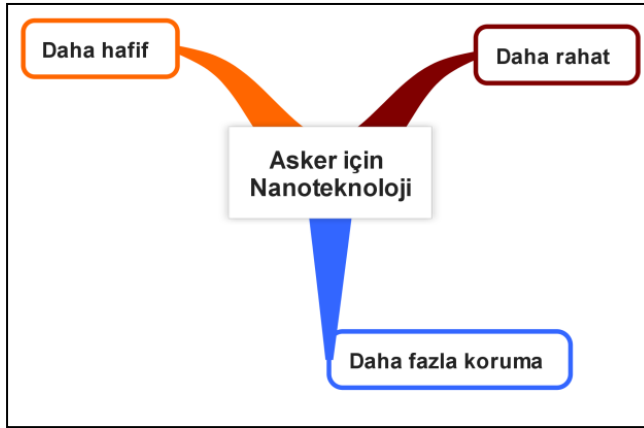
Şekil- 4. Askerî Alanda Nanoteknoloji Uygulama Öngörüsü (Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 427)

Nanoteknoloji, askerî alanda, daha yüksek koruma, daha fazla öldürücü etki, daha uzun hayatta kalma ve daha iyi kendini destekleme kabiliyeti kazandıracak potansiyele sahiptir (Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 427; Simonis ve Schilthuizen, 2006, s. 36). Nanoteknolojinin askerî alandaki potansiyel kullanımı araştırmacıların hayal gücü ile sınırlıdır (Güvenç, 2007, s. 6). Nanoteknoloji ile yeni silahlar üretmek mümkündür. Kısaca ifade etmek gerekirse nanoteknoloji, askerî birlikleri harekât alanında daha hızlı ve daha güçlü kılacak bir kuvvet çarpanıdır (Vlandis, 2006, s. 3).



### 3.1. Tek Asker İçin Nanoteknoloji : Süper Asker

Askerî nanoteknoloji alanında önemli bir kurum olan Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Institute of Technology-MIT) bünyesinde oluşturulan Askerî Nanoteknoloji Enstitüsü (Institute for Soldier Nanotechnologies- ISN), hem simetrik hem de asimetrik savaşlarda askerînin hayatta kalmasını sağlayacak nanoteknoloji ürünleri geliştirmek amacıyla Araştırma ve Geliştirme (ArGe) çalışmalarını sürdürmektedir. Bu enstitü bünyesinde, patlayıcı ve balistik koruma, kimyasal ve biyolojik serpintilerin algılanması, fizyolojik gözlemlene ve otomatik tıbbi müdahale, durumsal farkındalığın artırılması, teçhizat ağırlığının azaltılması ve askerînin rahatlığının artırılması için yeni yöntemler geliştirilmektedir (Şekil 5) (Institute for Soldier Nanotechnologies İnternet Sitesi, 2018).



**Şekil-5.** Asker Merkezli Nanoteknoloji (Institute for Soldier Nanotechnologies İnternet Sitesi, 2018).

ISN, balistik koruma sağlayan, yaralanmaları iyileştiren, biyolojik ve kimyasal ajanlara karşı anında reaksiyon gösteren kıyafetleri üretmek amacıyla yoğun bir ArGe çalışması yapmaktadır. Asker için nanoteknoloji çalışmaları kapsamında beş temel araştırma alanı belirlenmiştir. Bu alanlar;

- Algılama, iletişim, gece görüş, elektronik malzemeler gibi çeşitli koruma kabiliyeti kazandırmak için çok hafif ve çok fonksiyonlu nanoyapılı malzemelerin geliştirilmesi,

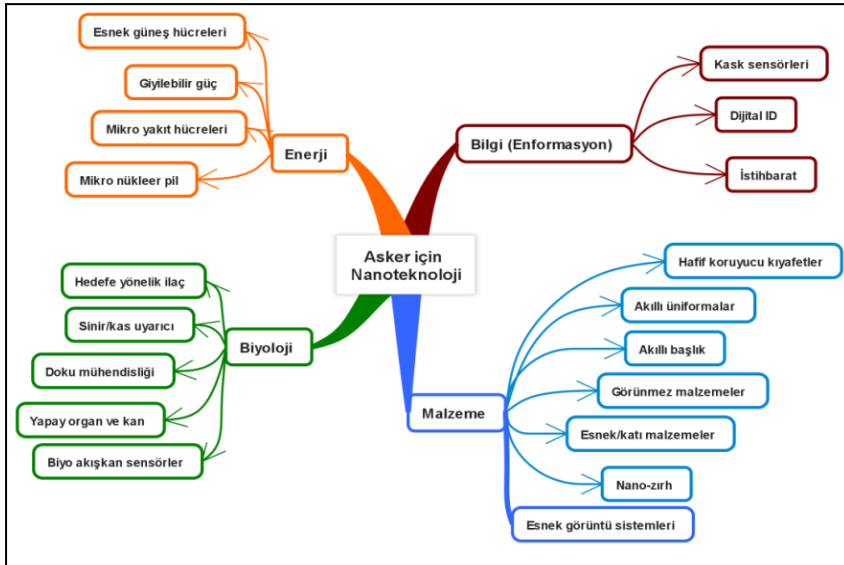
- Koruma, teşhis ve daha ileri tedavi sağlamak için tıbbi yöntemlerin geliştirilmesi,
- Patlama ve balistik tehditlere karşı yeni ve hafif koruyucu malzemelerin geliştirilmesi,
- Kimyasal, biyolojik ve radyolojik serpintilerin algılanması, korunma yöntemlerinin geliştirilmesi,
- Karmaşık harekât ortamlarında daha esnek bir hareket kabiliyeti kazandırmak için nanoölçekli ve nano kabiliyetli malzeme ve cihazların entegrasyonu olarak sıralanmaktadır (Institute for Soldier Nanotechnologies İnternet Sitesi, 2018).

ABD’de gerçekleştirilen bu çalışmalara benzer şekilde Japonya, Çin, Güney Kore ve Tayvan gibi birçok ülkede ArGe çalışmaları hız kesmeden devam etmektedir (Roco, 2011, s. 18). Gelişmelere bakıldığında 60’dan fazla ülkede nanoteknoloji programları üzerine önemli miktarlarda mali kaynak ayrılmaktadır. Örneğin; Japonya (1.3 Milyar Dolar), Rusya (974 Milyon Dolar) ve Almanya (617 Milyon Dolar) ile ABD ile yarışmaktadır (Sayler, 2015, s. 5). Nanoteknoloji, Avrupa Birliği’nde ilk olarak 4. Çerçeve Programı ile desteklenmeye başlanmıştır. Avrupa Birliği Horizon 2020 çerçevesinde nanoteknolojinin de içinde bulunduğu “Kolaylaştırıcılar ve Endüstriyel Teknolojiler” için 13 milyar Avro’nun üzerinde bütçe ayırmıştır. Türkiye’de ise 2003-2011 yılları arasında nanoteknoloji araştırma merkezlerine 244 milyon ABD Doları tutarında yatırım yapılmıştır (Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, 2018).

Nanoteknolojinin askerî uygulamaları üzerine Türkiye’de çeşitli projeler başlatılmış olmakla birlikte bu yöndeki çalışmaların yeterli olduğu söylenemez. Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (NANOTAM) tarafından 2009-2012 yılları arasında yürütülen Nanoaygıt projesi, Türkiye’de askerî uygulamalar üzerine gerçekleştirilen ilk nanoteknoloji projesi olması yönüyle önem taşımaktadır. Proje kapsamında ilk olarak füze ikaz ve gece görüş sistemlerinde çok daha hassas ve uzaktan görüntüleme elde etmek maksadıyla nano ışık kaynakları ve nano fotodedektörler tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu çalışmalar, Türk Silahlı Kuvvetlerinin kullandığı elektrooptik sistemlerine boyut, ağırlık ve güç tüketimi açısından önemli bir avantaj getirmektedir. Proje kapsamında ayrıca biyolojik ve kimyasal ajanlara duyarlı yüksek hassasiyete sahip nanobiyosensörler ve kimyasal nanosensörler geliştirilmiştir (Aydoğdu,

2018). ARGE projesi olarak başarıyla sonuçlandırılan proje sonunda elde edilen ürünün seri üretimine geçilmesi ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nin kullanımına sunulması oldukça önemlidir.

Nanosensörler ile donatılmış ve ve nanomalzemeler ile güçlendirilmiş teçhizatlar gelecekte askerî teknolojik olarak önemli kazanımlarından birisi olacaktır. Geleceğin askerî, giyilebilir ve esnek nanokompozitler, nanofiberlerden üretilmiş akıllı tekstiller, akıllı kasklar ve sensör entegreli, biyolojik ve kimyasal saldırılara karşı korumalı akıllı kıyafetler ile donatılacaktır. Yapılan öngörüler “asker merkezli” nanoteknoloji çalışmalarının, kısa ve orta vadede gerçekleşeceği yönündedir (Şekil 6). Örneğin, İngiltere Savunma Bakanlığına göre, 2030 yılından itibaren tıbbi nanobotlar ve minyatür araçlar için mikro-radar gibi keşif ve iletişim araçlarının sıklıkla kullanılacağı öngörülmektedir (Soutter, 2012, s. 1). Bu gelişmeler, hem sivil hem de askerî kullanım olmak üzere çift taraflı bir kazanım sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, özellikle terörizm gibi düşük yoğunluklu çatışmalar perspektifinden bakıldığında, tehdit unsurlarının bu teknolojiye sahip olmayı hedefleyebilecekleri muhtemeldir. Bu durumda öne çıkan en önemli husus, bu teknolojiye kimin daha önce sahip olacağı gerçeğidir.



Şekil- 6. Asker için Nanoteknoloji (Ngô ve Van de Voorde, 2014, s. 429; Simonis ve Schilthuisen, 2006, s. 22)

Nanoteknoloji ile üniformalar çok fonksiyonlu hale gelerek kimyasal, biyolojik ve radyolojik saldırılara karşı koruma sağlayabilecek, kinetik enerjili tehditlere, bomba ve mayınlara karşı balistik koruma özelliği taşıyabilecektir. Bununla birlikte askerlerin en birincil ihtiyacı olan hızlı hareket edebilme kabiliyeti ve hafiflik, nanomalzeme ve nanokaplamalar ile sağlanabilecektir (Ngô ve Van de Voorde, 2014, ss. 430-431).

### 3.2. İstihbarat Alanında Nanoteknoloji

Harekât alanında ihtiyaç duyulan istihbaratın anlık üretilmesi ve dağıtımı için hassasiyeti yüksek nanosensörlerin rolü oldukça fazladır. Sensör sistemleri, askerî nanoteknoloji araştırmalarının temel araştırma noktalarından birisidir. Nanoteknoloji kullanılarak üretilen hassas nanosensörler, mayınların tespitinin yanı sıra sınır boyunca terörist geçişlerinin tespit ve teşhisi için markalamaya imkân sağlayacaktır. Düşmanın konuşur kuruluğu, terörist faaliyetlerin niteliği ve verdirilen hasarın tespiti için görüntü hassasiyeti yüksek sensörler, istihbarat üretim faaliyeti içerisinde ihtiyaç duyulan en can alıcı sistemlerden birisidir (Miller ve Kearnes, 2012, s. 9). Sensörlerin görüntü hassasiyeti ve çözünürlük kalitesi, toplanan istihbaratın doğruluk derecesini belirlemektedir. Bununla birlikte, Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) serpintilerin ölçümü, nano seviyede üretilen sensörler vasıtasıyla daha hassas yapılabilecektir. Bu sayede, özellikle biyo-terörizm ile mücadele daha etkili bir şekilde icra edilebilecektir. Nanosensörlere sahip insansız hava ve kara araçları, harekât alanının gözetlenmesi, dost birliklerin bekasının sağlanması ve terörizm faaliyetlerinin erken tespit ve teşhisi için önemli görevler üstleneceklerdir. Geleneksel sensörlerin aksine daha küçük, daha ucuz ve daha güçlü nanosensörler ile akıllı sistemler günlük yaşamımızın her alanında yer almaya başlayacaklardır (Miller ve Kearnes, 2012, s. 10).

Nanoteknoloji ürünlerinin sadece devletler tarafından değil aynı zamanda terörist örgütler tarafından da geliştirilme olasılığı oldukça yüksektir. Bu teknolojiye sahip olan devletler veya terör örgütleri ile mücadele edebilmek için doğru ve zamanında elde edilmiş istihbarata her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulacaktır. Geleneksel silah sistemleri kolaylıkla tespit edilebilir ve bunlara karşı önlemler alınabilirken, nano seviyesinde üretilen silahların tespiti oldukça zor olacaktır (McGuinness, 2005).

### **3.3. Kara, Deniz ve Hava Platformları İçin Nanoteknoloji Çalışmaları**

Askerî kara, deniz ve hava araçlarında, askerî kiyafetinde, füze, roket ve uydu sistemlerinde kullanılmak üzere nanomalzeme, nanosensör ve nanoaygıtlar geliştirilmeye başlanmış, bu yönde ABD başta olmak üzere birçok ülkenin Silahlı Kuvvetleri tarafından ArGe projeleri tanımlanmıştır. Diğer taraftan, terörizmin beşiği haline gelen ve çatışmaların merkezi olarak anılan Ortadoğu'da nanoteknoloji çalışmalarına verilen önem dikkat çekicidir. İran'ın nükleer tesislerinin bulunduğu İsfahan şehrinde nanoteknoloji merkezi açması ve İsrail'in yıllardır sürdürdüğü çalışmalar ile nanoteknoloji ürünü silahlar üretme çabası, gelecekte güvenlik sorunlarının bu alana yöneleceğini göstermektedir.<sup>1</sup> Bu tür silahlanma çabaları, bahsedilen ülkelere durumsal üstünlük sağlarken bu teknolojiye sahip olmayan ülkeler için oldukça tehlikeli bir durum yaratacaktır.

Kısa, orta ve uzun menzilli füzeler, insanlı ve insansız hava/kara araçları, uydular, fırlatma roketleri vb. birçok silah sistemi, nanoteknoloji kullanılarak üretilebilecek sistemler arasında gösterilebilir. Özellikle terörizmle mücadelede İnsansız Uçak Sistemlerinin (İUS) rolünün oldukça önemli olduğu bilinen bir gerçektir. İUS'ların nano seviyesine getirilmesi ABD'nin uzun vade planlamaları arasında yer almaktadır. ABD Hava Kuvvetleri İnsansız Uçak Sistemleri Uçuş Planı 2009-2047 (United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047) belgesinde belirtildiği şekilde Nano-İUS'lar ile bina içerisinde ve dışarısında dinleme, keşif gözetleme ve muhabere yapılarak istihbarat toplama öngörüsü oldukça dikkat çekicidir.<sup>2</sup> Nitekim ABD Hükümeti tarafından desteklenen proje kapsamında ince ve küçük sivrisinek görünümlü İUS'lar hassas kamera ve mikrofon ile donatılarak istihbarat elde etmek üzere geliştirilmeye başlanmıştır.<sup>3</sup> Ayrıca ABD İleri Savunma Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) işbirliği ile geliştirilen Nano-İUS projesinde, daha larva aşamasında olan kelebeklerin,

<sup>1</sup> İsrail'in Nanoteknoloji çalışmaları için bkz : <http://www.nanoisrael.org/>. Ayrıca İran'ın çalışmaları için de bkz : <[http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=46896](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=46896)>, (Erişim tarihi : 17.12.2018).

<sup>2</sup> Ayrıntılı bilgi için bkz : United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047, <[http://www.fas.org/irp/program/collect/uas\\_2009.pdf](http://www.fas.org/irp/program/collect/uas_2009.pdf)>, Headquarters, United States Air Force, Washington DC, (Erişim tarihi: 17.12.2018).

<sup>3</sup> Söz konusu bilginin ayrıntıları için bkz: <<http://www.hoaxorfact.com/Technology/tiny-robot-mosquito-drones-being-researched-by-the-us-government.html>>, (Erişim tarihi: 21.12.2018).

sinir sistemlerine nano seviyesinde sensörler enjekte edilerek keşif ve gözetleme faaliyetlerinde kullanılması hedeflenmektedir (Richards, 2007). Afganistan’da kullanılmak İngiliz ordusu tarafından geliştirme çalışmaları devam eden minyatür helikopter, terörizme karşı mücadele için etkili bir sistem olarak görülmektedir.<sup>4</sup>

Kara Kuvvetlerinin daha çevik ve daha etkin olabilmesi için öncelikle ağırlık problemi çözülmelidir. Nanomalzemeler bu yönde geliştirilecek çözümlerin başında gelmektedir. Kara Kuvvetlerinin envanterinde yer alan silah sistemlerinin ağırlıkları, nanomalzemeler vasıtasıyla azaltılabilir. Aynı zamanda harekât alanında askerlerin taşıdıkları yüklerin ağırlıklarının azaltılması büyük bir avantaj sağlayabilir. Nanoteknoloji ile hafifleştirilen ve sağlamlaştırılan zırhlar, askerın bekasını artırıcı etki yapabilecektir. Aynı şekilde nanokaplamalar kullanılarak askerî sistemlerin elektromanyetik teşhisleri azaltılabilecektir (Czerwinska, 2014).

Deniz Kuvvetlerinde nanoteknoloji ArGe çalışmaları, deniz şartlarına uygun akıllı malzemelerin üretimi için sürdürülmektedir. Bu kapsamda, karıştırmaya karşı antenler, insan makine arayüzleri, bilgisayarlar, muhabere, kimyasal ve biyolojik tehditleri tespit edebilen sensörler, meteorolojik ve oşinografik değerlendirmeyi destekleyen cihazların üretimi Deniz Kuvvetlerinin nanoteknolojiden beklentileri arasında yer almaktadır. Gemiden-gemiye veya gemiden-havaya atılabilen füzeler ile diğer taktik ve balistik akıllı füzelerin nanoteknoloji kullanılarak üretilmesi ArGe çalışmalarının diğer hedefleri arasında bulunmaktadır. Nanokompozit yapılar ve bileşenler, çelikten daha sağlam ve daha hafif bir özellik göstermektedir. Yapısal nanokompozitler, geliştirilmiş reçineler, yapısal güçlendirilmiş fiberler, dolgu ve köpük malzemeleri, yapıstırıcılar, akıllı ve adapte edilebilir malzemeler kullanılarak daha hafif ve daha sağlam gemilerin üretilmesi mümkündür. Örneğin, İsveç Kraliyet Donanmasının “Visby” sınıfı korveti, güçlendirilmiş sandviç tarzı karbon fiberlerden oluşan dünyanın tek görünmezlik teknolojisine sahip korveti olarak bilinmektedir. Söz konusu fiberler, gemiye yapısal olarak hafiflik, daha fazla yükleme kapasitesi, geliştirilmiş kenarlar, yüksek şok emici

---

<sup>4</sup> Söz konusu helikopter 10 cm uzunluğunda ve 17 gr ağırlığındadır. Üzerinde üç adet minyatür kamera bulunmaktadır, Bu hava aracına ilişkin video görüntüsü için bkz: <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/defence/9869468/Black-Hornet-British-Army-unveil-latest-weapon-against-the-Taliban.html>, (Erişim tarihi: 21.12.2018).

özellik, yüksek hız, daha uzun menzil ve daha düşük manyetik imza (tanınma) avantajları sağlamaktadır (Nitschke, 2005).

Hava Kuvvetlerinin kuvvet artırıcı unsurları olarak görülen komuta-kontrol, hava ulaştırması, elektronik harp, havada yakıt ikmali, istihbarat, gözetleme ve keşif yetenekleri, uçakların ve uçuş safhasının her kademesinde yer alan birimlerin harekât kabiliyetlerinin artırılmasına olumlu katkı sağlamaktadırlar. Nanoteknoloji bu unsurlara yönelik yapacağı destek ile önemli kuvvet çarpanı haline gelebilecektir. Nanoteknoloji, Hava Kuvvetlerinin sahip olduğu silah sistemlerine hafiflik, hız ve görünmezlik özellikler sağlayacaktır. Nanokompozit malzemelerle hafifletilmiş gövde ve nanomalzemelerle güçlendirilmiş motor gücü sayesinde hava platformlarının hızı, menzili ve servis tavanı büyük oranda artırılabilir. Hıza ve zamana dayalı harekât icra eden Hava Kuvvetlerinin radarda tespit edilememesi, harekâtın başarısı açısından önemli bir imkân ve kabiliyettir. Nanokompozitler ve radar ışınlarını tamamıyla absorbe edebilen ultra ince nanokaplamalar ile daha hafif, daha hızlı ve üstün görünmezlik teknolojisine sahip uçakların geliştirilmesi mümkün olabilecektir. Geleceğin Hava Kuvvetleri; hafif, nanosensörler ile teçhiz edilmiş ve görünmezlik teknolojisine sahip hava araçlarından oluşacak, bu sayede taarruzi ve savunma gücünde çok önemli gelişmeler sağlanabilecektir. Diğer taraftan nanoteknoloji sayesinde hava araçları; performans, hız, güç ve güvenlik açısından üstün özelliklere sahip olurken bakım aralıkları arasındaki sürenin artması ile bakım maliyetlerinde önemli azalmalar olacaktır (Czerwinska, 2014; Sayler, 2015).

Uzay, nanoteknolojinin bir başka gelişim alanlarından birisidir. Uzay çalışmaları kapsamında akla gelen ilk kuruluş olan NASA'nın Ames Araştırma Merkezinde, nanoteknoloji alanında çok önemli araştırmalar yapılmaktadır. Ames Araştırma Merkezinin nanoteknoloji çalışmaları, çok küçük ve güçlü sensörler ile bilgi depolama sistemleri üzerine odaklanmıştır (NASA, 2015).

Yukarıda ifade edilen bilgiler doğrultusunda nanoteknolojinin askerî alana ilişkin güçlü ve zayıf yanları ile gelecekte bu alanda yaratılacak fırsatlar ve tehditlerin ortaya çıkarılması (Tablo 1), bu yeni teknolojiye yönelik hazırlıkların bugünden yapılmasını gerekli kılmaktadır.

**Tablo- 1.** Nanoteknoloji için Güçlü, Zayıf, Fırsat ve Tehditler (GZFT) Analizi

<b>Güçlü Yönler</b> * Hızlı, çevik, sağlam ve akıllı sistemler * Hassas istihbarat, keşif ve gözetleme * Kuvvet çarpanı etkisi * Asimetri etkisi	<b>Zayıf Yönler</b> * Teknolojik yetersizlik * Araştırmacı eksikliği * Kaynak sorunu * Somut Ürün yetersizliği * Standart eksikliği
<b>Fırsatlar</b> * Ülke güvenliğinin sağlanması * Ekonomik güç kazanımı * Güç dengesi yaratılması * Tekel nedeniyle ülkelerin diğer ülkeleri bağımlı hale getirmesi	<b>Tehditler</b> * Asimetri etkisi * Suçlu ve teröristler tarafından kullanımı * İnsan sağlığına zararı * İstikrarsız silahlanma yarışı * Minyatür sensörlerin çoğalması ile birlikte kişiye özel hakların korunamaması * Tekel nedeniyle ülkelerin sahip olan ülkelere karşı bağımlı hale gelmesi

## SONUÇ

Nanoteknoloji, devletlerin ulusal ve uluslararası alanda simetrik ve asimetric tehditlere karşı güvenliklerini teminat altına almaları bakımından önemli avantajlar sağlayabilecektir. Nanoteknolojinin önemini kavrayan devletler, ArGe çalışmalarının önemli bir bölümünü bu teknolojik alana yönlendirmişlerdir.

Güvenlik ve savunma sektörü nanoteknolojideki gelişmelerden en fazla etkilenecek alanların başında gelmektedir. Türkiye’de bu alana yönelik bireysel düzeyde girişimler bulunmakla birlikte Devlet-Üniversite-Sanayi üçleşmesinin henüz ortak bir paydada buluşamadığı görülmektedir.

Nanomalzemeler, nanoaygıtlar, nanosensörler ve nanosağlık uygulamaları, silahlı kuvvetlerin nanoteknoloji alanında yatırım yapma motivasyonunu tetiklemektedir. Harekât alanında askerî nanoteknoloji sayesinde eskisine oranla daha hafif, daha çevik ve daha dirençli olabilme ihtimali silahlı kuvvetlerin harekât planlarında stratejik değişiklikler yapmasının önünü açacaktır.

Nanoteknolojideki gelişmelerin ve malzeme özelliklerinin çok yeni olmasından dolayı bu teknolojinin askerî alandaki etkilerinin henüz tam olarak ortaya çıkmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle bu çalışmalar çok gizli yürütülmekte olup açık kaynaklara yeterince yansıtılmamaktadır. Savunma ve güvenliğin sağlanabilmesi adına ülkemizin nanoteknoloji araştırmalarına zaman kaybetmeden başlaması ve bu yönde milli seferberlik ilan etmesi gerekmektedir.



Hâlihazırda ülkelerin askerî imkân ve kabiliyetleri ile sahip oldukları silah sistemleri birbirlerinden çok büyük farklılıklar göstermese de nanoteknoloji gelecekte bu dengeyi bozabilecek bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla nanoteknolojinin savunma ve güvenlik alanına getireceği potansiyel avantajlar ve riskler şimdiden fark edilmeli ve buna yönelik gerekli altyapılar kurularak karşı tedbirler üretilmelidir.

Sonuç olarak, nanoteknoloji oldukça sessiz bir şekilde nano âlemden makro âleme doğru hızlı bir şekilde yol almaktadır. Başta güvenlik alanında olmak üzere, yakın bir gelecekte farklı birçok disiplinde kendisine faaliyet alanı bulabilecektir. Devletler ve devlet dışı aktörler arasından oluşabilecek simetrik ve asimetrik çatışmalarda, nanoteknolojiye sahip olan tarafın mücadeleyi kazanma konusunda avantajlı duruma geçeceği kuvvetle muhtemeldir. Henüz bu alandaki çalışmalar bilim kurgu gibi görülse de sonuçları ani olarak ortaya çıkarak sürpriz etkisi yaratabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Allhoff, F., Lin, P. ve Moore, D. (2010). *What is nanotechnology and why does it matter? : from science to ethics*. Chichester, UK; Malden, MA: Wiley- Blackwell.
- Aluya, J. (2015). Nanotechnology Implications and Global Leadership Perspectives. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(1), 31-37.
- Aydoğdu, A. (2018), *A Nanotechnology Roadmap For The Turkish Defense Industry*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Orta Dođu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü (2017), *Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2018)*, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Boot, M. (2006). *War made new: technology, warfare, and the course of history, 1500 to today*. New York: Penguin.
- Clunan, A., Rodine-Hardy, K., Hsueh, R., Kosal, M. E. ve McManus, I. (2014). *Nanotechnology in a globalized world: strategic assessments of an emerging technology*. Naval Postgraduate School Monterey.
- Czerwinska, M. (2014). Military nanomaterials applications. *Chemik*, 68(6), 536-543.
- Dowling, A. P. (2004). Development of Nanotechnologies. *MATTOD Materials Today: Supplement*, 7(12), 30-35.
- Drexler, K. E. (1986). Engines of creation: the coming era of nanotechnology. *Anchor Book*.
- Feynman, R. P. (2006). There's plenty of room at the bottom. *SPIE milestone series.*, (182), 3-10.

- Güvenç, Z. B. (2007). Nanobilim, Nanomühendislik ve Nanoteknolojinin Etkilemeyeceği Bir Alan Bulunabilir mi? Bu Teknolojiyi Kaçırırsak Ne Olur? *Çankaya Üniversitesi Gündem Dergisi*, (27).
- Hunt, G. ve Mehta, M. D. (2013). *Nanotechnology risk, ethics and law*. London; Sterling, VA: Earthscan.  
<http://oproquest.safaribooksonline.com/9781844073580> adresinden erişildi.
- Institute for Soldier Nanotechnologies İnternet Sitesi. (2018). Institute for Soldier Nanotechnologies. *Institute for Soldier Nanotechnologies*. 18 Aralık 2018 tarihinde <http://isnweb.mit.edu/> adresinden erişildi.
- Lele, A. (2009). Role of Nanotechnology in Defence. *Strategic Analysis Strategic Analysis*, 33(2), 229-241.
- McGuinness, J. P. (2005). *Nanotechnology: The Next Industrial Revolution- Military and Societal Implications*. Army Environmental Policy Inst Arlington VA.
- Miller, G. ve Kearnes, M. (2012). Nanotechnology, Ubiquitous Computing and The Internet of Things. *Council of Europe Report*.
- NASA. (2015). Nanotechnology at Ames. NASA. 22 Aralık 2018 tarihinde [https://www.nasa.gov/centers/ames/research/technology-onepaggers/ames\\_nanotech.html](https://www.nasa.gov/centers/ames/research/technology-onepaggers/ames_nanotech.html) adresinden erişildi.
- Ngô, C. ve Van de Voorde, M. (2014). *Nanotechnology in a Nutshell From Simple to Complex Systems*. Paris: Atlantis Press : Imprint : Atlantis Press. <http://dx.doi.org/10.2991/978-94-6239-012-6> adresinden erişildi.
- Nitschke, S. (2005). Nano-Technology Applications for Naval Warfare. *Naval forces.*, 26(2), 36-45.
- Özer, Y. (2008). *Nanobilim ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği / Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Rai, S. ve Rai, A. (2015). Review: Nanotechnology - The secret of fifth industrial revolution and the future of next generation. *Nusantara Bioscience*, 7(2). doi:10.13057/nusbiosci/n070201
- Richards, J. (2007). Can Cyborg Moths Bring Down Terrorists? 17 Aralık 2018 tarihinde <https://www.thetimes.co.uk/article/can-cyborg-moths-bring-down-terrorists-qhz7fzmzxhg> adresinden erişildi.
- Roco, M. (2011). The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Initiative at 10 years. *J. Nanopart. Res. Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 427-445.
- Sayler, K. (2015). Nanotechnology and U.S. Military Power. *Defense Dossier*, (13), 3-6.
- Simonis, F. ve Schilthuisen, S. (2006). *Nanotechnology: innovation opportunities for tomorrow's defence*. Delft: TNO Science & Industry.
- Soutter, W. (2012). Nanotechnology In The Military. *AzoNano*. 16 Aralık 2018 tarihinde <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3028> adresinden erişildi.
- The National Nanotechnology Initiative. (2018). The National Nanotechnology Initiative, Supplement to the President's 2019 Budget. The National Nanotechnology Initiative. <https://www.nano.gov/sites/default/files/NNI-FY19-Budget-Supplement.pdf> adresinden erişildi.
- TÜBİTAK (2004). Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri, Vizyon 2023. TÜBİTAK.
- Vlandis, A. (2006). The Risks of Military Applications of Nanotechnology. *Chain Reaction*, (97), 27.
- Ziylan, A. (2004). *Ulusal teknoloji yeteneği ve savunma sanayii*. Savunma Sanayicileri Derneği.