

# سیستم نفتی

## Petroleum System

### Petroleum System

ترجمه: ارسلان زینل زاده

#### مقدمه

برای شروع کارهای اکتشاف و تولید در یک منطقه، حوضه‌های رسوبی، سیستم‌ها و تله‌های نفتی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. مطالعات مدل‌سازی ژئوشیمی آلی نیز مبنای شناخت سیستم نفتی یک ناحیه محسوب می‌شود. شناخت یک حوضه نفتی، بدون مدل‌سازی ژئوشیمی امکان پذیر نیست. بنابراین شرکت‌های نفتی قبل از هر اقدام اکتشافی، به مطالعه منطقه مور نظر با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ژئوشیمی می‌پردازند.

امروزه کلیه مطالعات ژئوشیمی به مدل‌سازی ختم می‌شود. در ایران واحد ژئوشیمی پژوهشگاه صنعت نفت عمده مطالعات ژئوشیمی را انجام می‌دهد که به‌روز کردن این مطالعات اجتناب‌ناپذیر است. بیشتر پروژه‌هایی که در چند سال اخیر در واحد ژئوشیمی انجام شده در زمینه مطالعات مدل‌سازی بوده است. نرم‌افزارهای Winbury(1D) و Genex(1D) اکنون در واحد مذکور در دسترس است. این نرم‌افزارها، یک بعدی (1D) هستند و پژوهشگاه صنعت نفت با توجه به نیاز پروژه‌ها، خرید نرم‌افزارهای دوبعدی (2D) و سه‌بعدی (3D) را در برنامه خود دارد. تنوری‌های جدید مرتب گسترش می‌یابند و در اکتشاف نفت و گاز استفاده می‌شوند. ایده‌ها و مفاهیم قدیمی نیز همواره مورد تجدید نظر قرار می‌گیرند.

مفهوم سیستم نفتی، یکی از مواردی است که دلایل مختلفی برای تجدید نظر، گسترش، تعریف و فورموله کردن آن وجود دارد. اولاً، توانایی در معرفی یک سیستم نفتی وابسته به استفاده از تکنیک‌های ژئوشیمی است که بعضی از این تکنیک‌ها تنها در ۲۰ تا ۲۵ سال اخیر به صورت گسترده استفاده شده است. این تکنیک‌ها برای مشخص کردن رخساره‌های آلی و مناطقی که هیدروکربن یافت می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از تکنیک‌های ژئوشیمی برای تطابق نفت-نفت و سنگ منشاء، استفاده می‌شود. ثانیاً، سیستم نفتی روشی برای طبقه‌بندی اطلاعات است که منجر به تحقیقات مفیدتر برای اکتشاف می‌شود. با تعریف جدید از مفهوم سیستم نفتی، نقش آن در آنالیز حوضه و اهداف روشن شده است.

#### سطوح تحقیقات هیدروکربن

برای درک بهتر فرایند نفت‌زایی و چگونگی حضور هیدروکربن در برخی مناطق، مطالعات مختلفی صورت می‌گیرد که از سطوح مستقل بررسی و تحقیق برخوردارند شامل: بررسی حوضه‌های رسوبی، سیستم‌های نفتی، بررسی سری تله‌های نفتی (Play) و مطالعه prospect ها، که تله‌های امروزی را به صورت مجزا توصیف می‌کند. در تحقیق حوضه رسوبی، سکانس چینه‌شناسی و الگوی ساختاری سنگ‌های رسوبی مورد توجه قرار می‌گیرد. در مطالعات سیستم نفتی، ارتباط زایشی

#### تحقیق حوضه رسوبی

حوضه رسوبی یک گودی پر شده از سنگ‌های رسوبی است. این گودی از حرکات تکتونیکی به وجود می‌آید و بستر آن پی سنگ است. پی سنگ حوضه رسوبی می‌تواند از سنگ‌های آذرین، دگرگونی یا رسوبی تشکیل شده باشد. حوضه عمدتاً شامل سنگ‌های رسوبی، مواد آلی و نهشته‌های آب در این گودی است. آنالیز حوضه رسوبی از راه‌های مختلف انجام می‌شود. سازندها و محتوی تشکیل دهنده حوضه مورد بررسی قرار می‌گیرد و مطالعات ساختمانی و

بین قسمت فعال سنگ منشاء و تجمعات نفت و گاز بررسی می‌شود. تحقیق "play" شباهت‌های زمین‌شناسی زمان حال سری‌های تله‌های نفتی را بررسی و مطالعه prospect ها تله‌های امروزی را به صورت مجزا توصیف می‌کند. سیستم نفتی به معنای یک سیستم طبیعی و دربرگیرنده قسمتی از سنگ منشاء است که در حال نفت‌زایی است و یا قبلاً نفت‌زایی داشته است. نفت و گاز مرتبط با این قسمت از سنگ منشاء، عناصر زمین‌شناسی و فرایندهای ضروری تشکیل هیدروکربن نیز در آن قرار دارد.

چینه‌شناسی در مطالعه حوضه رسوبی از جمله این بررسی‌ها هستند. چینه‌شناسی لرزه‌ای و چینه‌شناسی سکانسی از تکنیک‌های جدید هستند. برای نمونه، چینه‌شناسی سکانسی برای درک گسترش ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها کاربرد دارد که زمین‌شناسی نفت می‌تواند برای نقشه‌برداری از ماسه‌سنگ و رخساره آلی شیل‌ها از آن استفاده کند. آنالیز حوضه رسوبی شامل تمام پدیده‌های تشکیل و پرشدن حوضه تا زمان زایش نفت است و از زمان زایش نفت مطالعه سیستم نفتی پدیده‌ها را بررسی می‌کند.

نوع حوضه رسوبی شامل تمام پدیده‌ها و مراحل تشکیل و پرشدن حوضه تا زمان زایش نفت است و از زمان زایش نفت مطالعه سیستم نفتی پدیده‌ها را بررسی می‌کند.

ژئوشیمی نفت همراه با آنالیز حوضه رسوبی وضعیت حوضه‌های شناخته‌نشده را روشن‌تر می‌کند و حدس‌هایی را که در مورد وجود هیدروکربن زده می‌شود به حقیقت نزدیک‌تر می‌نماید.

### تحقیق سیستم نفتی

همچنان‌که سنگ رسوبی نشان‌دهنده حوضه رسوبی است، وجود هیدروکربن نشان‌دهنده سیستم نفتی است. حتی اگر مقدار آن یک قطره نفت یا تجمع کوچکی از گاز (مقادیر کم اما با خلوص بالا) باشد.

یک سیستم نفتی در برگیرنده قسمت فعال سنگ منشاء و تمام گاز و نفت‌های مرتبط با این سنگ منشاء و در برگیرنده عناصر ضروری و فرایندهای مورد نیاز برای وجود تجمعات نفت و گاز است، عناصری همچون سنگ منشاء، سنگ مخزن، سنگ پوشش و بار سنگ (Overburden Rock).

سنگ منشاء، غنی از ماده آلی و سنگ مخزن، سنگی است که نفت و گاز در آن تجمع یافته و سنگ پوشش، سنگی است که نفت و گاز نتواند از آن عبور کند. بار سنگ مجموعه

سنگ‌های روی سنگ منشاء است که موجب رسیدن سنگ منشاء به دمای نفت‌زایی می‌گردد. تمام این عناصر ضروری باید در زمان و موقعیتی مناسب باشند تا فرایندهای نفت‌زایی، مهاجرت و تجمع نفت، منجر به تشکیل تجمعات نفتی گردد.

برای آنالیز یک تجمع نفتی نقطه شروع یک تله نفتی است. برای play و آنالیز، حوضه، موقعیت تکنونیک و سنگ‌های رسوبی است. نقطه شروع برای تحقیق یک سیستم نفتی، پیداشدن یک تجمع نفتی بدون توجه به اندازه آن است. بعد از تعریف سیستم، تعیین چینه‌شناسی، جغرافیا و گسترش زمانی سیستم نفتی انجام می‌پذیرد.

### بررسی تله‌های نفتی

بعد از مطالعه حوضه رسوبی و سیستم نفتی، سطوح باقیمانده شامل آنالیز تله‌های نفتی به صورت سری (play) و به صورت منفرد (prospect) است. prospect ابتدا توسط زمین‌شناسان به یک ساختار یا پدیده چینه‌شناسی اطلاق شد که قابل نقشه‌برداری و حفاری باشد. یک سری از تله‌های نفتی که با هم مرتبط هستند، یک play را تشکیل می‌دهند. در حقیقت prospect تله نفتی بالقوه‌ای است که بایستی مقدار هیدروکربن آن از لحاظ اقتصادی یا غیراقتصادی بودن، ارزیابی شود و این که آیا با ابزارها و تکنولوژی‌های امروزی قابل اکتشاف هستند یا خیر؟ استفاده از ژئوشیمی کمی نفت همراه با ارزیابی منفرد و سری‌های مرتبط با تله‌های نفتی، اطلاعات مهمی برای آنالیزهای اقتصادی فراهم می‌کند. تحقیق در مورد تله‌های نفتی شامل مطالعه وجود سنگ مخزن، سنگ پوشش، تله نفتی، تشکیل نفت و زمان شکل‌گیری این پدیده‌ها است. برای مثال اگر سنگ مخزن یک لایه ماسه‌سنگ باشد گسترش و کیفیت این لایه با استفاده از نمونه‌های رخنمون‌ها و چاه‌ها

بررسی می‌شود و با استفاده از اطلاعات لرزه‌ای به منطقه تعمیم داده می‌شود. وجود این لایه در قالب مفاهیم مختلف مانند ضخامت، بررسی می‌شود. میدان‌های نفت و گاز کشف شده و دیگر مقادیر غیراقتصادی که دارای ارتباط زایشی هستند، در قالب یک سیستم نفتی بررسی می‌شوند. نحوه مهاجرت نفت و تغذیه تجمعات نفتی در قالب بررسی تله‌های نفتی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

تحقیق وجود هیدروکربن، از حوضه رسوبی تا بررسی تله‌های نفتی همراه با افزایش هزینه در واحد سطح را شامل می‌شود. تحقیق حوضه رسوبی نیازمند اطلاعات با تراکم کم در یک منطقه بزرگ است مانند: خطوط لرزه‌ای با فاصله زیاد، تعداد اندک چاه‌های اکتشافی در موقعیت‌های مناسب و نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس کوچک. در مقابل، تحقیق تله‌های نفتی نیازمند اطلاعاتی با تراکم بالا برای یک ناحیه کوچک است، مانند خطوط لرزه‌ای نزدیک به هم در یک نقشه بزرگ مقیاس.

هر سطح تحقیق اصطلاح خاص دارد، مانند آنالیز حوضه (Basin analysis) در بررسی یک حوضه رسوبی و اصطلاح مدل‌سازی حوضه (Basin modeling) در مدلینگ. تفاوت میان آنالیز و مدلینگ این است که در آنالیز آیت‌هایی که وجود دارند تشریح می‌شوند تا مشخص شود روابط آنها چگونه است. در حالی که در مدلینگ، آیت‌های فرضی تشریح می‌شوند تا روابطی که باید بین آنها برقرار باشد مشخص گردد. برای مثال مدلینگ تله نفتی برای یافتن محل مناسب حفاری انجام می‌شود؛ در حالی که آنالیز تله نفتی بعد از حفاری برای مشخص شدن علت نبود هیدروکربن انجام می‌گیرد.

## ویژگی‌ها و محدودیت‌های سیستم‌نفتی

برای نشان دادن گسترش جغرافیایی، چینه‌شناسی و زمانی سیستم‌نفتی از جدول‌ها و نقشه‌ها استفاده می‌شود.

۱) تاریخچه تدفین: سن، عناصر ضروری و زمان عطف (Critical moment) را برای محل خاصی از حوضه نشان می‌دهد.

۲) نقشه: گسترش جغرافیایی سیستم‌نفتی در زمان عطف را نشان می‌دهد.

۳) مقطع: برای زمان عطف ترسیم می‌شود و روابط بین عناصر ضروری را نشان می‌دهد.

۴) جدول حوادث سیستم‌نفتی: ارتباط زمانی بین عناصر ضروری و فرایند، زمان حفظ و زمان عطف سیستم را نشان می‌دهد.

زمان عطف (Critical moment) نقطه‌ای از زمان زمین‌شناسی است که عمده نفت‌زایی، مهاجرت و تجمع هیدروکربن در آن زمان رخ داده است که توسط محقق مشخص می‌شود. زمان عطف، مناسب‌ترین

زمان برای نمایش زایش-مهاجرت هیدروکربن و تجمع بیشترین حجم هیدروکربن‌ها در سیستم‌نفتی است. یک نقشه و مقطع در این زمان بهترین نمایش گسترش جغرافیایی و چینه‌شناسی سیستم است. بازسازی تاریخچه تدفین، نشان‌دهنده زمانی است که بیشترین مقدار نفت در سیستم به وجود آمده و در تله اولیه تجمع یافته است (شکل ۱).

گسترش جغرافیایی (Geographic extend):

گستره جغرافیایی یک سیستم‌نفتی در زمان عطف محدود‌ای است که قسمت فعال سنگ‌منشاء و

تمام تجمعات هیدروکربنی کشف‌شده از قبیل چشمه‌های نفتی و دیگر تجمعات حاصل از قسمت فعال سنگ‌منشاء را در برمی‌گیرد. بر روی نقشه زمان عطف، محدوده قسمت فعال سنگ‌منشاء و تمام تجمعات نفت و گاز کشف‌شده نشان داده می‌شود (شکل ۲).

سیستم‌نفتی از دیدگاه چینه‌شناسی شامل واحدهای سنگی و عناصری ضروری است که در یک گستره جغرافیایی قرار می‌گیرد. واحدها و عناصری همچون سنگ‌منشاء، هیدروکربن، سنگ‌مخزن، سنگ پوشش، و بار سنگ در زمان عطف.

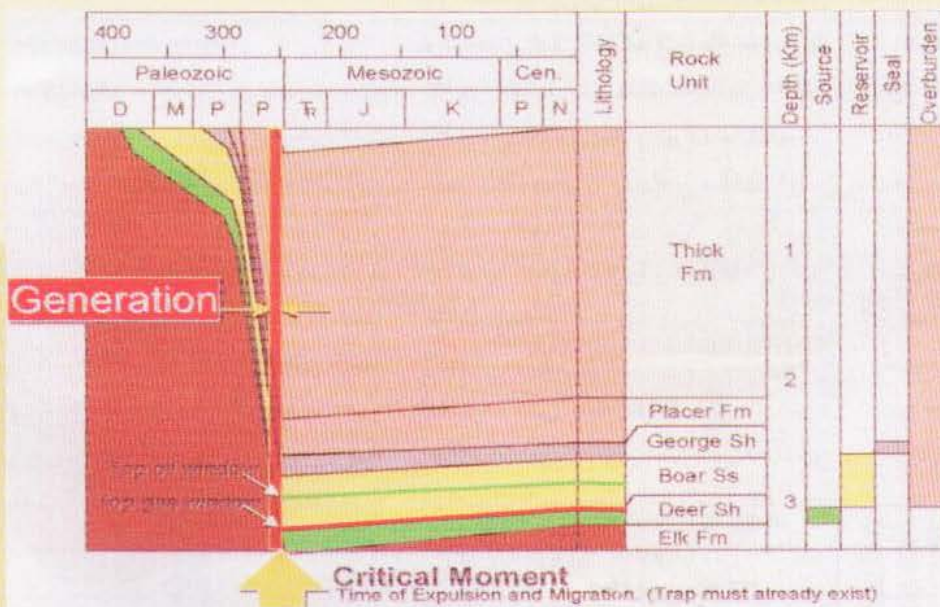
روابط سه دسته سنگ اول مشخص است، اما نقش بار سنگ ظریف‌تر است زیرا علاوه بر نقشه‌ای که در فرایند پختگی سنگ‌منشاء دارد، بر ژئومتری مسیرهای مهاجرت و تله‌های نفتی نیز تأثیر دارد.

یک مقطع ژئومتری عناصر ضروری در زمان تجمع هیدروکربن و گسترش چینه‌ای سیستم را نشان می‌دهد (شکل ۳).

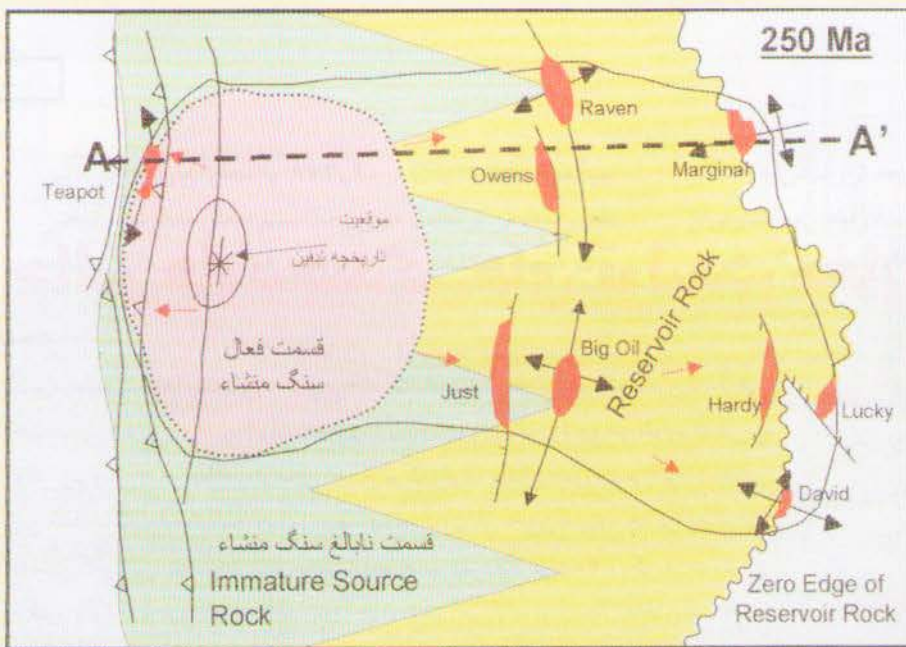
جدول حوادث (Events chart): جدول حوادث سیستم‌نفتی هشت حادثه مختلف را نشان می‌دهد. چهار حادثه اول،

زمان نهشته‌شدن چهار عنصر ضروری را نشان می‌دهد و دو حادثه زمان فرایندهای سیستم‌نفتی را. دو حادثه بعدی زمان حفظ و زمان عطف است.

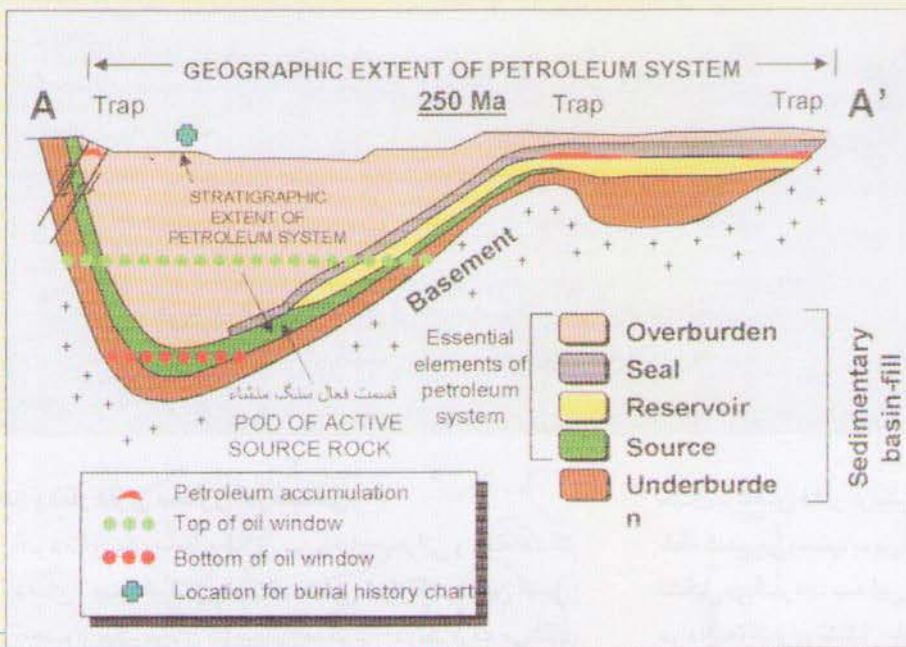
زمان تشکیل تله‌های نفتی یکی از فرایندهای سیستم‌نفتی است که توسط داده‌های ژئوفیزیک و آنالیزهای زمین‌شناسی ساختمانی مشخص می‌شود. حادثه دیگر زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربن یا سن سیستم‌نفتی است که بر اساس چینه‌شناسی و مطالعات ژئوشیمی تاریخچه تدفین مشخص می‌گردد. این دو فرایند نفتی در ادامه به مرحله حفظ ختم می‌شود که بعد از زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربن رخ داده و شامل حفظ (preserved) تغییر و تخریب هیدروکربن است. وقتی زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربن تا زمان حال ادامه داشته باشد، زمان حفظ‌شدگی وجود نخواهد داشت و انتظار می‌رود بیشتر هیدروکربن محفوظ مانده و فقط مقدار کمی هیدروکربن از بین رفته باشد. حادثه آخری که توسط محقق با استفاده از نمودار تاریخچه تدفین مشخص می‌شود، زمان عطف (Critical moment) نام دارد.



(شکل ۱) تاریخچه تدفین، نشان‌دهنده زمان عطف (Critical Moment) (Ma250) و زمان زایش وقت (Ma260 تا 240) از سنگ‌منشاء Deer است. این اطلاعات در جدول حوادث (شکل ۴) آمده است. نوژن (N) در اینجا شامل کوتاه‌تری نیز می‌شود. موقعیت استفاده‌شده برای تاریخچه تدفین در شکل ۲ نشان داده شده است.



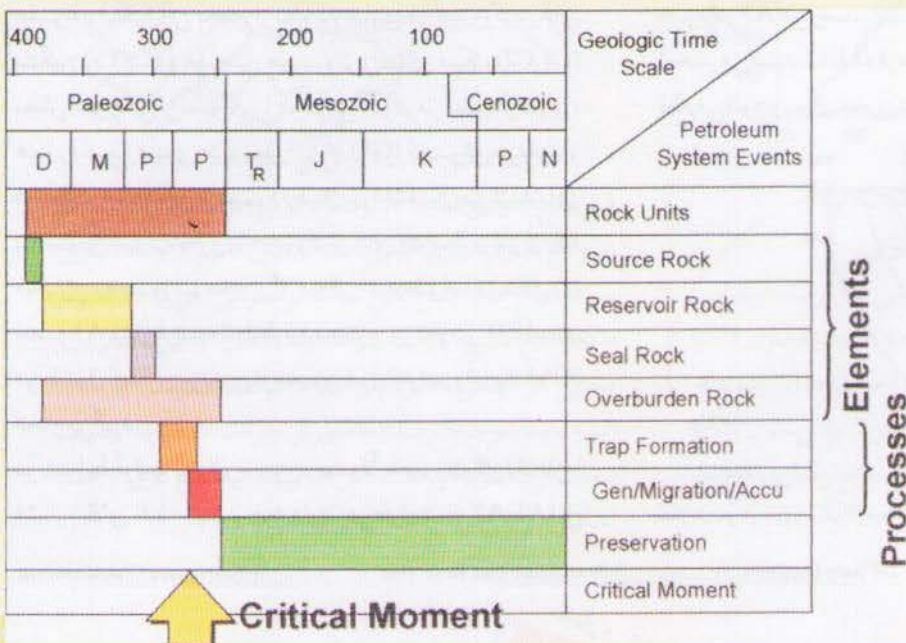
(شکل ۲) نقشه گسترش جغرافیایی سیستم نفتی در زمان عطف (Critical Moment) ۲۵۰ میلیون سال پیش (Ma). سنگ منشاء نابالغ خارج از پنجره نفت زایی است. قسمت فعال سنگ منشاء درون پنجره نفت و گاز زایی قرار می گیرد.



(شکل ۳) مقطع زمین شناسی گسترش سیستم نفتی در زمان عطف ۲۵۰ میلیون سال پیش (MA). سنگ منشاء نابالغ در بالای پنجره نفت زایی و قسمت فعال سنگ منشاء در پایین پنجره نفت زایی قرار دارد.

۱۵

شماره ۱۳ - مرداد ماه



(شکل ۴) جدول حوادث، رابطه بین عناصر ضروری و فرایندها، زمان حفظ و زمان عطف سیستم نفتی را نشان می دهد. توژن (N) در اینجا کواترنری را نیز شامل می شود.