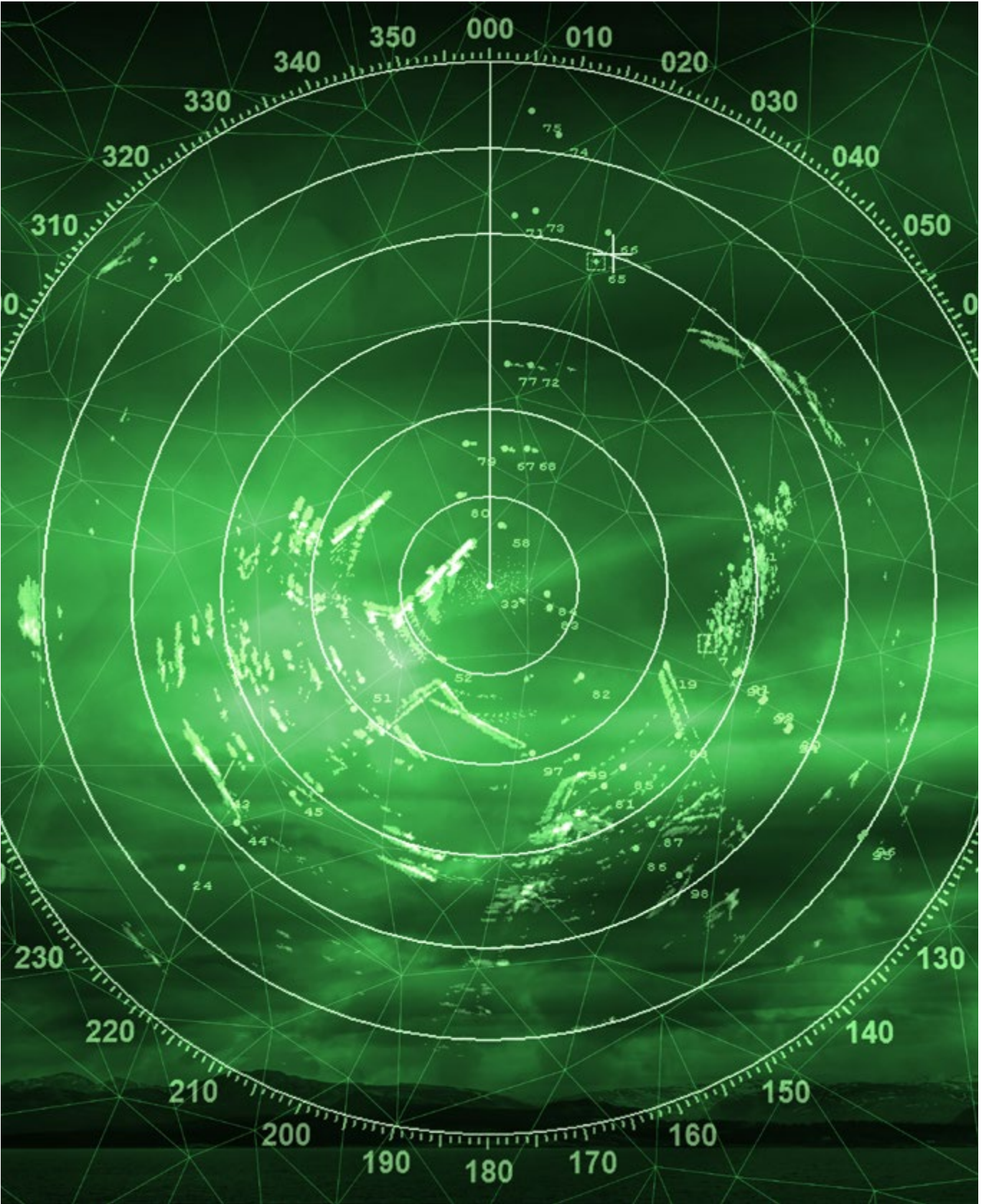




AVCI UÇAKLARIN AVCISI: KUANTUM RADAR



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 Meryem ERTEN

1. GİRİŞ

Günümüzde geleneksel radar sistemlerindeki teknoloji ve bilgi birikimi bile ancak belirli bir seviyeye ulaşabilmiş iken; şu sıralar bir de Kuantum Radar teknolojisi ile karşı karşıyayız. Bilindiği gibi, geleneksel radar sistemleri “Hayalet Uçakları” (Stealth Aircraft) tespit etmekte yetersiz kalıyor. Bu uçakların radyo dalgalarını emen özel boyalarla kaplı olan yüzeyleri çeşitli farklı açılarla radyo dalgalarını yansıtarak dağıtıyor. Halen kullanımda olan en yaygın iki hayalet uçak türü, avcı uçağı F-117 ile bombardıman uçağı B-2’dir. Lockheed Martin’in, ilk uçuşunu 2006’da gerçekleştiren ve 2015 yılında kullanılmaya başlanan F-35 Lightning II isimli yeni avcı uçağının 2040’lı yıllarda dünyanın en önde gelen avcı uçağı olması bekleniyor^[1].

Geleneksel radar sistemleri bu uçakları tespit etmekte yetersiz kaldığı için, hayalet uçak teknolojisinin hızla gelişmesi ve bu uçakların sayısının artması, kuantum radar teknolojisinin geliştirilmesinin yolunu açmıştır. Kuantum radar, girdi kuantum korelasyonlarına — özellikle kuantum dolanıklık (quantum entanglement) — ve çıktı kuantum tespitlerine dayalı olarak çalışan ve geleneksel radar sistemlerine göre oldukça gelişmiş özelliklere sahip bir uzaktan algılama teknolojisidir^[2]. Günümüzde ABD, Kanada, Çin ve Rusya’da kuantum radar geliştirme çalışmaları yürütülmektedir. Ağustos 2016’da Çin, başarılı bir şekilde çalışan ilk kuantum radarı ürettiğini duyurmuş olmakla birlikte bu konuda hiçbir bilgi verilmemesi konuya dair şüphe uyandırmıştır. Kasım 2018’de düzenlenen Zhuhai Air Show’da Çin firması CETC (China Electronics Technology Group Corporation) geliştirdiğini iddia ettiği kuantum radara dair bir prototipi sunmuş ancak



Şekil 1: Geleneksel bir Rus Radar İstasyonu



Şekil 2: F117 NightHawk Hayalet Uçak

herhangi bir demonstrasyon yapmamıştır^[3]. Daha sonra Çin medyası bu radarın 100 kilometrelik bir menzile sahip olduğunu ve bu mesafede ilk başarılı testlerin yapıldığını ileri sürdü.

Çin'in kuantum radarı geliştirmiş olduğuna dair kesin kanıtlar henüz ortada olmasa da bu konu, F-35 müşterilerini özellikle ilgilendiriyor. ABD'ye maliyeti uzun vadede 1,5 trilyon doları bulacak olan ve milyarlarca dolar gelir getirmesi beklenen F-35'ler için pek çok ülke tarafından düzinelerle sipariş verilmiş durumda. Eğer Çin, iddia ettiği gibi kuantum radarı geliştirdiyse, bu durum hayalet uçakların pabucunun dama atılabileceği anlamına gelir.

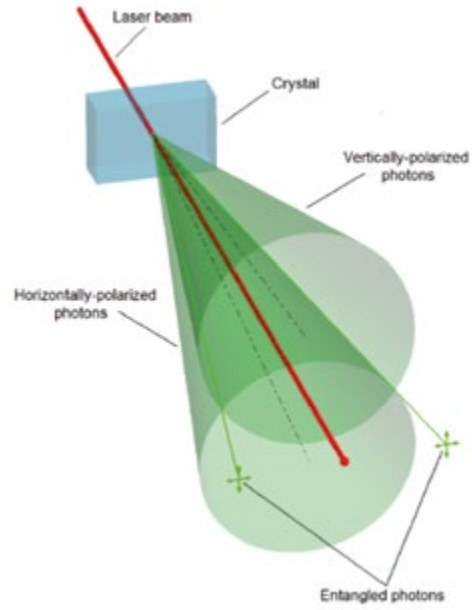
Bir başka haber de Kanada Savunma Bakanlığı'nın kuantum radar geliştirmek için 2,7 milyon dolar yatırım yapmış olduğu yolunda. Kanada ile ABD, Kuzey Kutbu'ndaki 54 Kuzey Uyarı Sistemi (NWS) radar istasyonunu ortaklaşa kullanıyor. Bu radar istasyonlarının yaşam sürelerinin sonuna yaklaştığı ve 2025'e kadar yenilenmeleri gerektiği biliniyor. Kanada Waterloo Üniversitesi tarafından yürütülen çalışmaların nihai hedefinin kullanım süresinin sonuna yaklaşan bu Artic radarları kuantum radarla değiştirmek olduğu belirtiliyor^[4]. Waterloo Üniversitesi uzmanlarına göre bunun için gerekli teknoloji henüz laboratuvarında test aşamasında bulunuyor^[5].

2. TEKNOLOJİ

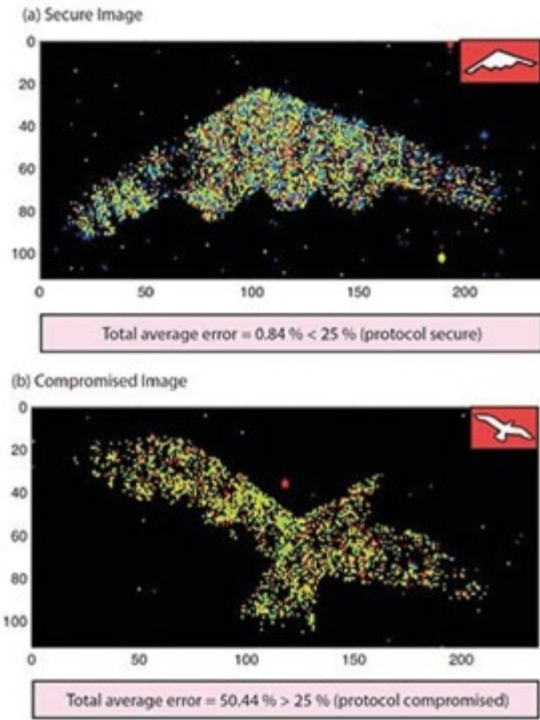
Kuantum radar temelde Kuantum Aydınlatma (Quantum Illumination) denilen bir yöntemle Kuantum Dolanıklık (Quantum Entanglement) olarak adlandırılan bir fenomene dayalı bir teknolojidir. Basitçe ifade etmek gerekirse, kuantum radar normal bir radar gibi çalışır. Fakat tek bir elektromanyetik enerji ışını göndermek yerine, iki ayrık foton (ışık parçacığı) akışı kullanır. Kuantum radar sisteminde her foton birbiriyle etkileşim içinde bulunan kardeş iki fotona ayrılır. Dolanıklık olarak adlandırılan bu kardeşlik aşağıda ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Kardeş fotonlardan biri mikrodalga ışınla havaya gönderilirken, diğeri sistemde tutulur. Fotonların dolanıklık özelliğinden yararlanılarak, havaya gönderilen fotonların radar sisteminde bekletilen fotonlardaki yansımından; "Gönderilmiş fotonlar bir nesneyle karşılaştı mı?", "Nesnenin şekli nedir?", "Konumu ve yönü nedir?" gibi sorulara yanıt aranır.

2.1 Kuantum Dolanıklık

Dolanıklık; parçacıklar arasında büyük bir mesafe olsa bile, parçacık çiftleri veya grupları her bir parçacığın kuantum durumunun diğer(ler)inden bağımsız olarak tanımlanamayacağı şekilde oluşturulduğundan etkileşime girdiğinde veya uzamsal yakınlığı (spatial proximity) paylaştığında meydana gelen fiziksel bir fenomendir. Örneğin, toplam spinleri sıfır olacak şekilde bir parçacık çifti üretilirse, bir parçacık belirli bir eksen üzerinde saat yönünde dönüşe sahip olursa, diğer parçacığın dönüşü aynı eksende ölçülür dolaşmalarından beklendiği gibi, saat yönünün tersinde olur^[6].



Şekil 3: Parametrik Aşağı Evirme işlemi, fotonları karşılıklı olarak dik polarizasyon ile tip II foton çiftlerine bölebilir^[6].



Şekil 4: Rochester Üniversitesinde geliştirilen bir çalışma: Fotonları taranacak nesnelere göndermeden önce polarize ederek, geri dönen fotonları değiştirmeye yönelik herhangi bir girişim, ikinci sahte görüntüde gösterilen çok yüksek polarizasyon hataları biçiminde tespit edilmesi kolay kuantum parazitine (interference) neden oluyor^[10]. Radara bağlı bir bilgisayar ile elektromanyetik dalgaların kuantum fiziği özelliklerinden yararlanan sistem, bu görüntülerin gerçeğini sahtesinden ayırt ediyor. Stealth uçakların radyo dalgalarını nasıl çarpıttığını bilen sistem, radar görüntülerini tek tek inceleyerek özel bir formülle elekten geçiriyor. Bu matematik formülü, hangi görüntülerin gerçekten kuş sürüsü olduğunu ve hangi görüntülerin kendini kuş sürüsü gibi gizleyen bir avcı uçağına ait olduğunu tespit ediyor^[11].



Daha ayrıntılı açıklanacak olursa, kuantum fiziğine göre atom altı parçacıklar (elektronlar, fotonlar) yapı itibarıyla birbirlerinin kopyalarıdır. Bu parçacıkları birbirinden ayıran özellikler buldukları konum ve hızlarıdır. Parçacıkların bu özelliği kuantum fiziğinde dolanıklık denilen fenomene yol açar.

Dolanıklığı tam olarak anlamak için bir diğer kuantum ilkesine daha başvurmamız gerekir: Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi. Bu ilkeye göre, bir parçacığın momentumu ve konumu aynı anda tam doğrulukla ölçülemez (momentum değişimi = kütle değişimi x hız değişimi)^[7]. Bir parçacığın konumu ne kadar doğru ölçülürse (yani konumunun belirsizliği ne denli küçük olursa), momentumunun belirsizliği de o kadar büyük olur. Heisenberg ayrıca belirli sistemlerin ölçümlerinin, sistemleri etkilemeden, yani sistemdeki bir şeyi değiştirmeden yapılamayacağını belirten fizikte "Gözlemci Etkisi" olarak bilinen ilkeyi kuantum seviyesinde kullanarak kuantum belirsizliğinin "fiziksel bir açıklamasını" da yapmıştır. Yani parçacıklara ışık tutularak bakılması bile onların konumlarını ve hızlarını değiştirir. Bu nedenle öncelikle dış etkenlerden tamamıyla yalıtılmış bir ortamın varlığı gerekir. Bir fotonu alır ve bu fotodan iki kardeş foton üretirseniz dış etkenlerden tümüyle yalıtılmış bu dolaşık fotonlar yalnızca birbiriyle etkileşim içinde oldukları için kuantum fiziği açısından bulanık bir durumdadır, yani spinleri hem yukarı hem de aşağı durumdadır. Kuantum fiziğine göre, bu iki fotonu birbirinden

ayırp milyonlarca kilometre uzağa götürdüğünüzde bile, bunların birinin yukarı spinde olduğunu saptıyorsanız, diğerinin aşağı spinde olduğundan emin olabilirsiniz. Kuantum dolanıklık fenomenine göre, dolanık olan yani birbirleriyle bağlantılı olan bu fotonlar birbirlerinden çok uzakta olsalar bile aralarında enformasyon akışı sağlayabilirler. Einstein zamanında kuantum dolanıklığın varlığından şüphe duymuştur. Bunu, "uzak mesafede ürkütücü eylem (spooky action at a distance)" olarak nitelendirmiş ve iki akademisyenle birlikte EPR Paradoksu'nu ortaya atmıştır^[6]. Ancak daha sonra yapılan deneylerle dolanıklığın gerçeklik olduğu anlaşılmıştır. İşte kuantum radar, iki dolanık fotonu kuantum aydınlatma yöntemiyle kullanarak nesnelere ilgili bilgi edinmeye dayanır.

2.2 Kuantum Aydınlatma Nedir?

Kuantum aydınlatma, fotonların orijinal dolanıklılığı kayıplı ve gürültülü bir ortam tarafından tahrip edildiğinde bile, kalıntı korelasyon verilerini kullanabilen bir yöntemdir. Kuantum aydınlatmanın temel amacı hedef tespitidir. Burada gönderici, sinyal ve rölati (bekleyici) olarak adlandırılan iki dolanık sistemi hazırlar. Sinyal gönderilirken rölati, parlak arka plan gürültüsünün olduğu bir bölgede düşük yansıtıcı bir nesnenin varlığını araştırmak için tutulur. Sonrasında, nesneden gelen yansıma rölati sistemle iki olası sonuç sağlayan ortak bir kuantum ölçümünde birleştirilir: mevcut nesne veya mevcut olmayan nesne. Bu

işlem birçok kez tekrarlanır, böylece tam bir kuantum tespiti için alıcıda çok sayıda sinyal-rölanti sistem çifti toplanır. Rölanti sistem ile yansıyan sinyal sistemi arasındaki dolanıklık işlem sürecinde tamamen kaybolabilir. Ancak, bu iki sistem arasındaki kalıntı kuantum korelasyonları o kadar güçlüdür ki sadece başlangıç sinyal-rölanti sisteminin dolanıklığı ile yaratılabilirler. Yansıtılan sinyal, tutulan rölanti sistemi ile kuantum korelasyonlu olduğu için, detektör tarafından alınan tüm diğer ilişkisiz arka plan termal fotonlar arasında bile ayırt edilebilir. Sistemlerin bu kuantum etkilemesi nedeniyle, kuantum aydınlatmasının tespiti çok etkilidir^[8]. İşte kuantum radar dolaşık fotonlar üzerinde bu yöntemle çalışarak nesnelere tespit edilmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi kuantum radar sistemi öncelikle fotonları Şekil 3'de görülen Parametrik Aşağı Evirme (Spontaneous Parametric Down-Conversion) yöntemiyle dolaşık iki fotona dönüştürür. Bunlara A ve B fotonları diyelim. Radar A fotonlarını mikrodalga ışınıyla havaya gönderir. B fotonları ise sistemde kalır. A ve B fotonları birbirleriyle etkileşim içindedir, aralarında enformasyon akışı vardır. Bu sayede A fotonlarında meydana gelen değişiklik, radar sisteminde bekletilen B fotonlarına bakılarak gözlemlenebilir. Yoğun arka plan gürültüsü veya sinyal karıştırma gibi engeller bile A ve B fotonları arasındaki kuantum korelasyonlarını yok edemez. Bu kuantum etkilemesi sayesinde radar sistemi B fotonlarına bakarak A fotonlarının ne tür değişikliklere uğradığını gözlemleyebilir ve nesnelere varlığı, konumları ve kimliğiyle ilgili tespitlerde bulunabilir.

Kuantum radar başarılı bir şekilde geliştirilirse, yoğun arka plan gürültüsü olduğu durumlarda bile radar

sistemi kendi sinyalini seçebilecektir. Bu da, hayalet uçakları tespit etmesini ve kasıtlı karıştırma (jamming) girişimlerini filtrelemesini sağlayacaktır. Kuantum radar ilginç bazı yeni özellikler de getirebilir. Birincisi, ışınlanmış parçacıklar temas ettikleri yüzeylerle etkileşime girdikleri için hedefin materyalini ve diğer özellikleri tespit edebilirler. Bu sayede radarda çok daha detaylı bir görüntü elde edilebilir. Örneğin bir sahte hedef veya tuzak ile gerçek bir savaş uçağı veya balistik füze ayırt edilebilir. Hatta bu hedeflerin nükleer yük taşıyıp taşımadığı bile belirlenebilir. Bunun önümüzdeki dönemde füze savunma politikalarının belirlenmesi üzerinde önemli bir etkisi olabilir^[9].

3. SONUÇ

Teoride her ne kadar çalıştırılabilir gibi görünse de kuantum radarı pratikte çalıştırabilmek oldukça zor. ABD, Kanada, Rusya ve Çin'de kuantum radar programları yürütüldüğü açıklanmış olsa da, uzmanlar bu teknolojinin henüz laboratuvar ortamından sahaya aktarılamadığını belirtiyor. Ayrıca, avcı uçakları belirli mesafelerde tespit edebilsen bile, kuantum radarın müdahale etmeyi hedefleyen izleme sınıfı verileri üretebileceğinin garantisi de henüz yok^[3]. Bu nedenle, endişeye kapılmadan kuantum radar teknolojisindeki gelişmeler yakından takip edilmeli ve uluslararası çalışmalara katkı sağlanmalıdır. Böylece, tüm dünya için yeni sayılabilecek bir teknolojinin müşterisi olmaktan ziyade sağlayıcısı olunabilir ya da en azından geliştirme zincirinin bir parçası konumuna geçilebilir.



KAYNAKÇA

- [1] Wikipedia, 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://tr.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-35_Lightning_II.
- [2] Wikipedia, «Quantum Radar,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_radar.
- [3] ForcesNetwork, «Frontline Tech: Will Quantum Radar Change The History Of Air Warfare?,» 4 Aralık 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.forces.net/technology/frontline-tech-will-quantum-radar-change-history-air-warfare>.
- [4] BBCNews, «Canada developing quantum radar to detect stealth aircraft,» 24 Nisan 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.bbc.com/news/technology-43877682>.
- [5] University of Waterloo, «Quantum radar will expose stealth aircraft,» 12 Nisan 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://uwaterloo.ca/institute-for-quantum-computing/news/quantum-radar-will-expose-stealth-aircraft>.
- [6] Wikipedia, 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement.
- [7] Wikipedia, 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle.
- [8] Wikipedia, «Quantum illumination,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_illumination.
- [9] S. Roblin, «Quantum Radars Could Unstealth the F-22, F-35 and J-20 (Or Not),» 10 Mayıs 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/quantum-radars-could-unstealth-the-f-22-f-35-j-20-or-not-25772>.
- [10] S. Dent, 14 Aralık 2012. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.engadget.com/2012/12/14/scientists-demonstrate-unjammable-radar-using-quantum-imaging/>.
- [11] K. Demircan, «GÖRÜNMEZLİK SAVAŞLARI 2 >> ROCHESTER ÜNİVERSİTESİ “KUANTUM RADAR” YAPTI. HAYALET UÇAKLARIN MODASI GEÇTİ,» 14 01 2013. [Çevrimiçi]. Available: <https://khosann.com/gorunmezlik-savaslari-2-rochester-universitesi-kuantum-radar-yapti-hayalet-ucaklarin-modasi-gecti/>.



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

