

ARALIK 2025 | SAYI 41

inovatif

inovasyon
bülteni



TOROS TARIM

toros.com.tr



TOROS TARIM

TOROS TARIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

İnovasyon Bülteni 2025

Şirket İmtiyaz Sahibi:

Toros Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Adına
Serdar Gök

Yazı İşleri Müdürü:

Sevinç Sevinç

Bülteni Hazırlayanlar:

Dr. Ali Yetgin
Doç. Dr. Ahmet Ozan Gezerman

Tasarım:

Vak'a Reklam Ajansı

İletişim Adresi:

TOROS TARIM AR-GE MERKEZİ

Karaduvar Mah. 132. Cad. No:3
33020 Mersin

E-posta: info.ar@toros.com.tr

Tel: 0324 234 31 00

Faks: 0324 234 31 15-16

ARALIK 2025 | SAYI 41

inovatif

inovasyon bülteni

İnovatif Toros İnovasyon Bülteni bu sayısında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri biraz daha zenginleştirerek sizler için ele aldık.

"Küresel Yeşillenme Tartışmasında Yeni Ayrıştırma Bitki Örtüsü Değişimini Tanımladı", "Bilimde Yapay Zeka Kullanımı: Neyi Hızlandırıyor, Neyi Yavaşlatıyor?", "Bilimsel Araştırmalarda Yapay Zeka Benimsemesi ve Üretken Yapay Zeka Avantajları", "Dijital Dönüşüm Sürecinde Tarım İşletmelerinde Yönetim Verimliliği Modeli", "Kamu Ar-Ge'sinde Patentlerde Kamusal Değerleri Metin Madenciliğiyle Ölçmek", "Endüstriyel Akım Yoğunluğunda Elektrolit Mühendisliği Gliserol Elektro Yükseltimi ile Seçicilik Sıçraması", "Avustralya Nemli Tropik Ormanlarında Biyokütle Artık Net Karbon Kaynağına Dönüştü", "Yaşayan Ağaçların Odun İçi Mikrobiyomu Görünmez Bir Ekosistem Alanıdır", "Kimyasal Reaksiyon Hiperuzaylarının ve Ağlarının Robot Destekli Haritalanması" ve "N₂O'yu N₂'ye İndirgeyen NosZ Dışında Yeni Enzim Hattı Keşfedildi" konularında birbirinden farklı içeriklerle birlikte ilk kez bu sayıda sizlere Türkiye'den ve dünyadan en yeni inovatif, teknolojik veya ilgi çekici gelişmeleri ve önemli rapor içeriklerini paylaşıyoruz.

İnovatif Toros İnovasyon Bülteni'ni takip ederek, bakış açınızı genişletecek teknolojik çözümler, inovasyonlar, bu alanlardaki gelişmeler ve duyurulardan haberdar olabilirsiniz.

Keyifli okumalar dileriz.

**İnovatif, Teknolojik ve
İlgi Çekici Gelişmeler**

* Gelişmelerle ilgili daha fazla bilgi için paragraf sonundaki linklere tıklayınız.



TOROS TARIM

İndeks

03

Küresel Yeşillenme Tartışmasında
Yeni Ayrıştırma Bitki Örtüsü
Değişimini Tanımladı

04

Bilimde Yapay Zeka Kullanımı:
Neyi Hızlandırıyor, Neyi
Yavaşlatıyor?

05

Bilimsel Araştırmalarda
Yapay Zeka Benimsemesi ve
Üretken Yapay Zeka Avantajları

06

Dijital Dönüşüm Sürecinde
Tarım İşletmelerinde Yönetim
Verimliliği Modeli

07

Kamu Ar-Ge'sinde Patentlerde
Kamusal Değerleri Metin
Madenciliğiyle Ölçmek

08

Endüstriyel Akım Yoğunluğunda
Elektrolit Mühendisliği Gliserol
Elektro Yükseltimi ile Seçicilik
Sıçraması

09

Avustralya Nemli Tropik
Ormanlarında Biyokütle Artık
Net Karbon Kaynağına Dönüştü

10

Yaşayan Ağaçların Odun İçi
Mikrobiyomu Görünmez Bir
Ekosistem Alanıdır

11

Kimyasal Reaksiyon
Hiperuzaylarının ve Ağlarının
Robot Destekli Haritalanması

12

N_2O 'yu N_2 'ye İndirgeyen
 $NosZ$ Dışında Yeni Enzim
Hattı Keşfedildi

Küresel Yeşillenme Tartışmasında Yeni Ayırıştırma Bitki Örtüsü Değişimini Tanımladı

Uydu gözlemlerine dayalı olarak son ~40 yılda küresel yaprak alanı indeksi belirgin biçimde artmaktadır. Bu küresel yeşillenme sinyali, karasal karbon tutulumu ve evapotranspirasyon kaynaklı soğutma etkileri üzerinden iklim sistemi açısından potansiyel bir tampon mekanizma olarak yorumlanmaktadır. Ancak bu artışın hangi mekanizmalarla gerçekleştiği (CO₂ gübreleme, iklim değişkenliği, azot çökelişi, tarımsal yönetim ve özellikle arazi/örtü değişimleri) uzun süredir tartışılmaktadır. Bu gerilimi çözmek için kritik bir ayırım önerilmiştir. Yaprak alanı indeksi artışını sadece bitki örtüsünün fizyolojik olarak yeşillenmesi gibi dolaylı etkenlere bağlamak yerine, bitki örtüsü kompozisyonunun yüzdesel değişiminin yaprak alanı indeksi trendine katkısını veri güdümlü şekilde nicel olarak ayırmaktadır. Çalışmanın ana mesajı, bitki örtüsü değişiminin küresel yaprak alanı indeksi artışında ikincil bir rol oynamadığı, aksine giderek büyüyen ölçekte belirleyici bir sürücü haline geldiği gösterilmektedir.

Araştırmacılar, uydu tabanlı yaprak alanı indeksi zaman serilerini ve bitki örtüsü sürekli alanları ürününü bir araya getirerek, yaprak alanı indeksi değişimini iki bileşene ayırmaktadır. Birincisi yalnızca bitki örtüsü kompozisyonundaki değişimle ilişkili yaprak alanı indeksi sinyali ve ikincisi ise örtünün değişmediği alanlarda dolaylı faktörlerin (CO₂, iklim, N birikimi vb.) baskın olduğu kalan sinyaldir. Bu yaklaşımın gücü, tek bir yaprak alanı indeksi trendini toplam yeşillenme diye okumak yerine, örtü geçişlerinin (ör. çıplak zeminden kısa vejetasyona, kısa vejetasyondan ağaç örtüsüne) yaprak alanı indeksini yapısal olarak nasıl yukarı çektiğini istatistiksel olarak ayırtmıştır. Küresel ölçekte maksimum aylık yaprak alanı indeksinin 1980'lerin başından itibaren ~0,093 m² m⁻² on yıl⁻¹ arttığı raporlanırken, modelin gözlenen trendi çok yüksek uyumla yeniden ürettiği ($r \approx 0,997$) gösterilmiştir. Bu da ayırıştırmanın yalnızca teorik değil, gözlemsel sinyali yakalayan çerçeve olduğunu güçlendirmektedir.

Bitki örtüsü değişimi, 1980'lerden beri gözlenen yaprak alanı indeksi artışının %18,1 ± %5,9'unu açıklamaktadır. Bu katkı coğrafi olarak asimetrik. Kuzey Yarımküre'de artan ağaç örtüsü yaprak alanı indeksi artışına %33,8 ± %3,6 düzeyinde güçlü pozitif katkı yaparken, Güney Yarımküre'de tropikal bölgeler başta olmak üzere ormansızlaşma yaprak alanı indeksi üzerinde -%15,7 ± %3,1 yönünde negatif etki yaratmaktadır. Yani küresel yeşillenme anlatısı, eşzamanlı bir yerel bozunum dinamiğiyle kısmen dengelenmektedir.

Dahası, katkının mekânsal kümeleri, Çin ve Avrupa gibi ağaçlandırma bölgeleri ile bazı tarımsal yoğunlaşma alanlarında belirginleşmektedir. Bazı bölgelerde bitki örtüsü değişiminin yaprak alanı indeksi değişimine katkısı %29–%73 gibi çok yüksek aralıklara çıkabilmektedir.

Ağaç örtüsü artışı yaprak alanı indeksini yükseltse de tropiklerdeki ormansızlaşmanın birim kayıp başına yaprak alanı indeksi düşürücü etkisi daha güçlüdür. Örneğin kıtasal duyarlılık analizlerinde, Güney Amerika ve Okyanusya'da ağaç örtüsü kaybına duyarlılık Asya ve Avrupa'daki ağaç kazanımına duyarlılıktan daha yüksek raporlanmıştır. Bu net küresel artış görülsün bile tropikal kayıpların ekosistem işlevleri ve karbon dengesi açısından orantısız risk taşıdığını ima etmektedir. En önemlisi, bitki örtüsü değişiminin yaprak alanı indeksi trendlerine katkısı zamanla artmaktadır. 1982'den itibaren genişleyen pencerelerle yapılan analiz, yaprak alanı indeksi sinyalinin etkisinin anlamlı biçimde yükseldiğini (raporlanan artış hızı: 0,017 ± 0,001 m² m⁻² on yıl⁻¹) göstermiştir. Yani geleceğin yaprak alanı indeksi projeksiyonlarında, arazi örtüsü dönüşümleri sabit bir arka plan değil, büyüyen bir belirleyici konumuna gelmiştir.

Kaynağı İncele >

Bilimde Yapay Zeka Kullanımı:

Neyi Hızlandırıyor, Neyi Yavaşlatıyor?

Yapay zeka, bilimsel keşif süreçlerinde genel icat yöntemi gibi konumlanarak problem formülasyonundan veri analizine kadar araştırma döngüsünü yeniden şekillendirmektedir. Fakat bu dönüşümün hızı, her alanda ve her araştırmacıda aynı değildir. Yapay zekanın bilimde erken dönemde nasıl benimsendiğini ve deneme ile kalıcı kullanım arasındaki kırılmayı hangi faktörlerin belirlediğini büyük ölçekli kanıtlı tartışmıştır. Çalışma, bilim insanını tek başına beceri seti üzerinden değil içinde bulunduğu kurumun yapay zeka kültürü, iş birliği ağlarının niteliği ve bireysel araştırma profiliyle birlikte ele alan bilimsel ve teknik insan sermayesi çerçevesine dayanmaktadır. Yapay zekayı benimseten şey çoğu zaman yalnızca donanım ya da bireysel merak değil aynı zamanda doğru ağlar, doğru kurum iklimi ve doğru teşviklerin birlikte çalışmasıdır.

Metodolojik olarak çalışma, OpenAlex veritabanındaki yayınları kullanarak YZ kullanımını makale başlığı/özetindeki yapay zekanın anahtar kelimeleriyle operasyonelleştirilmesini ve benimsemesini iki aşamalı bir süreç olarak tanımlamıştır. Yapay zeka ilk kez kullanan yayın, ardından yapay zekayı en az bir kez daha kullanan yayın şeklinde analiz edilmiştir. Analiz, yapay zekaya maruz kalmadan önce ve sonra aktif olan araştırmacılara odaklanarak, yapay zekanın gerçekten araştırma araç kutusuna girip girmediğini ölçmeyi hedeflemiştir. Nihai örneklem 76.344 araştırmacı, toplam 2.695.096 makale ve bunların içinde 56.733 yapay zeka içeren yayın gibi oldukça büyük kapsama ulaşmıştır. Ayrıca yazarların önceki iş birliği ağları ve kurum özellikleri ile eşleştirmeli koşullu logit modelleri kullanılmıştır. Bu ölçekteki kurgu, yapay zekaya kimler daha çok eğilimli sorusunu disiplinler üstü ve nicel olarak test etmeyi mümkün kılmıştır.

Bulguların omurgasını sosyal sermaye oluşturmaktadır. Yapay zeka benimsemesi, en güçlü biçimde araştırmacının kimlerle çalıştığıyla ilişkilidir. Çalışma, yapay zekayı erken benimseyenlerin alan bilimci olmasına rağmen, bilgisayar bilimciler ve yapay zeka deneyimli araştırmacılarca zengin ağlara gömülü olduğunu ve özellikle erken kariyer araştırmacılarla bağların belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Hatta nicel etki büyüklükleri çarpıcıdır. Önceki ağda alan-ici işbirlikçilerin artması benimsemeyi baskılamak, bilgisayar bilimci işbirlikçiler, yapay zeka deneyimli işbirlikçiler ve erken kariyer ortaklar benimsemeyi anlamlı biçimde artırmaktadır. Yazarlar fazla alan-ici ağı yapay zekaya maruziyeti azaltarak bir tür bilişsel/örgütsel kapanma yaratabileceğini tartışmaktadır. Bu resim, özellikle Ar-Ge'si güçlü fakat disiplin içi yoğun çalışan yapılarda, yapay zekaya geçişin teknoloji satın almadan çok ağ mimarisi problemi olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmanın ikinci kritik katkısı, yapay zekanın kalıcı kullanımı için de benzer mekanizmaların geçerli olduğunu göstermesidir. Yapay zekayı bir kez denemekle, onu araştırma rutininin parçası haline getirmek aynı şey değildir. Yeniden kullanımda, ilk yapay zeka makalesinin ödül sinyalleri (ör. atıf) ve o ilk çalışmadaki ekip kompozisyonu önem kazanıyor; yapay zekaya deneyimli ortakların ve erken kariyer araştırmacıların varlığı kalıcılığı desteklerken, yalnızca alan uzmanı yoğun ekipler olumsuz etkileyebilmektedir. Bilgisayar bilimcilerle iş birliği benimsemeyi kolaylaştırır da, ilk yapay zeka makalesinde bilgisayar bilimcilerin çok baskın olduğu ekiplerin kalıcılığının daha düşük olabildiği belirtilmiştir. Disiplinlerarası ekiplerin oluşum ve sürdürme maliyetleri üzerinden yapılmaktadır. Kurumlar açısından bu, tek seferlik ortak proje yerine, alan ekibinin yapay zeka kapasitesini içselleştireceği sürdürülebilir öğrenme düzenekleri kurmanın önemine işaret etmektedir.

LLM'lerin yaygınlaşması yapay zekayı daha erişilebilir kıldıkça, bazı kurumsal avantajların göreceli önemi azalmaktadır. Fakat sosyal sermaye özellikle yapay zeka deneyimli ortaklar ve erken kariyer bağları ısrarla belirleyici kalmaktadır. Bu, tarım sektörü araştırmalarında en pahalı altyapıyı kim kurdu yarısından ziyade, kim daha iyi öğrenen ağlar kurdu yarışının öne çıkacağı bir döneme işaret etmektedir. Dolayısıyla kurumsal aksiyonlar; rekabetçi/kapalı bilgi iklimini yumuşatacak paylaşım teşvikleri, departmanlar arası bilgilendirici yapay zeka buluşmaları, sınır aşan kişilerin görünür kılınması ve yapay zekayı birkaç pilotun değil ekosistemin ortak dili yapacak öncelik alanlarının belirlenmesi etrafında şekillenebilir.

Kaynağı İncele >

Bilimsel Araştırmalarda Yapay Zeka Benimsemesi ve Üretken Yapay Zeka Avantajları

Yapay zeka, bilimsel keşif süreçlerinde yeni genel buluş yöntemi olarak konumlanan, disiplinler arası etkisi hızla genişleyen teknoloji ailesi haline gelirken asıl belirleyici soru, teknoloji ne yapabiliyor dan çok kim, hangi koşullarda, nasıl ve sürdürülebilir biçimde kullanabiliyor noktasına kaymıştır. OpenAlex tabanlı yayın verileri üzerinden bilimde ilk benimsemesini ve sonrasında devam eden kullanımını ayrılarak incelemiştir. Çalışma yapay zekanın bilimsel araştırmaya entegrasyonunu, yalnızca bireysel beceri setlerinin değil, sosyal ağların ve kurumsal ekosistemin birlikte şekillendirdiği bir bilimsel ve teknik beşerî sermaye çerçevesinde açıklamaktadır. Yani yapay zeka yetkinliği çoğu zaman tek araştırmacının donanımı olmaktan çıkıp, iş birliği ilişkileri ve kurumun bilgi altyapısı içinde birliktedir.

Yapay zekayı erken ve kalıcı şekilde benimseyen araştırmacılar, çoğunlukla alan bilimcisi olmasına rağmen yapay zeka açısından zengin iş birliği ağlarına gömülü bilgisayar bilimcileri yapay zeka deneyimli araştırmacılar ve özellikle erken kariyer araştırmacıları ile bağlantıları güçlü bireylerden oluşmaktadır. Üstelik benimseme kararını yalnızca altyapı gücü belirlemiyor. Yüksek performanslı hesaplama erişimi bazı alanlarda (biyoloji/sağlık gibi) anlamıyla, pek çok alanda ana itici güç sosyal sermaye ve tamamlayıcı uzmanlığa erişim gibi görünmektedir. Daha da ilginç, büyük dil modelleri gibi araçlar yaygınlaştıkça kurumsal avantajların görece zayıfladığı; buna karşın yapay zeka deneyimli işbirlikçileri ve erken kariyer katkıcılarla kurulan bağların kalıcı sürücü olarak önemini koruduğu vurgulanmaktadır.

Diğer tarafta, üretken yapay zeka (genAI) rekabetçi avantaj perspektifinden yeniden çerçevelemektedir. Üretken yapay zeka verimlilik ve yaratıcılıkta ciddi sıçrama yaratmaktadır. Ancak aynı zamanda genel amaçlı teknoloji doğası ve hızlı taklit edilebilirliği nedeniyle tek başına sürdürülebilir farklılaştırma üretmeyebilmektedir.

Yani herkes aynı tuğlaları kullanırken, avantajı belirleyen şey teknolojiye erişim değil daha çok kurumun benzersiz verisini, süreç bilgisini, saha içgörüsünü ve uygulama disiplini genAI ile nasıl birleştirdiği oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle tarım gibi standart ürünlerin hızla emtialaşabildiği pazarlarda, Ar-Ge'nin çıktısını ürün + hizmet + karar desteği bileşimine genişletmek isteyen kurumlar için güçlü stratejik çerçeve sunmaktadır.

Benimseme tarafında en hızlı kazanım genellikle bilgi işçiliği darboğazlarından gelmektedir. Örneğin literatür taramasından hipotez/deney tasarımına ve nihayetinde sonuçların biyolojik anlamlandırılmasıyla proje / patent / regülasyon dokümantasyonu zincirinde genAI'yi kurumsal bilgi tabanıyla güvenli şekilde buluşabilmektedir. Operasyonlar tarafında kritik nokta, genAI'nin tekil yazan-çizen asistan olmaktan çıkıp, deney günlüklerini standardize eden, varyant/parametre taramalarını öneren, hata kök-neden analizini hızlandıran, saha geri bildirimlerini sınıflandırıp araştırmaya çevirebilen bir üretkenlik katmanı haline gelmesidir. Kurum içinde her şeye genAI yaklaşımı kaynakları dağıtabilir ancak bunun yerine birkaç yüksek değerli pilot çalışma seçip orada derinleşmek daha rasyonel bir davranış olacaktır.

GenAI çağında sürdürülebilir avantaj, yeni bir araç seti değil, yeni bir Ar-Ge işletim sistemi kurabilen kurumlarda yoğunlaşacaktır. Bilim tarafındaki bulgu, yapay zeka benimsemesinin sosyal ağlar ve sınır-aşan kişilerle hızlanması, kurumsal yenilenmede de geçerlidir. Ar-Ge'nin içine veri yönetişimi, bilgi mimarisi, disiplinler arası ekip tasarımı ve güvenli model kullanımı gömülmeden, genAI yatırımı kısa vadeli kazanımda kalabilir. Kısa vadeli otomasyonun ötesinde, yeni gelir akışları, yeni iş modeli seçenekleri ve uzun vadeli dayanıklılık kurmayı hedeflenmelidir.

Kaynağı İncele >

Dijital Dönüşüm Sürecinde Tarım İşletmelerinde Yönetim Verimliliği Modeli

Tarım işletmelerinde dijital dönüşüm artık yalnızca saha sensörü kurduk / ERP'ye geçtik düzeyinde teknoloji modernizasyonu değil, yeniliğin nasıl yönetildiğini, hangi kapasite bileşenlerinin sürdürülebilir rekabet üretmeye dönüştüğünü ve finansal kaynakların dijital yeniliğe nasıl bağlandığını ölçmeyi gerektiren yönetim verimliliği problemi haline gelmiştir. Çin'de tarım sektöründe faaliyet gösteren işletmeler üzerinden, dijital dönüşüm koşullarında inovasyon yönetiminin etkililiğini tek boyutlu çıktılardan ayırıp çok eksenli şekilde teşhis etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın çıkış noktası, dijitalleşmenin verimlilik, kalite ve karar hızında iyileşme sağlayabilmesine karşın aynı zamanda ilave maliyet, teknolojik karmaşıklık, siber güvenlik ve mevcut süreçlerle entegrasyon kırımları gibi risklerle inovasyon yönetimini daha zor yönetim alanına dönüştürmesidir.

Bu nedenle yazarlar, şirketlerin inovasyon faaliyetini sonuç üzerinden değil, inovasyon performansı, inovasyon kapasitesi/potansiyeli ve dijital inovasyon süreçlerinin finansal desteği birlikte ele alındığında daha doğru okunabileceğini savunuyor ve tam da bu üç boyutu aynı anda kapsayan bütünsel metodoloji sunmuştur.

Dijital dönüşüm döneminde tarım işletmeleri iyi görünen performans metrikleri üretse bile, eğer Ar-Ge insan kaynağı, dijital yetkinlikler, IP üretimi ve işyeri dijital donanımı gibi kapasite bileşenleri kurumsallaşmıyorsa, inovasyon yönetimi sürdürülebilir biçimde güçlenmiyor, ayrıca finansal destek çoğu şirkette baskın yön olarak görünmese de kapasitenin büyümesini sınırlayan örtük kısıt rolü oynayabilmektedir. Düşük inovasyon aktivitesi kümesinde gelişim vektörünün daha çok inovasyon performansını artırma yönelimli olduğunu, orta seviyede ise strateji çeşitliliğinin arttığını ve birçok şirkette önceliğin inovasyon potansiyelini güçlendirmeye kaydığını raporlamıştır. Ayrıca finansal desteğin hiçbir kümede baskın vektör olarak öne çıkmamasını özellikle vurgulamaktadır. Bu, tarım Ar-Ge organizasyonlarında bütçe kalemi tek başına stratejik yön değil, fakat dijital inovasyonların ölçeklenmesi aşamasında kapasiteyi sınırlayan bir eşik değişken olabilir.

Modelin güvenilirliği ve öngörü kabiliyeti için araştırmada korelasyon analizinden sonra çoklu regresyon modelleri kurmuştur. Modellerin uygunluğu çeşitli istatistiksel ölçütlerle doğrulanmış ve belirli gruplarda belirli değişkenler için p-değerlerinin kritik eşiklere yaklaştığı not edilerek, farklı bağlamlarda yeniden kalibrasyon ihtiyacı açıkça kabul edilmiştir.

Buna rağmen regresyon modellerinin açıklama düzeyinin %97-99 aralığında raporlanması ve modelin üç göstergeden birinde değişim olursa inovasyon yönetimi verimliliği nasıl oynar sorusuna senaryo bazlı yanıt üretebilmesi, çalışmayı akademik çerçeveden çıkarıp yönetim pratiğine yaklaştırmaktadır. Portföy yöneticisi, dijital okuryazarlık/Ar-Ge istihdamı/IP kapasitesi gibi kaldıraçları büyüttüğünde inovasyon yönetimi skorunun hangi yönde hareket edeceğini, ayrıca benzer profildeki şirketlerle kıyasını daha sistematik biçimde planlayabilir.

Dijital dönüşümün Ar-Ge'ye etkisi yapay zeka / IoT / büyük veri gibi teknoloji başlıklarının ötesinde, ölçülebilir yönetim mimarisi gerektirmektedir. Mikrobiyal gübre geliştirmede laboratuvar - pilot - saha verisinin dijital hizmet entegrasyonuna dönüşmesi, fikri mülkiyet üretimiyle desteklenmesi, Ar-Ge kadrosunun dijital becerilerle güçlendirilmesi ve bu dönüşümün finansal olarak sürdürülebilir şekilde bağlanması aynı denklemde izlenebilir hale gelmelidir. Ayrıca yüksek performans çıktısı ile yüksek inovasyon yönetimi verimliliği her zaman aynı şey değildir. Bu çalışma, özellikle kapasite bileşeninin (insan sermayesi, dijital yetkinlik, IP, dijital işyeri) inovasyon yönetiminin ana omurgası olabileceğini sayısallaştırarak göstermiştir.

Kaynağı İncele >

Kamu Ar-Ge'sinde Patentlerde Kamusal Değerleri Metin Madenciliğiyle Ölçmek

Kamu kaynaklarıyla finanse edilen Ar-Ge programları, yalnızca kaç yayın/patent çıktı sorusuyla değerlendirildiğinde, sosyal etkiyi ve kamu yararı çoğu zaman görünmez kılmaktadır. Oysa kamu yatırımlarının rasyoneli, teknoloji üretiminin ötesinde güvenlik, çevresel sürdürülebilirlik, sağlık, istihdam ve yaşam kalitesi gibi çok boyutlu kamu değeri sonuçlarını büyümektir. Özellikle Güney Kore'de 2023'te Ar-Ge bütçelerinde yaşanan kesintinin (%16,6'lık düşüş) yarattığı daha stratejik ve verimli Ar-Ge politika yönetimi ihtiyacından hareketle, kamu Ar-Ge çıktılarındaki kamu değerini ölçeklenebilir biçimde ortaya çıkarmaya dönük bir doğal dil işleme çerçevesi önerilmiştir. Geleneksel değerlendirme pratiklerinin büyük ölçüde nicel metriklerle veya uzman kanaatine yaslanmasının, nitel çıktıları sistematik şekilde yakalamayı zorlaştırdığı, buna karşılık patent metinleri ve dış kaynak metinleri gibi yapılandırılmamış verilerin, doğru doğal dil işleme yaklaşımıyla kamu değerini ampirik ve karşılaştırmalı biçimde haritalamayı mümkün kılmaktadır.

Kamu değerini soyut bir kavram olmaktan çıkarıp operasyonel çalışma için altı kategorili sınıflandırma kullanmıştır. Bunlar endüstriyel ilerleme, güvenli toplum, sürdürülebilir çevre, istihdam yaratma, insan sağlığı ve yaşamın kolaylığı kategorilerini içermektedir. Bu sınıflar ulusal/uluslararası Ar-Ge planlama ve değerlendirme dokümanlarına dayalı biçimde seçilmekte ve önemli bir ayrıntı olarak yazarlar çerçevesinin evrime açık olduğunu, teknolojik ve toplumsal bağlam değiştiğinde yeni kamu değeri boyutlarının eklenebileceğini vurgulamaktadır.

Burada kritik metodolojik hamle, doğal dil işleme çıktısının tek seferlik etiket olarak kabul edilmemesi, bunun yerine adım adım istem kurgusu ile hem 0-1 arası uygunluk skoru hem de kanıt niteliğinde ilgili ifade/anahtar öbeklerin üretilmesi ve böylece sınıflandırmanın gerekçeli hale getirilmesi gerekmektedir. Şeffaflık sorununu azaltmak için kullanıcı yalnızca model etiketine değil aynı zamanda skor ve çıkarılan kanıt ifadelerin tutarlılığına bakarak nihai kararı gözden geçirmeye yönlendirmektedir.

Çalışmanın bulguları, doğal dil işleme tabanlı sınıflandırmada aşırı atama riskinin ne kadar gerçek olduğunu da net biçimde göstermektedir. İlk otomatik sınıflandırmada metinlerin çok büyük kısmı endüstriyel ilerleme kategorisine yığılırken (paragraf düzeyinde %96'ya varan bir eğilim), ilgili ifade kontrolüyle yapılan gözden geçirme sonrası sınıflandırma sayısı ciddi biçimde düşüyor ve modelin yeterli kanıt olmadan etiketleme eğilimi açığa çıkmaktadır. Örneğin yazarlar,

ilgili ifade eşlemesiyle toplam sınıflandırma sonuçlarının %64 azaldığını ve endüstriyel ilerleme etiketlerinin de yaklaşık %70 gerilediğini belirtmektedir.

Bir diğer güçlü katkı, kamu değerini yalnızca Ar-Ge çıktısının kendi dilinden değil, toplumun teknolojiye ilişkin söyleminden de düzeltmeye odaklanmaktadır. Patent ve köşe yazısı metinlerini çevirip kosinüs benzerliği ile semantik yakınlığı hesaplamaktadır. Sonra kamu değeri skorlarını, dış metinlerdeki kamu değeri sinyali ve metinler arası benzerliği dikkate alan bir formülle yenilenmektedir. Bu süreçte cümle dönüştürücü tabanlı bir model (all-MiniLM-L6-v2) ile temsil üretimi ve benzerlik temelli eşleştirme kullanılmıştır. Böylece patentlerin daha teknik dili ile toplumsal metinlerin daha değer yüklü dili arasında köprü kurulmuştur.

Sonuçlar program düzeyine taşındığında, en yüksek patent üretimine sahip ilk beş programın kamu değeri dağılımlarında farklılaşmalar görülmektedir. Örneğin geniş kapsamlı eğitim ve insan kaynağı programlarının ortalamaya yakın ve dengeli dağılımlar sergilediği, bilgi ve işlem teknolojileri insan kaynağı programında güvenli toplum vurgusunun miktar arttığı, ulaşım ve yeşil teknoloji odaklı programlarda sürdürülebilir çevre payının dikkat çektiği gibi yorumlar yapılabilir.

Kaynağı İncele >

Endüstriyel Akım Yoğunluğunda Elektrolit Mühendisliği Gliserol Elektro Yükseltimi ile Seçicilik Sıçraması

Yeşil hidrojen ekonomisinin hızlanmasıyla birlikte elektrolizörler, yalnızca suyu oksijene ve hidrojene ayıran sistemler olmaktan çıkıp elektrokimyasal rafineri mantığıyla yeniden kurgulanmaktadır. Katotta H_2 üretilirken anotda klasik oksijen gelişimi reaksiyonu yerine daha düşük enerji gerektiren ve aynı anda katma değerli kimyasallar üreten oksidasyonlar hedeflenmiştir. Bu yaklaşım, özellikle biyobazlı yan ürün akışlarının (ör. biyodizel/oleokimya kaynaklı gliserol) değerlendirildiği döngüsel biyoekonomi senaryolarında çarpan etkisi yaratmaktadır. Çünkü gliserol, biyodizel üretiminde tipik olarak anlamlı yan ürün fraksiyonuna karşılık geliyor ve bu fazlalık, değer zincirinde ucuz karbon kaynağı problemine dönüşebilmektedir.

Katalizörü yeniden icat etmekten ziyade elektrolit kompozisyonunu küçük ama stratejik bir dokunuşla yeniden tanımlaması gerçekleşmektedir. Gliserol oksidasyon reaksiyonunda oksijen gelişimi reaksiyonunun yan reaksiyon olarak devreye girip seçiciliği düşürdüğü koşullarda, elektrolite iz miktarda Cu^{2+} ekleyerek oksijen gelişimi reaksiyonunu bastırdıklarını ve hedef ürün olarak formik asit oluşumunu dramatik şekilde artırdıklarını raporlamıştır. Bu sayede, Cu^{2+} eklenmediğinde formik aside Faradaik verim %62,2 iken, Cu^{2+} varlığında 800 mA cm^{-2} gibi yüksek bir akım yoğunluğunda %99,3 seviyesine çıkmıştır.

Laboratuvar ölçeğinde yüksek seçicilik göstermek görece kolayken, akım yoğunluğu büyüdükçe oksijen gelişimi reaksiyonunun sisteme sızması ve katalizör yüzeyinin oksijen gelişimi reaksiyonu aktif fazlara evrilmesi seçiciliği hızla aşındırmaktadır. Çalışma, tam bu yüksek akım, yüksek seçicilik ikilemini elektrolit düzeyinde çözmeye aday bir çerçeve sunmaktadır. Cu 'nın yalnızca katkı iyonu değil, elektrot yüzeyinde gerçekleşen yeniden yapılanma kimyasını yöneten reaksiyon ortamı düzenleyicisi gibi davranmaktadır. Böylece elektron akışı hedef yollarına kanallı olurken, oksijen gelişimi reaksiyonunun hem akımı çalması hem de yüzeyi oksijen gelişimi reaksiyonuna daha yatkın hale getiren yapısal dönüşümleri tetiklemesi engellenmektedir. Özellikle Cu -yardımlı süreçte oksijen gelişimi reaksiyonu yan reaksiyonunun bastırıldığını ve reaksiyon açığının formik asit yönüne daha temiz aktığını görsel olarak netleştirmiştir.

Elektrot malzemesini radikal biçimde değiştirmeden, elektrolit katkısı ile endüstriyel akım yoğunluğuna yaklaşırken seçiciliği korumak, teknoloji geçiş maliyetini düşürmektedir. Performans

karşılaştırmalarının yanı sıra yüksek akımda seçiciliğin korunduğuna ve alan büyütme perspektifine işaret eden sunumlar bulunmaktadır. Bu da yöntemin yalnızca konsept ispatı değil, proses penceresi açısından da değerlendirildiğini düşündürmektedir. Elbette pratikte iz Cu^{2+} eklemek tek başına yeterli proses tasarımı anlamına gelmemektedir.

Sürekli akışlı hücrelerde Cu olası çapraz reaksiyonlar, membran etkileşimleri, ürün saflaştırma adımları ve özellikle ham gliserol kullanıldığında elektrolit stabilitesi ve katalizör yüzey kimyasının nasıl etkileneceği belirlenmelidir. Ham gliserolde impürite toleransı ve Cu redoks döngüsünün kararlılığı, sürekli çalışmada Cu birikimi / kayıpları ve çevresel yönetim için ürün ayrıştırma maliyeti ve nihayetinde pilot ölçekte proses penceresi belirlenmelidir.

Kaynağı İncele >

Avustralya Nemli Tropik Ormanlarında Biyokütle Artık Net Karbon Kaynağına Dönüştü

Tropik ormanlar uzun zamandır küresel karbon döngüsünün gizli amortisörü olarak görülüyordu. Atmosferdeki CO₂ artışının, en azından yakın vadede, ağaç büyümesini hızlandırarak tropik ormanların karbon yutağı kapasitesini artıracak, böylece fosil yakıt kaynaklı emisyonların bir kısmının doğal sistemlerce tamponlanacağı varsayılmaktaydı. Ancak, Avustralya'nın nemli tropik yağmur ormanlarında odunsu üstten biyokütle karbon dengesi yutaktan kaynağa kaymış durumdadır. Bu kaymanın yalnızca kısa süreli bir dalgalanma değil, 1970'lerden 2010'lara uzanan bozulma çizgisinin sonucu olduğunu ve özellikle sıcaklık ilişkili artan ağaç ölümlerinin baskınlaştığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, tropik ormanların iklim değişimini yavaşlatma kapasitesine dair modellerin otomatik iyimserliğini sorgulatırken, karbon bütçeleri ve doğa temelli dengeleme stratejilerinde kalıcılık riskinin beklenenden daha yüksek olabileceğine işaret etmektedir.

1971–2019 arasında yinelenen ölçümlerle biriktirilmiş uzun dönem orman envanteri üzerinden Queensland'deki 20 orman sahasında yaklaşık 11.000 ağacın büyüme ve ölüm dinamikleri izlenmiştir. Ardından gözlemsel verilerden nedensel çıkarım yapmak için nedensel çıkarım çerçevesi kullanılarak üstten biyokütledeki net değişimi oluşturan demografik bileşenler ayrıştırılmış ve iklim sürücülerini aynı denklemde değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, toplam biyokütle değişti demek yerine, hangi süreçlerin sistemi yutaktan kaynağa çevirdiğini ve hangi iklim darbelerinin bu dönüşümü hızlandırdığını gösterdiği için politika ve modelleme açısından doğrudan çevrilebilir kanıt üretmiştir. 1971–2000 döneminde odunsu üstten biyokütle $0.62 \pm 0.04 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ile net karbon yutağı iken, 2010–2019'da $-0.93 \pm 0.11 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ile net karbon kaynağına dönüşmüş bu da yutak kapasitesi ise zaman içinde $0.041 \pm 0.032 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ hızla düşmüş olduğunu göstermektedir.

Orman hâlâ yeşil görünebilir, ancak ağaç ölümleri ve kayıp biyokütle, büyüme ile gelen kazanımları aşmaya başladığında, üstten biyokütle stokları iklim için tampon olmaktan çıkıp atmosfer için ek yük haline gelebilmektedir. Buna ek olarak, siklonlar orman dinamiklerini ani kırılmalar şeklinde etkileyerek yutak kapasitesini bastırıyor ve bu darbelerin büyüklüğünün, uzun dönemli iklim kaynaklı değişimlerle benzer mertebede olabildiği raporlamıştır. Bu da yalnızca ortalama ısınmanın değil, aşırılıkların ve olay rejiminin karbon dengesini belirleyebileceğini göstermektedir.

Bu hem iklim hedeflerinde hem de karbon piyasalarında risk fiyatlaması gerektirmektedir. Karbon stoğu yalnızca büyüme potansiyeline değil, ölüm olasılığına ve aşırılık olaylarının artışına da bağlıdır. Dolayısıyla korunması gereken şey sadece yeni ağaç dikimi değil, yüzlerce yıl birikmiş stokların ani kayıplarla karbon bombasına dönüşmesini önleyecek iklim azaltım hızı ve adaptasyon kapasitesidir. Eğer doğal yutaklar özellikle tropik ormanlar sınırlarına yaklaşıyor ve aşırılık iklimi kaynaklı mortalite baskısı artıyorsa, tarım-gıda sistemi hem emisyon azaltımında hem de dayanıklılık artırıcı üretim teknolojilerinde daha büyük sorumluluk taşımaktadır. Burada iki pratik uygulama hattı öne çıkmaktadır. Birinci olarak doğa temelli karbon projeleri tasarımı yapılırken yalnızca yeşil endeksler değil, biyokütle stoklarının kalıcılığına ilişkin stres göstergeleri de izlenmelidir. Ayrıca üstten biyokütle ile topraktaki alt biyokütle ayrımı net raporlanmalıdır.

İkincisi, kuraklık ve ısı stresini azaltan, kök gelişimini ve su-besin alım verimliliğini iyileştiren mikrobiyal çözümler, sadece verim artışı değil, uzun vadede karbonun daha stabil havuzlara yönlendirilmesi ve çok yıllık sistemlerde mortalite riskinin düşürülmesi üzerinden stratejisine bağlanabilir. Geleceği kurgularken CO₂ artışı zaten büyümeyi artırır varsayımıyla hareket etmek yerine, stres ekolojisini ve aşırılıkların biyokütle kaybını nasıl hızlandırdığını merkeze alan yeni nesil üretim paketleri tasarlamak gerekmektedir.

Kaynağı İncele >

Yaşayan Ağaçların Odun İçi Mikrobiyomu Görünmez Bir Ekosistem Alanıdır

Mikrobiyom araştırmaları kök, rizosfer ve yaprak yüzeyi gibi erişilebilir bitki nişlerinde büyük ilerleme kaydetmişken, gezegenin en büyük biyokütle rezervlerinden biri olan canlı ağaçların odun dokusu uzun süre mikrobiyal açıdan sessiz kabul edilme eğilimindeydi. Ancak son yapılan çalışmada yaşayan odunun yalnızca mikrobiyal olarak kolonize olduğunu değil, aynı zamanda ağaca özgü, güçlü biçimde ayrılmış ve işlevsel mikrobiyal topluluklar barındırdığını göstermiştir. Çalışma, odunu pasif bir karbon deposu olmanın ötesinde, içsel mikrobiyal süreçlerle ağaç sağlığı, hastalık dinamikleri ve orman biyokimyası üzerinde etkileri olabilecek habitat olarak yeniden konumlamıştır. Aynı zamanda bitkileri konak ve ilişkili mikroorganizmalar çerçevesinde yorumlamayı güçlendirmiştir.

Tek bir ağacın odunsu dokularında yaklaşık 10^{12} bakteri bulunabileceğini raporlamıştır. Dahası, bu mikrobiyom rastgele dağılmamaktadır. Dış odun ve iç odun arasında belirgin bir ekolojik bölümlenme sergilemiştir. Diğer bitki dokuları ya da orman ekosistem bileşenleriyle düşük benzerlik gösteren ayrı topluluklar olarak davranmaktadır. Büyük ölçekli taramada ABD'nin kuzeydoğusunda 16 türden 150 canlı ağaç örneklenmesi, bulguların yalnızca tek bir tür ve tek bir saha anekdotu olmadığını; türler arası karşılaştırmaya elverişli çerçeve sunduğunu düşündürmüştür.

Metodolojik açıdan çalışma, odun dokusunun düşük biyokütleli ve inhibitör zengin yapısı nedeniyle mikrobiyom analizlerinde yaşanan kronik zorluğa pratik bir yanıt vermiştir. Yüksek kaliteli DNA elde etmeye dönük örnek işleme ve ayrıştırma yaklaşımı, odun içi toplulukların güvenilir şekilde profilinin çıkarılmasını mümkün kılmıştır. Ayrıca yazarların daha önce yayınladığı yaşayan odun mikrobiyomunu örnekleme yöntemi çalışması bu hattın teknik temelini işaret etmektedir. Nicel bolluk tahminlerinde 16S qPCR kullanılması, bolluk dağılımlarının türlere göre ayrıştırılması ve örnek çekirdek sayısının türlere göre değiştiğinin açıkça belirtilmesi çalışmanın istatistiksel şeffaflığını artırmaktadır. Bu çerçevede, odun dokusundaki prokaryotik bolluğun farklı biyolojik ortamlarla kıyaslanmasına yönelik görselleştirmeler, odun içinin mikroorganizma açısından fakir ortam olduğu varsayımını doğrudan sorgulatmaktadır.

Öz odun dokusunun özelleşmiş arkeler ve anaerob bakteriler ile karakterize, ayrıksı bir ekolojik niş olduğunu ve sonuç doğurucu biyojeokimyasal süreçleri bu grubun sürükleyebileceğini

vurgulamaktadır. İç odunun daha oksijensiz koşullara uyumlu topluluklarca baskın olduğunu ve dış odunun ise daha oksijen seven topluluklara eğilim gösterdiğini aktararak bu ayrışmayı çevresel gradyanlarla ilişkilendirmiştir. Öz odunun derin katmanlarında metan üretimiyle ilişkili anaerobik mikroorganizmalar vurgusu, ağaç gövdesinin karbon çevrimine beklenmedik bir mikrobiyal kapı aralayabileceğine işaret etmektedir. Bu ormanların iklim geri beslemelerini değerlendirirken gövde içi mikrobiyal süreçlerin de izlenmesi gerektiği fikrini güçlendirmektedir.

Çalışma yalnızca kim var sorusunu değil, nereden geliyor ve ne kadar özgün sorusunu da hedeflemiştir. Türler arası karşılaştırmalarda, odun mikrobiyomunun konak filogenisiyle uyumlu desenler gösterebilmesi, mikrobiyal toplulukların yalnızca çevresel rastlantıyla değil, konak seçiciliği ve uzun vadeli birlikte evrim olasılıklarıyla şekillenebileceğini düşündürmektedir. Kaynak izleme analizlerinde (FEAST yaklaşımıyla) öz odunun ele alınması ve toprak gibi çevresel havuzların katkısının tür bazında ayrıştırılması, odun içi mikrobiyomun önemli bir bölümünün bilinmeyen kökenli olabileceğini ve bu habitatın hâlâ keşfedilmemiş biyolojik çeşitlilik rezervi taşıdığını desteklemektedir. Veri ve kodun açıkça paylaşılması (NCBI ve GitHub) ise bu alanın hızla büyümesine ve farklı coğrafyalarda yeniden analize ek olarak karşılaştırma çalışmalarının yapılmasına somut zemin hazırlayacaktır.

Kaynağı İncele >

Kimyasal Reaksiyon Hiperuzaylarının ve Ağlarının Robot Destekli Haritalanması

Kimyasal sentez ve süreç geliştirmede en temel darboğazlardan biri, reaksiyon koşulu dediğimiz şeyin aslında tek ayardan ibaret olmamasıdır. Sıcaklık, reaktan derişimleri ve oranları, çözücü, katalizör yüklemesi, süre, su ve oksijen izleri gibi değişkenler birlikte ele alındığında çok boyutlu bir koşullar uzayı ortaya çıkmaktadır. Bu uzayda ürün dağılımının nasıl şekillendiği çoğu zaman öngörülemez ve klasik yayın dili reaksiyonu tek satırlık denklem gibi sunsa da, pratikte aynı bileşenler farklı bölgelerde farklı ana ürünlere geçiş yapabilir ve mekanistik açıdan yeni dallanmalar ortaya çıkabilmektedir. Bu problemi daha iyi tahmin modeli ile değil, önce yüksek çözünürlüklü ve ucuz ölçümlenebilir veri üretimi ile çözmeye odaklanmıştır. Binlerce koşulu tarayabilen, ürün ve yan ürün verimlerini nicel olarak çıkarabilen ve bu sayede reaksiyonları dinamik ağlar olarak yeniden kurabilen robot destekli yaklaşım önermektedir.

Farklı organik çözücüler ve nispeten zorlu reaktiflerle uyumlu, ev yapımı bir platformla günde yaklaşık 1.000 reaksiyon çalıştırabilecek bir otomasyon kurulmuştur. Sistemin donanım ölçeği de görece düşük yaklaşık 25 bin dolar seviyesinde bir kurulumdan söz edilmektedir. Kritik kırılım, analitik darboğazı HPLC, qNMR, LC-MS gibi yöntemlerin tamamen kaldırmak değil, akıllı şekilde seyrekletmeyi içermektedir. Her koşul için pahalı analitik yerine, her koşuldaki hızlıca UV-Vis spektrumu alınarak sonra tüm koşullardan gelen ham kanışimler birleştirilerek tek bir toplu kanışım üzerinden kromatografik ayırma ve klasik NMR/MS ile kimlik doğrulaması yapıp, reaksiyonun o hiper alanda üretebildiği ana bileşenlerden bir referans set oluşturulmuştur. Son aşamada, her koşuldaki UV-Vis spektrumu bu set spektrumlarının doğrusal kombinasyonlarıyla çözümlenerek binlerce nokta için verim ve kompozisyonlar geri kazanılarak böylece tek tek saflaştırma zorunluluğu dramatik biçimde azalmıştır.

Bu tasarımın ikna edici tarafı, hız ve maliyetin yanında ölçüm kalitesinin nicel olarak ele alınmasıdır. Tek bir spektrum alımı ortalama ~8 saniye, pipetleme ve yıkama, kurutma operasyonlarıyla birlikte çevrim ~50 saniye mertebesinde raporlanmaktadır. Sistemin ölçeği bu yüzden kimyagerin el emeği ile kıyaslanamayacak koşul taraması sağlamıştır. Verim tahminlerinde toplam hata payı %5 bandında verilerek ayrıca robotla ölçülen verimlerin, robot dışında klasik yöntemlerle yapıp analiz

edilen aynı reaksiyon verimleriyle yüksek korelasyon ($R^2 \approx 0.96$) verdiği gösterilmiştir. Buna ek olarak ekip, hiper alanın beklenmeyen ürün bölgelerini kaçırmamak için artık spektrum analizi ve Durbin-Watson istatistiğine dayalı anomali yakalama katmanı kurmuştur.

Çalışmanın en etkileyici demonstrasyonlarından biri, Hantzsch reaksiyon hiperalanının ağ olarak yeniden inşasıdır. Kapalı döngü yeniden saflaştırma ve yeniden fit etme turlarıyla toplam 16 bileşen tanımlanmıştır. Ardından 80 °C'de koşullar uzayının farklı köşelerinde hiper alanın üç farklı ana ürüne temiz biçimde yönlendirilebildiği gösterilmiştir. Aynı başlangıç bileşenleriyle, reaktif eklemekten sadece oranlar ve sıcaklık gibi sürekli parametreleri tarayarak ağına hangi dalının baskınlaşacağı programlanabiliyor, üstelik optimum noktalar, salt ürün stokiyometrisinden sezgisel olarak beklenmeyecek oranlarda ortaya çıkabilmektedir. Bu yaklaşımın Hantzsch hiper alanındaki bilgiyi iki kattan fazla genişlettiğini ve benzer keşif artışlarını Pechmann gibi başka sistemlerde de gördüklerini not etmesi, yöntemin tek bir örnekle sınırlı kalmadığını düşündürmektedir.

Kaynağı İncele >

N₂O'yu N₂'ye İndirgeyen NosZ Dışında Yeni Enzim Hattı Keşfedildi

Azot döngüsünün iklimle kesiştiği en kritik düğümlerden biri, tarım kaynaklı reaktif azot girdilerinin özellikle mineral N gübrelerinin mikrobiyal dönüşümler sırasında diazot monoksit (N₂O) üretimini artırmasıdır. N₂O hem güçlü sera gazı hem de stratosferik ozon kimyası açısından önemlidir. Atmosferde N₂O birikiminin kaynakların yutakları aşması ile sürdürdüğünü vurgulayarak, yutak tarafının en temel biyokimyasal mekanizması olan mikrobiyal N₂O indirgenmesini yeniden çerçevelemektedir. Mikroorganizmalar N₂O'yu iklim açısından daha nötr kabul edilen dinitrojene (N₂) dönüştürür ve bu dönüşümün ana genetik ve enzimatik belirteci olarak şimdiye kadar neredeyse tüm ekolojik taramalarda nosZ tipli N₂O redüktazlar (clade I ve clade II) kullanılmıştır. Klasik NosZ dizilerine belirgin biçimde benzemeyen, fakat üç boyutlu mimaride aynı işi görebilen daha önce tanınmamış bir protein ailesini (clade III) ortaya koymuştur. N₂O tüketiminin çevrede genetik kanıtı yok gibi görünen birçok durumda aslında yanlış belirteç kullanımı yüzünden kaçırılmış olabileceği ve dolayısıyla N₂O yutaklarını hem modelleme hem de biyoteknolojik müdahale açısından eksik okuyor olabileceğimizi göstermiştir.

Keşfin yalnızca biyoinformatik bir tahmin olarak kalmayıp kültüvasyon, fizyoloji, metagenomik, proteomik ve yapısal modelleme kanıtlarının aynı hikâyeye bağlanmasıdır. Tropikal Sabana orman toprağından başlatılan mikrokozmos ve ardışık aktarımlar sonucunda, N₂O tüketimi güçlü olan ancak metagenomik olarak clade I/II nosZ izine rastlanmayan bir zenginleştirme kültürü elde etmiştir. Bu kültürlerde N₂O indirgenmesi sürerken nosZ yokluğu, aranan katalizörün farklı bir soy olabileceğini düşündürmektedir. Ardından kapalı genom elde ettikleri *Desulfotobacterium nosdiversum* için, L-nosZ gen kopya sayısı ile tüketilen N₂O miktarını ilişkilendirerek büyüme verimini nicel biçimde raporlamış ve aynı koşullarda metaproteomik ölçümlerle L-NosZ proteininin ve komşu genlerin kodladığı bazı bileşenlerin eşzamanlı ifade edildiğini göstermiştir. Bu gen var ama çalışıyor mu sorusunu doğrudan deneyle yanıtlamaktadır. Ayrıca farklı bir model organizmada (*Sporomusa acidovorans*) L-NosZ aracılı N₂O indirgenmesini, pH ve oksijen kısmi basıncı gradyanlarında izleyerek fenomenin çevresel pencereyle nasıl şekillendiğini ortaya koymaktadır. N₂O tüketimi ile asetat verimi gibi metabolik çıktı arasında güçlü korelasyon ve asetilenle inhibisyon gibi klasik kontroller, reaksiyonun gerçek N₂O redüktaz aktivitesiyle tutarlı olduğunu güçlendirmektedir.

Çalışma L-nosZ'nin yalnızca birkaç izolatla sınırlı merak olmadığını göstermiştir. L-N₂OR genlerinin birden fazla filumda bulunduğu,

özellikle kültüre edilmemiş taksonlarda yaygın olduğu ve geniş bir coğrafyaya dağıldığı belirtilmiştir. Hatta daha önce N₂O tüketimi bağlamında öne çıkarılmayan bazı grupların (ör. Nitrospinota) bu yeni hat üzerinden N₂O yutağına katkı verebileceği ifade edilmiştir.

Daha da önemlisi, geniş ölçekli taramalarda altı kıtadan 12 biyomu temsil eden 1.053 metagenom üzerinde clade I/II/III nosZ dağılımlarının karşılaştırıldığı ve L-nosZ'nin çevresel okuma derinliğine yakalanabilir ölçekte olduğunu gösteren analizler yer almaktadır. Ayrıca okyanus metatranskriptom verilerinde clade III nosZ transkriptinin tespiti, bu hattın yalnız genom düzeyinde değil, bazı koşullarda aktif olarak ifade edildiğine dair ek işaret sunmaktadır.

N₂O azaltımını tek bir gen (nosZ) taraması olmaktan çıkarıp, ürün stratejisini etkileyebilecek daha geniş bir hedef alan tanımlamaktadır. Bugüne dek birçok saha deneme kurgusunda N₂O yutak kapasitesini artırma fikri, çoğunlukla kanonik nosZ taşıyan denitrifiyanların seçimiyle düşünülüyordu. Oysa L-NosZ hattının varlığı, özellikle kanonik nosZ sinyali zayıf ama N₂O tüketimi gözlenen sistemlerde toprak pH'ı, redoks mikro-nişleri, organik madde rejimi gibi parametrelerin belirlediği gizli bir biyolojik kapasite olabileceğini düşündürmektedir.

Kaynağı İncele >



TOROS TARIM