



DENİZ TAŞIMACILIĞINDA GELECEK: OTOMASYON, OTONOM GEMİLER, YAPAY ZEKÂ VE SİBER GÜVENLİK

TMMOB Gemi Makineleri İşletme Mühendisleri Odası

Deniz taşımacılığı, tarih boyunca teknolojik gelişmelerin en belirgin şekilde etkilediği sektörlerden biri olmuştur. Yelkenli gemilerden buhar makinelerine, mekanik sistemlerden elektronik kontrol sistemlerine kadar yaşanan her dönüşüm, gemilerin tasarımını, işletme biçimini ve gemi insanının görevlerini değiştirmiştir. Günümüzde ise sektör, yalnızca yeni ekipmanların değil, karar verme süreçlerinin de dijitalleştiği yeni bir döneme girmektedir. Otomasyon, yapay zekâ, uzaktan izleme ve kontrol sistemleri, büyük veri analizi, dijital ikiz uygulamaları ve otonom gemi teknolojileri, seyir emniyetinden makine bakımına, enerji verimliliğinden liman operasyonlarına kadar deniz taşımacılığının hemen her alanını dönüştürmektedir. Bununla birlikte artan uzaktan bağlantı imakları, siber saldırılar, veri bütünlüğünün bozulması, sistem ve haberleşme arızaları ile insanın karar süreçlerindeki değişen rolü gibi yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle geleceğin deniz taşımacılığındaki temel mühendislik sorusu yalnızca “Gemileri ne kadar otonom hâle getirebiliriz?” değildir. Asıl mesele, insan, makine ve dijital sistemler arasındaki görev ve sorumlulukların emniyetli ve sürdürülebilir biçimde nasıl yeniden tasarlanacağıdır.

Otomasyondan Otonomiye

Bir ticaret gemisinin köprüüstü veya makine kontrol odasının otuz yıl önceki görünümü ile bugünkü hâli karşılaştırıldığında dönüşüm açıkça görülmektedir. Analog göstergeler ve mekanik kumandaların yerini bütünleşik otomasyon sistemleri, elektronik haritalar, sensörler ve bilgisayar tabanlı karar destek sistemleri almıştır. Bugün bu sistemlerin ürettiği veriler yalnızca gemide kullanılmamakta, karadaki merkezlere aktarılabilmekte, analiz edilmekte ve gemi operasyonlarının yönetiminde kullanılabilmektedir. Bu dönüşümün bir sonraki aşamasını otonom gemiler oluşturmaktadır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Maritime Autonomous Surface Ship (MASS) kavramı kapsamında farklı seviyelerde otonom ve uzaktan kontrol edilen gemilere yönelik uluslararası düzenlemeler üzerinde çalışmaktadır. 2026 yılında kabul edilen ihtiyari MASS Code ile seyir, bağlantı, uzaktan operasyon, risk değerlendirmesi, insan faktörü ve siber güvenlik gibi konularda uluslararası bir çerçeve oluşturulmuştur. IMO'nun mevcut yol haritası, ilerleyen yıllarda zorunlu bir MASS Code'a geçilmesini öngörmektedir. Ancak otonomi doğrudan “insansız gemi” anlamına gelmemektedir. Yakın gelecekte daha gerçekçi model, bazı fonksiyonların otonom, bazılarının karadan kontrol edildiği, kritik operasyonların ise gemideki personel tarafından yürütüldüğü hibrit işletme modelleri olacaktır. Dolayısıyla dönüşümü, insanın gemiden tamamen çıkarılmasından ziyade insanın görevlerinin ve karar süreçlerindeki yerinin değişmesi olarak değerlendirmek daha doğru olacaktır.

Yapay Zekâ ve Akıllı Gemi İşletmeciliği

Yapay zekânın denizcilikteki kullanım alanı otonom seyirden çok daha geniştir. Özellikle bakım, enerji yönetimi ve operasyonel karar desteği önemli uygulama alanlarıdır. Geleneksel planlı bakım sistemlerinde ekipmanlar çoğunlukla



belirlenen çalışma saati veya zaman aralığına göre bakıma alınmaktadır. Sensör verilerinin sürekli analiz edildiği sistemlerde ise titreşim, sıcaklık, basınç, yağ özellikleri, elektrik akımı ve diğer parametrelerdeki değişimler takip edilerek arıza gelişimi önceden tahmin edilebilir. Böylece bakım anlayışı “bakım zamanı geldiği için müdahale et” yaklaşımından “ekipmanın gerçek kondisyonu bozulduğu için müdahale et” yaklaşımına dönüşebilir. Benzer bir değişim enerji yönetiminde yaşanmaktadır. Bir geminin optimum rotası artık yalnızca iki nokta arasındaki en kısa mesafe değildir. Rüzgâr, dalga, akıntı, trim, makine yükü, yakıt tüketimi, varış zamanı ve emisyon hedefleri birlikte değerlendirilerek optimum hız ve rota belirlenebilir. Yakıt maliyetleri ve emisyon düzenlemeleri dikkate alındığında birkaç yüzdelik verimlilik artışı dahi filo ölçeğinde önemli ekonomik ve çevresel kazanımlar sağlayabilir. Yapay zekâ gelecekte köprüüstünde ve makine kontrol odasında güçlü bir karar destek aracı hâline gelebilir. Ancak burada kritik bir sınır vardır: Karar desteği vermek ile karar sorumluluğunu üstlenmek aynı şey değildir.

Yeni Teknolojiler, Yeni Riskler

Otomasyonun en önemli avantajlarından biri insan kaynaklı hataların azaltılabilmesidir. Yorgunluk, dikkat dağınıklığı, iletişim problemleri veya yanlış değerlendirme gibi faktörlerin etkisi gelişmiş sensör ve karar destek sistemleriyle azaltılabilir. Ancak insan hatasının azalması toplam riskin aynı ölçüde azalacağı anlamına gelmez. Çünkü risk ortadan kalkmak yerine biçim değiştirebilir. Bir sensör yanlış veri üretebilir, GNSS verisi manipüle edilebilir, kamera görüntüsü yanlış yorumlanabilir, radar ile AIS bilgileri birbiriyle çelişebilir veya gemi-kara haberleşmesi kesilebilir. Bir yazılım güncellemesindeki hata ise aynı sistemi kullanan çok sayıda gemiyi eş zamanlı etkileyebilir. Dolayısıyla geleceğin kaza incelemelerinde “insan hatası” yanında algoritma hatası, veri hatası, sensör arızası, bağlantı kaybı ve sistem entegrasyon hatası gibi nedenlerin daha fazla yer alması beklenebilir. Bu noktada mühendislik açısından temel yaklaşım sistemlerin yalnızca normal şartlarda değil, arıza durumlarında da emniyetli kalmasını sağlayan fail-safe ve yedekli tasarım olmalıdır.

Siber Güvenlik Artık Gemi Emniyetinin Bir Parçasıdır

Gemiler dijitalleştikçe bilgi teknolojileri (IT) ile operasyonel teknolojiler (OT) arasındaki sınır da giderek belirsizleşmektedir. Seyir, makine otomasyonu, yük kontrolü, balast ve enerji yönetimi sistemlerinin hem birbirleriyle hem de karadaki sistemlerle bağlantısı artmaktadır. Bu bağlantılilik operasyonel verimlilik sağlarken saldırı yüzeyini de genişletmektedir. Siber saldırının hedefi artık yalnızca şirket bilgisayarları değildir. Operasyonel sistemlere erişilmesi durumunda seyir, makine, yük veya diğer kritik gemi fonksiyonlarının etkilenmesi de söz konusu olabilir. IMO'nun Maritime Cyber Risk Management yaklaşımı ve IACS'ın UR E26 “Cyber Resilience of Ships” ile UR E27 “Cyber Resilience of On-Board Systems and Equipment” gereklilikleri bu değişimin önemli göstergeleridir. Siber dayanıklılık artık gemi ve gemi ekipmanının tasarım ve işletme süreçlerinin bir parçası olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle siber güvenlik yalnızca IT departmanının konusu değil, doğrudan gemi emniyetinin ve deniz mühendisliğinin bir parçasıdır.

İnsan Faktörü ve Otomasyon Paradoksu

Dijitalleşmenin merkezindeki en önemli konulardan biri insan faktörüdür. Gelecekte uzaktan gemi operatörleri, denizcilik veri analistleri, siber güvenlik uzmanları ve otonom sistem mühendisleri gibi yeni meslek alanlarının yaygınlaşması beklenebilir. Gemi mühendislerinin yetkinlikleri de değişecektir. Geleceğin mühendisi yalnızca dizel motor, pompa, kompresör veya kazan bilgisiyle yetinemeyecek, kontrol sistemleri, sensörler, veri analizi, haberleşme ağları ve temel siber güvenlik konularında da bilgi sahibi olmak zorunda kalacaktır. Ancak burada önemli bir otomasyon paradoksu bulunmaktadır. Sistemler geliştikçe insanın günlük operasyonlara müdahalesi azalacak ve manuel tecrübesi zayıflayabilecektir. Buna karşılık otomasyonun baş edemediği olağan dışı bir durumda kontrolü devralması gereken kişi yine insan olacaktır. Bu nedenle geleceğin eğitim sistemleri yalnızca otomasyonun nasıl kullanılacağını değil,





otomasyon kaybedildiğinde geminin nasıl emniyetli şekilde işletileceğini de öğretmelidir. Manuel becerilerin korunması, simülasyon eğitimleri ve sistem arızası senaryoları daha önemli hâle gelecektir.

Mesele İnsanı Sistemden Çıkarmak Değil

Deniz taşımacılığının geleceğinin büyük ölçüde dijital olacağı açıktır. Gemiler daha fazla sensöre sahip olacak, daha fazla veri üretecek, karayla daha yoğun bağlantı kuracak ve operasyonların daha büyük bölümü otomatik sistemler tarafından gerçekleştirilecektir. Ancak her teknolojik gelişme beraberinde yeni bir risk profili getirmektedir. İnsan hatasının azalmasına karşılık algoritma ve yazılım hataları, gemideki personelin azalmasına karşılık haberleşme bağımlılığı, artan veri kullanımına karşılık siber güvenlik ve veri bütünlüğü riskleri daha önemli hâle gelecektir. Bu nedenle başarıyı belirleyecek unsur otomasyon seviyesini mümkün olduğunca yükseltmek değil, insan, makine ve yazılım arasındaki görev paylaşımını doğru tasarlamak olacaktır. Denizcilik tarihinde

radar gözcülüğü, GPS seyir bilgisini, otomasyon ise mühendislik bilgisini gereksiz hâle getirmemiştir. Yeni teknolojiler insanı ortadan kaldırmak yerine, insanın sahip olması gereken bilgi ve yetkinlikleri değiştirmiştir. Yapay zekâ ve otonom sistemlerde de benzer bir dönüşüm yaşanması beklenmelidir. Geleceğin gemisi, sensörleriyle çevresini algılayan, karadaki sistemlerle haberleşen, kendi teknik durumunu değerlendiren ve karar süreçlerinin bir bölümünü yazılımlarla paylaşan büyük bir siber-fiziksel sistem olacaktır. Bu nedenle geleceğin deniz mühendisliğinde sorulması gereken temel soru, “İnsanı gemiden nasıl çıkarabiliriz?” değil, “İnsanın mühendislik muhakemesini yeni teknolojilerle nasıl daha güçlü ve daha emniyetli hâle getirebiliriz?” olmalıdır.

Kaynakça

1. International Maritime Organization (IMO), International Code of Safety for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS Code), Resolution MSC.595(111), 2026.
2. International Maritime Organization (IMO), Autonomous Shipping – Maritime Autonomous Surface Ships (MASS).
3. International Maritime Organization (IMO), Guidelines on Maritime Cyber Risk Management, MSC-FAL.1/Circ.3/Rev.3, 2025.
4. International Association of Classification Societies (IACS), UR E26 – Cyber Resilience of Ships.
5. International Association of Classification Societies (IACS), UR E27 – Cyber Resilience of OnBoard Systems and Equipment.