

# نقش DNA محیطی در زیست شناسی حفاظت و تنوع زیستی

هانیه فلاح<sup>۱</sup>

۱. مقطع کارشناسی رشته مهندسی محیط زیست

hnie1381fallah@gmail.com

## چکیده

کاهش تنوع زیستی به دلیل ردپایی که انسان در محیط زیست اطراف خود بر جای می‌گذارد، یکی از مشکلات مهم قرن ۲۱ است. تلاش‌هایی در راستای حفاظت و کاهش انقراض تنوع زیستی با جمع‌آوری داده‌های به‌دست‌آمده از پایش زیستی انجام شده است؛ یعنی به دست آوردن داده‌های دقیق در مورد اندازه جمعیت و توزیع گونه در یک مقیاس اکولوژیکی و زمانی. در گذشته، پایش گونه‌ها با شناسایی مورفولوژیکی گونه و شمردن تعداد افراد گونه انجام می‌شد؛ اما این روش دارای نقایصی همچون نزدیکی ظاهری گونه‌ها بود که تعداد واقعی گونه‌ها را مشخص نمی‌کرد، همچنین تکنیک‌های سنتی هم می‌تواند برای محیط زیست مخرب باشند. یک روش جایگزین، به دست آوردن نمونه‌های مختلف از گونه‌ها، اجتماعات و جمعیت‌ها با به دست آوردن DNA از نمونه‌های محیطی است. در واقع با پیشرفت علم متوجه شده ایم که DNA موجودات زنده بر اثر برهم‌کنش آن‌ها با محیط، از خود موادی به‌جای می‌گذارند که پایدار مانده و می‌توان آن‌ها را نمونه‌گیری کرده، سپس به استخراج و آنالیز پرداخت. از eDNA نیز برای بررسی تنوع زیستی گذشته و برای حفاظت از جانوران استفاده می‌شود.

**کلمات کلیدی:** DNA محیطی، زیست‌شناسی حفاظت، تنوع زیستی

شناسایی و پردازش نمونه‌ها و گونه‌هایی را نشان می‌دهد که در محیط با استفاده از eDNA شناسایی شده‌اند (Thomsen & Willerslev, ۲۰۱۵).



### کاربردها، دستاوردها و محدودیت های eDNA:

eDNA در زیست‌شناسی حفاظت، دیرینه‌شناسی و بوم‌شناسی می‌تواند استفاده شود. گونه‌ها را می‌توان با استفاده از روش "کدگذاری eDNA" (eDNA Metabarcoding)<sup>۱</sup> شناسایی کرد. از مزیت‌های این روش این است که در آن می‌توان چندین گونه را به‌طور هم‌زمان شناسایی کرد؛ در صورتی که در روش‌های دیگر مانند روش "PCR کمی" تنها یک گونه در یک بازه زمانی قابل شناسایی است (Thomsen & Willerslev, ۲۰۱۵). در واقع eDNA روشی ساده‌تر برای نمونه‌برداری است که می‌تواند در اکثر شرایط آب‌وهوایی انجام شود (Whittington, ۲۰۱۵). استفاده از eDNA غیرمخرب است و هیچ آسیبی به گونه یا زیستگاه آن وارد نمی‌کند.

گاهی اوقات شناسایی فیزیکی بعضی گونه‌های نادر و یا ریز و گریزانی که تشخیص آن‌ها در عرصه غیرممکن است را می‌توان با استفاده از eDNA شناسایی کرد. در جنوب شرقی لیبریا، تیم FFI (Fauna & Flora International) از eDNA برای یافتن اسب آبی کوتوله (Choeropsis liberiensis) استفاده کردند.

این گونه به سختی با دوربین‌های تله ای شناسایی می‌شود، زیرا آن‌ها شبگرد و منفرد هستند، بنابراین

۱. eDNA Metabarcoding یا کدگذاری eDNA یک روش جدید برای ارزیابی تنوع زیستی است که در آن نمونه‌هایی از محیط از طریق آب، رسوب یا هوایی که DNA از آن می‌تواند استخراج شود، گرفته می‌شود و سپس با استفاده از پرایمرهای عمومی و تخصصی در واکنش زنجیره‌ای پلیمرز تکثیر می‌شود و میلیون‌ها نسخه از آن را می‌توان تولید کرد. FFI با سازمان خیریه بین‌المللی حفاظت از طبیعت، سازمان غیردولتی است که به حفاظت از حیات وحش و زیستگاه‌های در معرض تهدید سیاره اختصاص دارد.

### مقدمه

در طول تاریخ، تغییرات طبیعی در محیط گاهی منجر به انقراض گیاهان و جانوران شده است. با این حال، اختلالات ایجاد شده توسط انسان، نرخ انقراض طبیعی را افزایش داده و جمعیت گیاهان و حیوانات را در سراسر جهان روبه کاهش برده است. امروزه، موضوع حائز اهمیت تلاش‌هایی است که در راستای حفاظت از تنوع زیستی در سیاره ما انجام می‌شود (Thomsen & Willerslev, ۲۰۱۵).

نظارت بر توزیع گونه‌ها و اندازه جمعیت‌ها، یکی از مواردی است که در حفاظت از تنوع زیستی، مؤثر واقع می‌شود.

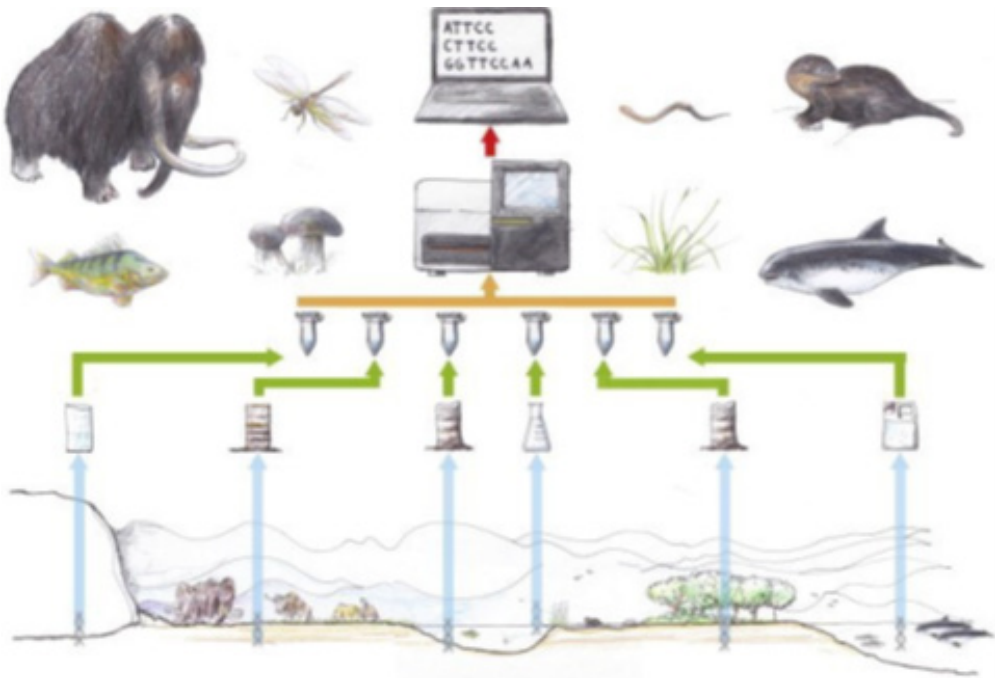
تکنیک‌های پایش سنتی برای بررسی غنا و فراوانی گونه‌ها به شناسایی فیزیکی متکی است که این روش‌ها خود معایبی دارند، مثل تشخیص اشتباه در اثر شناسایی فیزیکی، همچنین ممکن است در اثر برخورد فیزیکی با موجودات تهاجمی مستعد خطاهای انسانی هستند. برخی از این روش‌ها تشخیص گونه‌های کوچک و چابک را غیرممکن می‌کنند.

روش نوظهوری که می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی شود، DNA محیطی (eDNA یا environmental DNA) است. این روش به‌طور فزاینده‌ای در شناسایی و کنترل و پایش گونه‌ها در زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها استفاده می‌شود. از مزایای eDNA می‌توان به کارآمدی بیشتر، کم‌تهاجم‌تر و مقرون به‌صرفه‌تر بودن آن اشاره کرد (Ruppert, et al, ۲۰۱۹).

### DNA محیطی (eDNA) چیست؟

به نمونه‌های DNA ای که از آب، خاک، برف یا هوا می‌توان استخراج کرد، بدون اینکه مشخصاً ارگانیسم خاصی شناسایی شود، DNA محیطی (eDNA) می‌گویند (سیمور، ۲۰۱۹).

برای شناسایی گونه‌ها به کمک این روش، نمونه جمع‌آوری شده را نگهداری، استخراج، تقویت، توالی‌یابی، طبقه‌بندی و در آخر شناسایی می‌کنیم. نمونه‌های DNA را می‌توان از منابعی همچون ادرار، لاشه، پوست، خون، مخاط، مدفوع، بزاق، ریشه‌ها، میوه‌ها و گرده‌ها استخراج کرد؛ که در برخی موارد میکروارگانیسم‌ها به‌طور کامل جمع‌آوری می‌شوند (Ruppert, et al, ۲۰۱۹). منابع به‌جای‌مانده، بسته به توانایی حفاظت محیط از آن منبع می‌توانند از چند روز تا هزار سال در محیط باقی بمانند. برای مثال، نمونه‌های موجود در آب سریع‌تر از نمونه‌های موجود در رسوبات یا لایه منجمد دائمی تجزیه می‌شوند (Whittington, ۲۰۱۵). شکل ۱، گردش کاری از



**شکل ۱: شناسایی گونه‌ها با استفاده از دی‌ان‌ای محیطی**  
**Identification of species using eDNA**

eDNA یک راه حل مقرون به صرفه تلقی می‌شود. این روش همچنین تشخیص زودهنگام گونه‌های مهاجم را تسهیل می‌کند؛ به علاوه، eDNA محققان را قادر می‌سازد تا گونه‌هایی را که تراکم پایینی، به علت در معرض خطر بودن یا تصور اشتباهی در خصوص انقراض آن‌ها وجود دارد را شناسایی کنند (Ruppert, et al, ۲۰۱۹). به یقین با دانستن مکان زندگی گونه، راحت‌تر می‌توان برنامه‌های حفاظتی برای آن را پیاده‌سازی کرد.

eDNA به عنوان شاخص زیستی (bioindicator) نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با شناسایی گونه‌های شاخصی مانند مگس‌های Mayflies (شکل ۲)، گل‌سنگ‌ها، جغد خال‌دار شمالی می‌توان به وضعیت سلامت اکوسیستم پی برد. برای مثال، نمونه‌برداری eDNA از گونه‌های حشرات کوچک در سوئیس، برای تعیین شرایط سلامت چشمه‌های آلپ محافظت شده استفاده شده است. فناوری eDNA فرصت‌های تحقیقاتی بسیاری را در سطح جهانی فراهم

eDNA تنها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مکمل برای روش‌های سنتی موجود در تشخیص گونه‌ها استفاده شود. علیرغم محدودیت‌های آن که می‌توان به خطر آلودگی یا خطاهای توالی، تجزیه‌پذیری سریع آن در بعضی محیط‌ها، کمبود اطلاعات دقیق از DNA یافت‌شده و.. اشاره کرد. eDNA دارای نقاط قوتی است که باید مورد تحسین قرار گیرد چراکه این روش سریع، کارآمد و غیرتهاجمی است. یکی از کاربردهای گسترده این روش در شناسایی موجوداتی است که به‌عنوان شاخص زیستی با آن‌ها آشنا شدیم. این روش اطلاعات ارزشمندی را در مورد بسیاری از گونه‌ها، الگوهای رفتاری آن‌ها و نحوه تعامل آن‌ها با محیط خود در اختیار محققان قرار داده است که در نهایت با استفاده از این اطلاعات می‌توانیم جمعیت‌ها و گونه‌های در معرض خطر را شناسایی و کنترل کرده و سپس برنامه‌های مدیریتی معینی را برای آن‌ها تدارک ببینیم.

### منابع

David S. Pilliod, Caren S. Goldberg, Matthew B. Laramie, and Lisette P. Waits (2012). Application of Environmental DNA for Inventory and Monitoring of Aquatic Species.  
<https://wildlabs.net/article/exploring-potential-edna-conservation-tool>  
<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/environmental-dna-edna>  
 Lynsey R. Harper a b, Lori Lawson Handley a, Angus I. Carpenter c, Muhammad Ghazali d, Cristina Di Muri a, Callum J. Macgregor e, Thomas W. Logan a, Alan Law f, Thomas Breithaupt a, Daniel S. Read g, Allan D. McDevitt h, Bernd Hänfling a (2019). Environmental DNA (eDNA) metabarcoding of pond water as a tool to survey conservation and management priority mammals.  
 Merryln Mpofu (2019). eDNA: How it is helping Biodiversity Conservation.  
 Nishitsuji, K., et al. (2023). An environmental DNA metabarcoding survey reveals generic-level occurrence of scleractinian corals at reef slopes of Okinawa Island. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.  
 Philip Francis Thomsen, Eske Willerslev (2015). Environmental DNA - An emerging tool in conservation for monitoring.

کرده است. برای مثال در جنگل‌های بارانی شرقی استرالیا، eDNA محققان در تلاشند تا از شناسایی گیاهان، حیوانات، قارچ‌ها، باکتری‌ها و گونه‌های باستانی توسط نمونه‌های خاک، برای کشف الگوهای جغرافیایی زیستی (توزیع موجودات در فضا و زمان) استفاده کنند (باغ گیاه‌شناسی سلطنتی سیدنی، ۲۰۱۹).

در طرف دیگر جهان، در گرینلند، دانشمندان در تلاش‌اند تا با استفاده از سمپل‌های تهیه‌شده از یخ‌های قطبی به اکوسیستم‌های دیرینه زمین پی ببرند. (هاولی، ۲۰۱۸).

یکی از مهم‌ترین نقش‌های eDNA در پایش و حفظ اکوسیستم‌های صخره‌های مرجانی است. همان‌طور که می‌دانیم صخره‌های مرجانی، زیستگاه حساس و حیاتی برای بسیاری از گونه‌های جانوری است که با توجه به تغییرات آب‌وهوایی بسیار در معرض تهدید قرار دارند. eDNA به‌طور بالقوه می‌تواند ابزار مفیدی در حفظ این اکوسیستم‌های مرجانی منحصربه‌فرد باشد (دانشگاه هاوایی در مونوآ، ۲۰۱۹). در واقع فناوری eDNA با شناسایی گونه‌های متفاوت مرجان‌های صخره‌ساز در این اکوسیستم‌ها می‌تواند نقش بسزایی در این زمینه ایفا کند.

با این حال، eDNA همچنین دارای برخی کمبودها مانند خطر آلودگی یا خطاهای توالی است که ممکن است نتایج مثبت کاذب و نتایج منفی کاذب ایجاد کند. با eDNA، تشخیص اینکه آیا گونه شناسایی‌شده در زمان دفع نمونه مرده یا زنده بوده است یا اینکه چند مدت پیش گونه در آن محیط بوده است، غیرممکن است. به‌عنوان مثال، eDNA را می‌توان برای چندین دهه (یا بیشتر) در خاک حفظ کرد، بنابراین تشخیص اینکه یک موجود زنده اخیراً در محیط بوده یا سال‌ها پیش بوده است، دشوار است (Whittington، ۲۰۱۵). eDNA به‌سرعت تجزیه می‌شود، به‌ویژه در محیط‌های آبی و زمانی که در معرض عوامل محیطی مانند نور، گرما، اکسیژن، میکروب‌ها و آنزیم‌ها قرار گیرد. اگر رشته‌های DNA تخریب شوند، نمی‌توان از آن به‌عنوان یک اثر ژنتیکی منحصربه‌فرد استفاده کرد؛ چراکه بسیار کوتاه شده و قابل شناسایی نخواهد بود (Fishbio، ۲۰۱۵)؛ از این‌رو جمع‌آوری نمونه‌ها در برخی از محیط‌ها به زمان محدود می‌شود. باید در نظر گرفت که eDNA تنها در صورتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که ساختار آن DNA از قبل در منابع علمی و معتبر موجود باشد.

### نتیجه‌گیری

eDNA ابزار بسیار ارزشمندی برای شناسایی و پایش گونه‌ها برای حفاظت است. با این حال، در این مرحله