

ilk tətbiq edilən metod balıq sürülərini tapmaq və qeyd etmək üçün “Sonar” üsulu olmuşdur. İlk dəfə vəhşi təbiətin varlığını və davranışını qeyd etmək üçün isə “Kamera tələləri” tətbiq edilmişdir. Ətraf mühitin dəyişənlərini ölçmək və qeyd etmək üçün avtomatlaşdırılmış sensorlardan, böyük verilənlər toplusunun ekoloji statistik təhlilini aparmaq üçün “Mainframe kompüterlər” texnologiyasından, dəniz dibinin geniş sahələrinin təsvirini səmərəli şəkildə yaratmaq üçün “Sidescan sonor” alt sistemindən istifadə edilmişdir. “VHF” telemetriyası isə radio izləmə, ekoloqlara vəhşi heyvanları uzaqdan izləmə imkanını vermişdir. “Landsat İmageriy” proqramı ilk kosmosa əsaslanan, quruda məsafədən zondlama məlumatlarını təqdim edə bilən proqram olmuşdur. İlk dövrədə həmçinin spektr boyu müxtəlif dalğa uzunluqlu zolaqlar vasitəsi ilə su və bitki örtüyündə ölçmə aparmağa imkan verən, multispektral “Landsat Peyk təsvirləri” proqramından, hədəfi lazerlə işıqlandırmaq və qırılan işıqı təhlil etməklə məsafəni ölçən, uzaqdan tətbiq etmək üçün “Lidar üsulu”ndan, heyvanların bədən istiliyini ölçmək üçün “Termal bio-loggerlər” proqramından istifadə edilmişdir. 1980-1990-cı illərdə tətbiq edilməyə başlanılan “GPS” izləmə “VHF” ilə müqayisədə daha yüksək qeyd tezliyi, daha yüksək dəqiqlik və daha az tədqiqatçı müdaxiləsi ilə vəhşi təbiətin peykdən izlənilməsinə təmin etmiş, “Tematik Landsat” yeddi tip elektromaqnit dalğa uzunluğunda işləyən və qlobal istiləşmə, həmçinin iqlim dəyişikliyi ölçməyə imkan vermişdir. Qeyd olunan texnoekologiya dövrünün sonlarında heyvanların hərəkətini hiss edən, şəkil və video çəkə bilən “İnfraqırmızı kamera tələləri”, “Video tələlər”dən istifadə edilmişdir (2).

2000-2015-ci illəri əhatə edən dövrdə coğrafi mövqedən asılı olmayaraq, heyvanların hərəkətini (sürətlənməsini) ölçmək üçün “Akselerometr”, 3D ekosistem strukturunun dəqiq ölçülməsi üçün “3D LİDAR” proqramından, pilotsuz sensor platformalardan istifadə etməklə ekoloji məlumatları avtomatik və uzaqdan toplamaq üçün “Avtonom nəqliyyat vasitələri” proqramından, kiçik heyvanların qlobal miqrasiyasını peyk

sistemi vasitəsilə müşahidə etmək üçün Kosmosdan istifadə edərək Heyvanların Tədqiqatları üzrə Beynəlxalq Əməkdaşlıq ("ICARUS") proqramından, aşağı gərginlikli, aşağı amperli məlumatların bir neçə kilometrə ötürülməsi üçün isə "uzun diapazonlu, aşağı güclü telemetriya" proqramından istifadə öz yerini almışdır (2).

2015-ci ildən hazırkı dövrə kimi alqoritmlər və statistik təhlillər apara bilən kiçik kompüterlərin tətbiqi ilə "Aşağı güclü kompüterlər texnologiyası", ekoloji tədqiqatları və ya tapşırıqları tamamlamaq üçün insan müdaxiləsi olmadan pilotsuz sensor platformaların avtonom, lakin koordinasiyalı tətbiqini həyata keçirən "Swarm nəzəriyyəsi", heyvanlarının davranışlarının öyrənilməsi məqsədilə analoqlarının qurulması üçün "3D çap", elektron mikroskoplara ehtiyac olmadan, şəkilləri hüceyrəaltı səviyyədə göstərə bilən kameralardan istifadə edən "Molekulyar hərəkətin xəritələşdirilməsi proqramı", günəş enerjisi kimi enerji mənbələrinin etibarsız ola biləcəyi (məsələn, cəngəlliklər) uzaq yerlərdə sensorların və cihazların uzun müddət işləməsinə imkan verən "Bio-batareya"lardan istifadə praktikada əksini tapmışdır (2).

Müasir dövrdə ekoloji məsələlərin həlli üçün süni intellekt potensialından istifadəyə başlanılmışdır. Süni intellekt bütün dünyada səhiyyə, təhsil və sənaye sahələrində geniş yayılmışdır.

Bu gün ən ümdə ekoloji problemlərdən biri və ən vacibi iqlim dəyişmələri ilə bağlı təsirlərdir. Bu problemlə mübarizə məqsədilə 1992-ci ildə Rio-de Janeyro şəhərində 154 ölkənin iştirakı ilə beynəlxalq, hökumətlərarası forum olan BMT-nin İqlim Dəyişikliyi üzrə Çərçivə Konvensiyası (UNFCCC) imzalanmışdır. Konvensiya çərçivəsində qəbul edilmiş Kioto protokoluna əsasən karbon qazı, metan (CH_4), azot oksidi (N_2O), hidroflüorokarbonlar (HFCs), perflüorokarbonlar (PFC), kükürd heksaflorid (SF_6), azot trifluorid (NF_3) istixana qazları olaraq müəyyən edilmiş və bu qazların konsentrasiyaları "iqlim sisteminə təhlükəli antropogen müdaxilənin qarşısını alacaq səviyyəyə" endirməklə global istiləşmənin təsirini azaltmaq məqsədi daşmışdır (3).

Meşəsizləşdirmə ilə bağlı süni intellektdən istifadə edən şirkətlərdən biri "Space Intelligence" şirkətidir. Şotlandiyanın Edinburq şəhərində yerləşən "Space Intelligence" şirkəti peyk məlumatlarından istifadə edərək 1 milyon hektardan çox ərazinin xəritəsini çəkmişdir. Şirkətdə tətbiq edilən "Carbon Mapper" proqramı meşələrin məhvolma miqyası və meşədə nə qədər karbon ehtiyatının saxlanması kimi göstəriciləri məsafədən ölçə bilir. Bu proqram zaman keçdikcə meşələrin degradasiya dərəcəsinin müəyyən etmək üçün piksel başına dəqiq karbon ehtiyatı təxminlərini verir, vahid zaman kəsimində tədqiqat ərazisinin müxtəlif nöqtələrini ölçməklə və müqayisə etməklə istənilən dövr ərzində ümumi karbon sıxlığının dəyişmə xəritələrini yaratmağı bacarır (4).

Meşə əraziləri haqqında cari vəziyyətdə məlumat əldə etmək üçün tətbiq edilən digər bir üsul isə "Meşə Ekosistemi Modulu" (Three Dimensional - Coupled Model Carbon Cycle - Forest Ecosystem Module (3D-CMCC-FEM)) süni intellekt üsuludur. 3D-CMCC-FEM meşə ekosisteminin tədqiqat vasitəsi olub, C proqramlaşdırma dilində yazılmış və bir neçə alt proqrama bölünmüş xətti proqram əmridir. 3D-CMCC-FEM ekofizioloji, biogeokimyəvi və biofizioloji proseslərə əsaslanan, həm homogen, həm də müxtəlif yaş, hündürlük, diametr və növlərdə heterogen və meşələrdə mövcud olan C- və N- birləşmələrinin ayrılması və C, N, enerji və su axınlarının dinamikasını simulyasiya edən modeldir. Modeli işə salmaq üçün gündəlik vaxt pilləsində minimum, orta və maksimum temperatur, qısa dalğalı günəş radiasiyası, yağıntı, nisbi rütubət, həmçinin torpağın dərinliyi və teksturası (gil, lil və qum fraksiyaları), o cümlədən bitki növü, yaşı, diametri, hündürlüyü və sıxlığı kimi bəzi əsas məlumatlar tələb olunur. Modul ilkin istifadə müddətindən təxminən on il ərzində Avropada və başqa qitələrdə geniş şəkildə tətbiq edilmişdir (5).

Süni intellekt eyni zamanda iqlim dəyişikliyi ilə bağlı fəlakətlərin proqnozlaşdırılması məqsədilə tətbiq olunur.

Braziliyanın San-Paulu şəhərində "Sipremo" şirkəti hansı növ iqlim fəlakətlərinin olacağını, həmçinin iqlim fəlakətlərinin harada və nə vaxt baş verəcəyini proqnozlaşdırmaq üçün süni intellektdən istifadə etməyə başlamışdır. Proqramın məqsədi hökumətlərə və biznes sahiblərinə iqlim dəyişikliyi və bununla əlaqədar əhalinin rastlaşacağı problemlərə daha yaxşı hazırlaşmaqda kömək etmək olmuşdur. Şirkət bu proqramı ekoloji fəlakət və havanın keyfiyyətinin fəaliyyətinə və qərarına təsir etdiyi sığorta, enerji, logistika, idman və s. sahələrdə tətbiq etmişdir (6).

Tullantıları daha səmərəli idarə etməklə iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə aparmağa kömək məqsədilə də bir sıra süni intellekt sistemləri yaradılmışdır.

Böyük Britaniyanın London şəhərində həyata keçirilən “Greyparrot” proqram təminatı startapı daha çox tullantı materialının bərpasına və təkrar emalına kömək etmək məqsədilə tullantıların emalı və təkrar emalı müəssisələrini təhlil edən süni intellekt sistemi hazırlamışdır. Tətbiq edilən tullantı analitikası çeşidləmə obyektlərində çeşidləmənin hər bir mərhələsində avtomatlaşdırma nəticəsində tullantıların dəyər zənciri boyunca ağıllı təhlil aparmış və istənilən anda çeşidləmə qurğusundan keçən material haqqında məlumat əldə etməyi mümkün etmiş, nəticədə isə daha çox resurs bərpa etmək mümkün olmuşdur. Şirkət tədqiq etdiyi sahələrdə ümumilikdə 2022-ci ildə 67 tullantı kateqoriyası üzrə 32 milyard tullantı elementini izləmiş və orta hesabla bərpa edilə bilən, lakin poliqona göndərilən 86 ton material müəyyən etmişdir (6).

Ekologiya sahəsində tətbiq edilən “NDVI” proqramı (Normalized Difference Vegetation Index) sahənin yaşıllıq dərəcəsini, bitkilərin vəziyyətini müəyyən etmək üçün tətbiq edilir və fotosintetik aktiv biokütlənin miqdarının sadə göstəricisidir. Bu indeks spektrin qırmızı və yaxın infraqırmızı zonalarından gələn şüaların bitkilər tərəfindən udulması və əks olunması ilə hesablanır. Bitki örtüyü vegetasiya dövründə nə qədər yaxşı inkişaf edərsə, NDVI dəyəri o qədər yüksək olur (7).

Həmçinin, quşların yuvalama, köçətmə, qidalanma areallarının qorunması barədə məlumat əldə etmək üçün “Birdlife Data Zone” proqramından istifadə ekoloqlara böyük imkanlar açır (8).

Göründüyü kimi, ekoloji problemlərin müəyyənəlməsi və aradan qaldırılmasında texnologiyanın tətbiqinin rolu olduqca böyükdür. Müvafiq texnologiyalar ekoloji fəlakətlərin proqnozlaşdırılmasında, nəticədə isə gələcəkdə gözlənilən fəlakətlərin nəticələrinin minimuma endirilməsi və ya baş vermə səbəblərinin aradan qaldırılmasında faydalı ola bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. ASN, Vol. 9, 2022, No 2, p. 63–86
2. Allan, B. M., D. G. Nimmo et al.. Futurecasting ecological research: the rise of technoecology // *Ecosphere* 9(5):e02163, 2018, 10.1002/ecs2.2163
3. UNFCCC, Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1997, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
4. “Space Intelligence” rəsmi saytı, 05.05.2024-cü il tarixində əldə olunub
5. Collalti et al. *3D-CMCC-FEM (Coupled Model Carbon Cycle) BioGeoChemical and Biophysical Forest Ecosystem Model*. Technical Report/ ISAFOM-CNR, Perugia, 2023
6. Victoria Masterson, 9 ways AI is helping tackle climate change, 2024. [World Economic Forum](https://www.weforum.org/),
7. Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P. et al. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing // *J. For. Res.* 2021, 32, 1–6., <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
8. Waliczky Z, Fishpool LDC, Butchart SHM, et al. Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs): their impact on conservation policy, advocacy and action // *Bird Conservation International* 2019, 29(2):199-215. doi:10.1017/S0959270918000175