



Askeri Lojistikte Uzay Çağı Başlıyor mu?

Uzay alanında 60 yıldan fazla zamandır süren insan faaliyetleri, dünyadaki yaşam kalitesini artıran toplumsal faydalar üretti. Uzay araştırmalarının zorlukları, yeni bilimsel ve teknolojik bilgileri ateşleyerek, inovasyonun temel kaynaklarından biri oldu. Uzay araştırmaları, malzeme, enerji üretimi ve enerji depolama, geri dönüşüm ve atık yönetimi, gelişmiş robotik, tıp ve medikal teknolojiler, ulaşım, mühendislik, bilgi işlem ve yazılım gibi alanlarda dünyaya anında fayda sağladı ve sağlamaya devam edecek.

Bu alanlardan biri de roket teknolojisi... Uzay ekonomisinin lokomotifi olan fırlatma sektöründe son yıllarda büyük bir değişim yaşanıyor. Yerden fırlatmalı katı yakıtlı roketlerin maliyetini azaltma arayışları, yeniden kullanılabilir fırlatıcı sistemlerinin geliştirilmesine kapı araladı. Özel uzay şirketlerinin geliştirdiği yeniden kullanılabilir roketler, uzay çalışmalarının maliyetlerini azaltıp daha fazla oyuncunun uzayın olanaklarından yararlanmasının önünü açıyor.

Yakın gelecekte yeniden kullanılabilir roketler yeryüzünde de bir ulaşım aracı hâline gelebilir. Örneğin ABD Hava Kuvvetleri, bu roketleri çatışma alanlarına veya insani yardım ihtiyacı duyulan bölgelere lojistik destek sağlamakta kullanmak için harekete geçti.

ABD Uzay Kuvvetleri ile birlikte yürütülen Roket Kargo (Rocket Cargo) projesi¹, geleneksel askeri kargo uçakları ile saatler hatta günler alabilecek 30 ila 100 ton arasındaki sevkiyatları yeniden kullanılabilir roketlerle 90 dakika² içinde Dünya'nın herhangi bir noktasına taşımak üzere kullanmayı hedefliyor³. Projenin duyurulduğu 4 Haziran 2021'de yapılan yazılı açıklamada, "Çatışma veya insani kriz durumunda, Uzay Gücü, ulusal liderliğimize uzaydan stratejik hedeflere ulaşmak için bağımsız bir seçenek sunabilecektir" dendi³.

ABD Hava Kuvvetlerinin gelecek 10 yılında bilim ve teknoloji alanında dönüşüm yaratacağı ileri sürülen Vanguard programı kapsamındaki dördüncü proje olan Roket Kargo, yeni roket tasarımını kapsamıyor. Programda yeni roket tasarımına fon sağlanmayacak⁴. Bunun yerine özel sektörün geliştirdiği yeniden kullanılabilir roketlerin kullanılması planlanıyor. Ancak ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı (AFRL), sistemlerin geliştirilmesi için bilimsel ve teknolojik destek sağlayabileceğini veya yatırımlarda bulunabileceğini³ kaydediyor. Nitekim ABD Hava Kuvvetleri, 2022 bütçesinde roket kargo gelişimi için 47,9 milyon dolar talep etti⁵.

1 <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/2646703/department-of-the-air-force-announces-fourth-vanguard-program/>

2 <https://spacenews.com/air-force-using-commercial-rockets-to-deliver-supplies-not-as-far-fetched-as-it-sounds/>

3 <https://www.space.com/air-force-rocket-cargo-vanguard-commercial-rockets>

4 <https://afresearchlab.com/technology/successstories/rocket-cargo-for-agile-global-logistics/>

5 <https://www.airforcemag.com/rocket-cargo-air-force-fourth-vanguard/>

ABD Hava Kuvvetleri, ticari roket firmalarından, öncelikle Dünya'nın herhangi bir noktasına, arazi koşullarına uygun iniş yapabilecek roketler geliştirmelerini bekliyor. İkinci olarak ise söz konusu roketlerin ABD'nin dünya geneline yayılmış üs ve limanlarına, yapıların ve personelin yakınına güvenle inebilmesi gerekiyor. Kargonun hızlı biçimde yüklenip boşaltılabilmesi bir diğer koşul. Projede ayrıca roketin inme imkânı bulunmayan arazilere havadan kargo indirme kabiliyetinin de araştırılması isteniyor¹.

Proje çağrısını yakında yapacağını duyuran ABD Hava Kuvvetleri programın 10 yıl içinde hayata geçeceğine inanıyor. Ancak bunun için bazı zorlukların aşılması gerekiyor.

Yeniden Kullanılabilir Roket Teknolojisi Ne Kadar Olgunlaştı?

Aşılması gereken zorlukların başında yeniden kullanılabilir roket teknolojisinin güvenli ve verimli hâle getirilmesi geliyor. Çünkü henüz çok az sayıda üretici tümüyle güvenilir, düşük maliyetli ve denenmiş roketlere sahip.

Yeniden kullanılabilir roketler uzay çalışmalarının bir uzay ekonomisine dönüşmesi için kilit önem taşıyor. Çünkü geleneksel roketlerle yapılan uzay çalışmalarının maliyeti çok yüksek. Geleneksel roketler, görev yüklerinin atmosferden çıkmasını sağladıktan sonra yeryüzüne düşüyor ve bir daha kullanılmıyor. Oysa fırlatma sisteminin tahrik sistemi, uzay roketlerinin imalat maliyetinin yaklaşık dörtte üçünü oluşturuyor⁶. Bugüne kadar geliştirilen ve denenilen yeniden kullanılabilir roketler ise roketlerin motorlarının da bulunduğu birinci fazını yeniden yere indirerek bu maliyet avantajını yakalıyor.

Yeniden kullanılabilir roketler ayrıca büyük zaman tasarrufu sağlıyor. Çünkü geleneksel roketler imal edildikten sonra aylar süren testlere tabi tutuluyorlar. Yeniden kullanılabilir roketler ise üzerinde çatlak olup olmadığı gibi en fazla birkaç gün sürecek kontrollerin ardından tekrar uzaya fırlatılabiliyor⁷. Ancak yeniden kullanılabilir roketlerin de ömrü kısıtlı. Yeniden kullanılabilir roketlerin öncüsü SpaceX, roketlerinin 100'den fazla fırlatmada yeniden kullanılabilmesi görüşünde⁸. Fakat bunun doğruyu ne kadar yansıttığını henüz bilemiyoruz. Zira şirketin Falcon 9 roketleri Mayıs 2021 itibarıyla henüz 10 kez yeniden kullanılabilmişti⁹.

SpaceX yeniden kullanılabilir roketler alanında lider konumda ancak ilk başarılı yeniden kullanılabilir roket denemesi bir başka ABD'li özel uzay şirketine ait. Yeniden kullanılabilir roketlerle ilk yörünge altı uçuş Kasım 2015'te ABD merkezli Blue Origin firmasının geliştirdiği roketle mümkün olabildi. Firmanın geliştirdiği BE-3 motoru, New Shepard kapsülünü alt yörüngeye gönderdikten sonra ayrılmış, önceden belirlenen indirme platformuna sağlam biçimde inmeyi başarmıştı¹⁰.

ABD'li milyarder girişimci Jeff Bezos'un kurduğu Blue Origin bu denemeye tarihe geçti. Ancak ticari olarak başarı sağlayan ilk yeniden kullanılabilir roket Space X'e ait. Elon Musk'ın şirketi, Blue Origin'in başarılı denemesinden bir ay sonra, Aralık 2015'te, Falcon 9 roketinin birinci faz fırlatıcılarını başarılı biçimde yere indirdiğini duyurdu. Üstelik deneme, ticari bir uçuşta, alçak yörüngeye altı uydu yerleştirilmesi sırasında gerçekleşti¹¹. SpaceX, üç yeniden kullanılabilir Falcon 9 itici motorlu (booster) ve 64 tonluk kapasiteli Falcon Heavy roketini de 2018'de hizmete aldı. Falcon Heavy Temmuz 2021 itibarıyla aktif kullanımdaki en yüksek yük kapasiteli roket konumunda¹².

6 <https://spacenews.com/35562spacex-chief-says-reusable-first-stage-will-slash-launch-costs/>

7 <http://interactive.satellitetoday.com/via/july-2019/reusable-rockets-where-are-they-going-next/>

8 <https://www.cnet.com/news/spacex-block-5-falcon-9-rocket-hopes-to-reuse-100-times/>

9 <https://singularityhub.com/2021/05/17/spacex-milestone-signals-reusable-rockets-are-becoming-mainstream/>

10 <https://www.space.com/31202-blue-origin-historic-private-rocket-landing.html>

11 <https://www.space.com/31420-spacex-rocket-landing-success.html>

12 <https://www.spacex.com/vehicles/falcon-heavy/>

SpaceX yeniden kullanılabilir roketlerde uzay çalışmaları açısından kısa sayılabilecek bir sürede hatırı sayılır bir deneyim elde etti. 2013'teki ilk yeniden kullanılabilir roket denemesi başarısız olan şirket 2020 yılında uzaya göndermeye çalıştığı 25 itici motorun 23'ünü tekrar yere indirebildi ve yeniden kullanabildi¹³. Temmuz 2021 itibarıyla şirketin Falcon roketleriyle gerçekleştirdiği 122 fırlatmada kurtardığı itici motor sayısı (Bazı fırlatmalarda birden fazla itici kullanılıyor) 82'ye, yeniden kullandığı motor sayısı ise 64'e yükseldi¹⁴. Bunlardan üçünde Falcon Heavy kullanıldı ve roketin yedi itici motoru yere sağlam iniş yapabildi¹².

Yüzde 60'ın biraz üzerindeki kurtarma oranı düşük görünebilir. Ama SpaceX'in yeniden kullanılabilir roketlerine güven giderek artıyor. Öyle ki ABD Uzay Kuvvetleri, GPS III uydularını uzaya göndermek için SpaceX'in daha önce kullanılmış roketlerinin kullanılmasına onay verdi¹⁵. Bunda yeniden kullanılabilir roketlerin sağladığı fırlatma maliyeti avantajı büyük rol oynuyor. Zira ABD Uzay Kuvvetlerinin SpaceX'in yeniden kullanılabilir roketleriyle sağladığı tasarruf Mayıs 2021 itibarıyla 64,5 milyon doları buldu¹⁵.

ABD Uzay Kuvvetlerinin SpaceX'in kullanılmış roketlerine onay vermesi Rocket Kargo programı için önemli. Çünkü ABD Uzay Kuvvetleri, programın ortaklarından biri. Ancak ABD Hava Kuvvetleri yetkilileri SpaceX'in tek tedarikçi olarak görülmediğinin altını çiziyor. NASA'nın Ay'a 2028 yılına kadar astronot ve kargo taşınması için başlattığı Ticari Ay Görev Yükü Servisi (Commercial Lunar Payload Services -CLPS¹⁶) programına kabul edilen şirketlerin Roket Kargo programına da katılabileceği belirtiliyor. Ancak CLPS programına dahil edilen 14 şirket¹⁶ arasında SpaceX'in dışında sadece Blue Origin'in denenmiş yeniden kullanılabilir roketi bulunuyor.

2000 yılında kurulan Blue Origin, ilk başarılı yeniden kullanılabilir roket denemesiyle tarihe geçti ancak sloganı "Adım adım ama vahşice" (Latince "Gradatim Ferociter"¹⁷) olan şirket uzay çalışmalarında aceleci davranmıyor. İlk etapta uzay turizmi faaliyetleri yürütmeyi hedefleyen ve ilk insanlı denemesini 20 Temmuz 2021'de gerçekleştiren Blue Origin, New Shepard¹⁸ roketleri ile 15 insansız test uçuşu gerçekleştirdi¹⁹. Bunların 14'ü başarılı, biri ise kısmen başarılı oldu. Ancak tek itici motoru ve astronot kapsülünden oluşan New Shepard, uzaya insanlı seyahat ve birkaç yüz kiloluk görev yükü taşımak için tasarlandığı için ABD Hava Kuvvetlerinin 30-100 ton kargo taşıma hedefini karşılayabilecek nitelikte görünmüyor.

Ancak Blue Origin, yörünge ve derin uzay çalışmaları için New Glenn²⁰ adını verdiği bir yeniden kullanılabilir roket prototipi hazırladı. Blue Origin, yaklaşık 60 m'lik birinci fazı ve ikinci fazıyla birlikte 90 m'nin üzerine çıkan yüksekliği ile New Glenn'in, tarihte Saturn V'in ardından en büyük roket olacağını iddia ediyor. Alçak yörüngeye 45 ton kargo taşıma kapasitesiyle New Glenn, Rocket Kargo programı için hayli uygun görünüyor. Ancak Blue Origin henüz New Glenn'i test edebilmiş değil. Birkaç ertelemenin ardından ilk fırlatma ve iniş testinin 2022 sonunda yapılacağı duyuruldu²¹.

Ne var ki SpaceX, New Glenn'den daha büyük bir roketin hazırlığında son aşamaya doğru emin adımlarla ilerliyor. SpaceX'in nihai uzunluğunun 120 m ve nihai genişliğinin 9 m olacağını duyurduğu Starship²² roketinin ikinci fazı olan 50 m uzunluğundaki Starship uzay aracının (Starship spacecraft) bir prototipi Mayıs 2021'de yüksek irtifa ve iniş testini başarıyla tamamladı²³. Spaceship'in ana tahrik motorlarının bulunduğu birinci fazı olan 70 m uzunluğundaki Super Heavy fırlatma motorlarının testleri ise Temmuz 2021'de başladı²⁴. Birinci ve

13 <https://www.inverse.com/innovation/esa-reusable-rocket-spacex>

14 <https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/>

15 <https://spaceflightnow.com/2021/06/17/spacex-launches-first-national-security-mission-on-reused-commercial-rocket/>

16 <https://www.nasa.gov/content/commercial-lunar-payload-services>

17 <https://www.theverge.com/2021/4/14/22383407/jeff-bezos-blue-origin-new-shepard-launch-first-crewed-flight>

18 <https://www.blueorigin.com/new-shepard>

19 <https://www.space.com/blue-origin-new-shepard-ns-15-launch-landing-success>

20 <https://www.blueorigin.com/new-glenn>

21 <https://www.space.com/blue-origin-new-glenn-rocket-first-launch-2022>

22 <https://www.spacex.com/vehicles/starship/>

23 <https://www.theverge.com/2021/5/5/22421845/spacex-starship-sn15-successful-landing>

24 <https://www.spacex.com/spacex-starship-super-heavy-booster-rollout-video>

ikinci fazlarının her ikisi de yeniden kullanılabilir olacak olan Starship 100 tondan fazla kargo kapasitesi olacak şekilde tasarlandı²². Bu nedenle Roket Kargo programı açısından en uygun adaylardan biri olabilir.

SpaceX ve Blue Origin dışında yeniden kullanılabilirdiği kanıtlanmış tek roket, Rocket Lab'ın katmanlı imalat tekniği ile geliştirdiği Elektron roketleri. Ancak küp uydu fırlatmak için geliştirilen 300 kg taşıma kapasiteli²⁵ bu küçük roketler (hatta geliştirilmekte olan bir üst versiyonu olan sekiz ton kapasiteli Neutron²⁶ roketleri bile) Roket Kargo'nun aradığı kabiliyetlerden uzak görünüyor.

Roket Kargo Gerçekten Hızlı Olacak mı?

ABD Hava Kuvvetleri, acil durumlarda en hızlı şekilde yardım malzemesi ve askeri teçhizatı dünyanın herhangi bir bölgesine roketle göndermeyi tasarlıyor. Nitekim roketler, ABD ordusunun en gelişmiş kargo uçakları olan 75 ton kapasiteli C-17'lerin²⁷ 12 saatte aldığı yolu 30 dakikada alabilir²⁸.

Ancak bu sadece uçuş süresi olarak bir avantajı işaret ediyor. Oysa roketlerin fırlatmaya hazırlık süreçleri hâlen çok uzun. Roketler fırlatılmadan önce günler süren hazırlıklar, testler, fırlatma sahasına taşınma ve fırlatma rampasına yerleştirilmesi gibi süreçlerden geçiyor.

SpaceX kurucusu Elon Musk 2018 yılında, şirketine ait roketlerin 24 saat içinde yeniden kullanılabilir hâle geleceğini ileri sürmüştü²⁹. Ancak bu süre sadece roketin önceki fırlatmada zarar görüp görmediğinin kontrolü için gereken süre. Rokete yeniden yakıt yüklenmesi ve fırlatma rampasına taşınması ve diğer teknik hazırlıkları içermiyor.

ABD'nin süreyi kısaltmak için Dünya yörüngesine kargo roketleri yerleştirmeyi düşündüğü ileri sürülüyor. Bu teslimat süresini kısaltabilir ama söz konusu kargonun her zaman her türlü ihtiyacı karşılayabileceğinin garantisizliği yok²⁸. Bu nedenle sistemin başarılı olması için öncelikle farklı ihtiyaçlara göre kargonun hazır tutulması ve bunların gerektiğinde süratle rokete yüklenebilmesi gerekiyor. Sevkiyatı hızlandırmanın bir diğer koşulu ise acil durumda kullanılacak roketlerin hazırda beklemesi. Bu da yeniden kullanılabilen roketlerin sağladığı maliyet avantajını ortadan kaldırıyor.

Roket Kargo Nasıl Güvenle İnecek?

Barış zamanı yürütülen roket çalışmaları sıkı güvenlik önlemleri altında insana ve çevreye en az zarar verecek şekilde gerçekleştirilmeye çalışılıyor. Gelişmiş otomasyon sistemleri ve algoritmalar yeniden kullanılabilir roketlerin belirlenen konumlara hassasiyetle inmesini büyük oranda başarıyor. Örneğin SpaceX, yeniden kullanılabilen roketlerin denizde güvenli iniş yapabilmesi için insansız deniz araçları kullanıyor³⁰. Yine de bugünkü yeniden kullanılabilir roket teknolojisinin iniş zafiyetleri sürüyor.

Bugüne kadar denenmiş ve başarılı olan yeniden kullanılabilir roketler, görev yükünü atmosfer dışına çıkardıktan sonra dünya yüzeyine doğru ters dönerek motorlarını yeniden ateşleyip iniş noktasına konuyor. İniş fazı, roketlerin hızını en aza indirdiği zaman dilimi oluyor ve uçuş süresine kıyasla hayli uzun sürüyor.

Bu da onları inerken sıradan hava savunma sistemlerine karşı kolay hedef haline getirebilir. Üstelik inişte yeniden ateşlenen motorlar askeri personel, binalar ve teçhizat için büyük tehlike yaratabilir. Bu riskler Roket Kargo'nun çatışma alanlarına ve askeri üslere yakın yerlere inişini imkânsız hâle getirebilir. Sistemin başarılı

25 <https://www.rocketlabusa.com/rockets/electron/>

26 <https://www.rocketlabusa.com/rockets/neutron/>

27 <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/1529726/c-17-globemaster-iii/>

28 <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a34315992/pentagon-cargo-rockets-spacex-elon-musk/>

29 <https://www.space.com/40581-spacex-reusable-rocket-goal-elon-musk.html>

30 <https://www.space.com/spacex-drone-ship-a-shortfall-of-gravitas>

olabilmesi ve “Dünya’nın herhangi bir noktasına inebilme” iddiasına ulaşılması için süratli ve güvenli yeni iniş teknolojilerinin geliştirilmesi gerekebilir. Bu nedenle ABD Hava Kuvvetleri, projeye teklif sunacaklarını, Roket Kargo’nun “iniş yerine ilişkin analizler yapabilme ve tehlike tespit ettiğinde yörüngesini değiştirebilme kabiliyetine” sahip olabilmesi için öneri geliştirmelerini de istiyor³¹.

Roket Kargo’nun Maliyeti Makul Hâle Getirilebilecek mi?

ABD Hava Kuvvetleri, uygulanabilir Roket Kargo hizmeti önereceklerden, “makul bedel” sunmalarını da bekliyor.


SpaceX ve Blue Origin’in fırlatma sistemleri şimdilik roketlerin birinci fazını yeniden kullanılabilir hâle getirdiler. Birinci faz tahrik sistemlerini kapsadığı için roketlerin en değerli bölümleri ve bunların yeniden kullanılabilir olması maliyetlerde önemli azalmaya yol açıyor. Araştırmalar, yeniden kullanma sayısı artıkça kg başına fırlatma maliyetinin Falcon 9’da 1.000, Falcon Heavy’de ise 500 doların altına düşebileceğini gösteriyor³².

SpaceX, Starship ile fırlatma başına maliyetin iki milyon dolara çekileceğini iddia ediyor³³. Starship’in 100 ton kargo kapasiteli olacağı varsayılırsa bu, kg başına maliyetin 20 dolara kadar düşebileceği anlamına geliyor.

Buna karşılık bir hesaba göre Starship ile dünyanın herhangi bir noktasına yapılacak kargo taşımalarının maliyeti tam yüklü bir C-17 ile aynı noktaya yapılacak uçuşun maliyetinin en iyi ihtimalle dört katı fazla olacak²⁸.

Ayrıca Roket Kargo servisi sunmaya istekli şirketlerin maliyetlerini azaltmak için gönderdikleri roketleri yeniden üslerine geri getirmek için bir çözüm yolu bulması gerekecek.

Hedef Düşünmeye Sevk Etmek

ABD Hava Kuvvetleri, Roket Kargo programının önünde büyük soru işaretleri olduğunun farkında. Nitekim programın tanıtımında asıl amacın, yeniden kullanılabilir roket programları henüz olgunluğa ulaşmamışken, özel uzay şirketlerini bir alternatif kullanım alanı üzerinde düşünmeye sevk etmek olduğu açıkça ifade edildi. Program Yöneticisi Greg Spanjers, “Fikirlerle dolu beyaz tahtalarımız var ama bunu bugün yapamayacağımız açık ve bu yüzden bu kadar erken yatırım yapıyoruz... Belirli şeyler istemiyoruz, görevi açıklıyoruz ve ticari endüstrinin geri dönüş yapıp bize fikir vermesi için kapıyı arıyoruz”²² dedi. 

31 <https://breakingdefense.com/2021/06/costs-plunge-so-rocket-cargo-to-battlefield-takes-off/>

32 <https://theconversation.com/spaceplanes-vs-reusable-rockets-which-will-win-51938>

33 <https://www.space.com/spacex-starship-flight-passenger-cost-elon-musk.html>