

# ارزیابی لاگ‌های چاه‌پیمایی در شناسایی سکانس‌های رسوبی: مثالی از توالی‌های پرمین - تریاس نواحی خلیج فارس و فارس ساحلی

امیر حسین عنایتی بیدگلی<sup>۱</sup>، حسین رحیم‌پور بناب<sup>۱</sup> و عباسعلی نیک‌اندیش<sup>۲</sup>

۱- دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران

۲- اداره زمین‌شناسی، شرکت نفت مناطق مرکزی ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۲

## چکیده

استفاده از لاگ‌های چاه‌پیمایی، در چاه‌های بدون مغزه، به‌منظور شناسایی عوارض وابسته به طبقات سنگی، همواره مورد بحث زمین‌شناسان بوده است. در این مطالعه، ابتدا براساس داده‌های مغزه‌های حفاری، سکانس‌های رسوبی و سطوح سکانسی موجود در توالی‌های پرمین - تریاس نواحی خلیج فارس و فارس ساحلی، شناسایی شدند. سپس براساس آنالیز موجک لاگ‌های گاما و چگالی، سطوح سکانسی شامل مرز سکانسی و سطح حداکثر سیلابی، شناسایی و با نتایج مطالعات سنگ‌شناسی، مقایسه شد. سطوح سکانسی مشخص شده براساس لاگ گاما، با انواع شناسایی شده براساس رخساره‌های رسوبی، هماهنگی بهتری نسبت به نتایج آنالیز لاگ چگالی دارند. براساس روندهای کاهشی و افزایشی و نقاط چرخش موجود در نمودار پردازش شده (آنالیز موجک) لاگ گاما و چگالی، چندین سطح (هم‌زمان) قابل تطابق در چاه‌ها و میدان‌های مورد مطالعه، شناسایی شدند. علاوه بر لاگ‌های گاما و چگالی، سایر لاگ‌ها مانند صوتی، نوترون، پتاسیم، توریوم، گامای طیفی و مقاومت‌ها نیز، مورد آنالیز موجک قرار گرفت، و مشخص شد که انواع لاگ‌های گاما، پتاسیم، توریوم و نوترون نیز نتایج مشابهی نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** سکانس رسوبی، لاگ چاه‌پیمایی، آنالیز موجک، پرمین - تریاس، سازندهای دالان و کنگان

## مقدمه

نازک مربوط به مغزه‌ها و خرده‌های حفاری و بررسی لاگ‌های چاه‌پیمایی صورت گیرد [۱]. در چاه‌های میادین، به‌دلیل عدم یا مغزه‌گیری ناقص، تنها داده‌های غیر مستقیم و متداوم، لاگ‌های چاه‌پیمایی هستند.

در مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، تفکیک سکانس‌های رسوبی می‌تواند، براساس مجموعه‌ای از داده‌های لرزه‌ای، مشاهده رخنمون<sup>۱</sup> و مطالعه مقاطع

1. Outcrop

\*مسئول مکاتبات  
آدرس الکترونیکی a.h.enayati@ut.ac.ir

این نمودار، نمودار دیگری به نام نمودار تلفیقی پیش‌بینی آنالیز فیلتر خطا یا INPEFA<sup>۴</sup> ساخته می‌شود که در واقع، مجموع میزان خطای بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده است [۲]. نمودار INPEFA روند طیف طول موج‌های کوتاه نمودار مورد آنالیز است که تغییرات میزان آن را به صورت افزایشی یا کاهش‌ی نشان می‌دهد. به‌طور کلی، روندهای مثبت یا افزایشی و روندهای منفی یا کاهش‌ی، به ترتیب به مرزهای سکansı و سطوح حداکثر سیلابی منتهی می‌شوند [۲-۵ و ۶].

### روش کار

#### شناسایی سکانس‌های رسوبی (بر پایه داده‌های مغزه)

مطالعات پتروگرافی بر روی بیش از ۲۲۰۰ مقطع نازک رنگ‌آمیزی شده با محلول آلزاین رد-اس و بیش از هفتصد متر مغزه، نشان می‌دهد که توالی‌های پرمین-تریاس مورد مطالعه، از رخساره‌های مربوط به محیط‌های بالای جزرومدی، تا لاگون وشول و نواحی دور از شول تشکیل شده است؛ تغییرات آنها در ستون چینه‌شناسی، به همراه رخداد‌های دیاژنزی مرتبط با خروج از آب رسوبات (مانند برشی شدن، انحلال و نهشت تبخیری‌ها) منجر به شناسایی چهار سکانس رسوبی بزرگ مقیاس در توالی‌های دهرم بالایی (شامل سازند کنگان و عضو دالان بالایی) شده است، که از بالا به پایین، شامل سکانس‌های KS1، KS2، KS3 و KS4 هستند (شکل‌های ۱ و ۲). مقایسه سکانس‌های شناسایی شده با سکانس‌های معرفی شده در توالی‌های معادل در نواحی مجاور (شکل ۱)، نشان می‌دهد که سکانس‌های شناسایی شده در چاه‌های مورد مطالعه را می‌توان معادل با سکانس‌های رده سوم شناسایی شده توسط سایر محققین (مانند [۷-۱۰]) در نواحی مجاور دانست.

لاگ‌های چاه‌پیمایی مانند لاگ گاما را می‌توان به صورت یک موج مرکب فرض نمود که از تعداد زیادی موجک تشکیل شده‌اند که همان چرخه‌های میلانکوویچ (تغییرات چرخه‌ای آب و هوایی و در نهایت، هوازدگی، فرسایش، حمل و نقل و رسوب‌گذاری) بوده و همراه با یک سری امواج مزاحم<sup>۱</sup>، لاگ را تشکیل می‌دهند [۲ و ۳]. به‌طور کلی در نرم‌افزار سیکلولاگ<sup>۲</sup>، با انجام آنالیز موجک بر روی لاگ‌های چاه‌پیمایی مانند گاما و شناسایی روندهای افزایشی و کاهش‌ی در میزان خطای بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده [۴]، می‌توان عناصر مختلف سکانس‌های رسوبی را مشخص نمود. در این مطالعه، به منظور ارزیابی و مقایسه سکانس‌های رسوبی شناسایی شده بر اساس داده‌های مغزه‌های حفاری و آنالیز موجک لاگ‌های چاه‌پیمایی (به‌ویژه گاما)، سازندهای دالان و کنگان منطقه خلیج فارس و فارس ساحلی، انتخاب شدند. با توجه به محدودیت‌های نگارشی در مورد حجم مقاله، از توضیح کامل رخساره‌های شناسایی شده (جدول ۱)، به عنوان پارامتر اصلی در شناسایی سکانس‌های رسوبی، اجتناب شده و تنها، چارچوب سکانس‌های شناسایی شده، مورد اشاره قرار گرفته است. به‌طور کلی، تنها در دو چاه از چاه‌های مورد مطالعه، مغزه‌گیری نسبتاً کاملی از توالی‌های گروه دهرم بالایی صورت گرفته است. به منظور ارزیابی نتایج و قابلیت کاربرد آنالیز موجک در چاه‌ها و توالی‌های مورد مطالعه، نتایج این آنالیز بر اساس لاگ‌های چگالی و گاما، برای تمامی چاه‌ها، با نتایج سکانس‌های تعیین شده بر اساس مطالعات مغزه، مقایسه شده‌اند.

با توجه به این که معمولاً نمودار گاما کمتر تحت تاثیر دیاژنزی قرار می‌گیرد، از این نمودار بیشتر استفاده می‌شود [۲]. در این نرم‌افزار، ابتدا بر روی نمودار وارد شده، یک سری محاسبات ریاضیاتی (آنالیز موجک)، تحت عنوان پیش‌بینی آنالیز فیلتر خطا یا PEFA<sup>۳</sup> انجام می‌شود. سپس، از روی

1. Noise

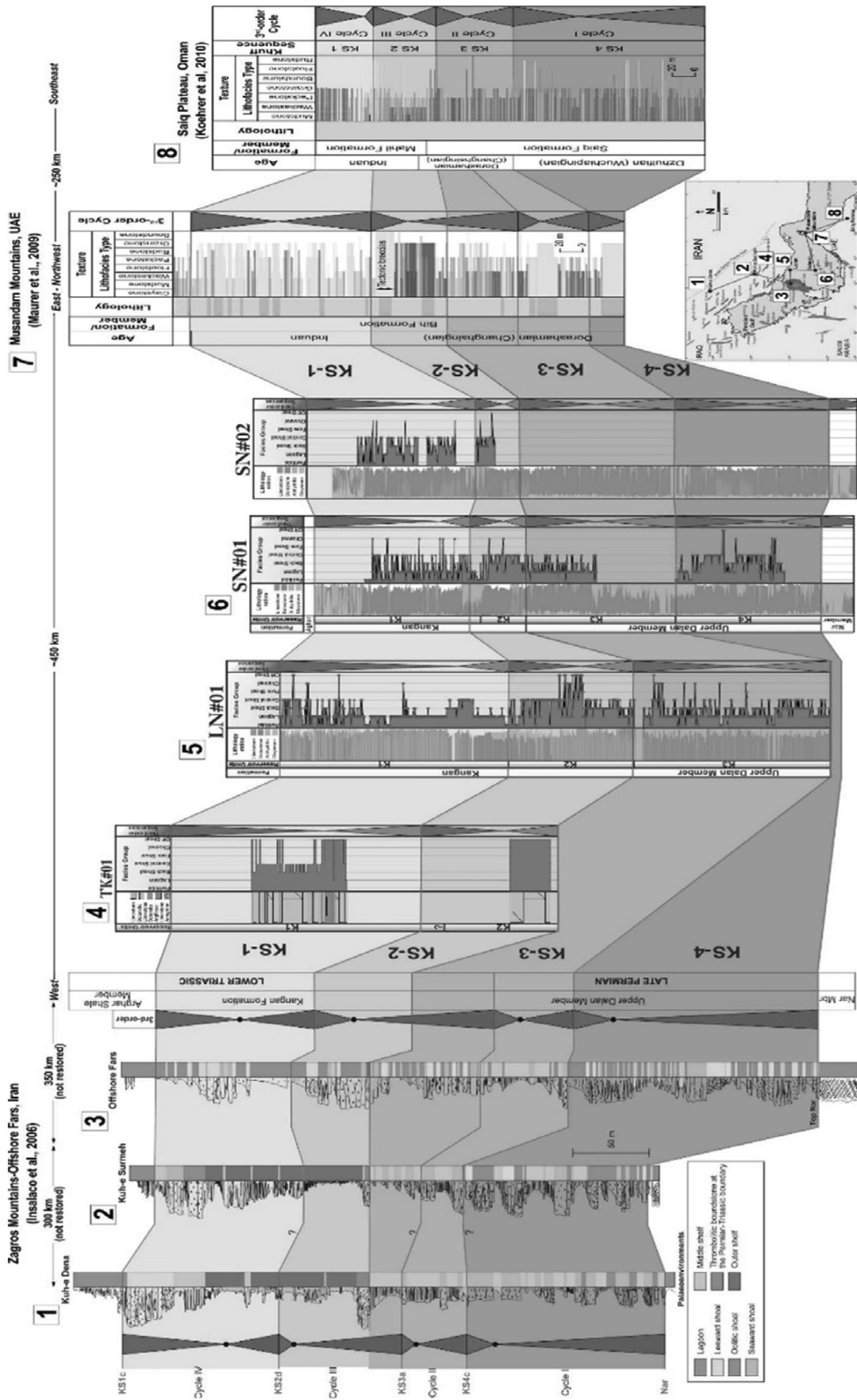
2. Cyclolog

3. Prediction Error Filter Analysis

4. Integrated Prediction Error Filter Analysis

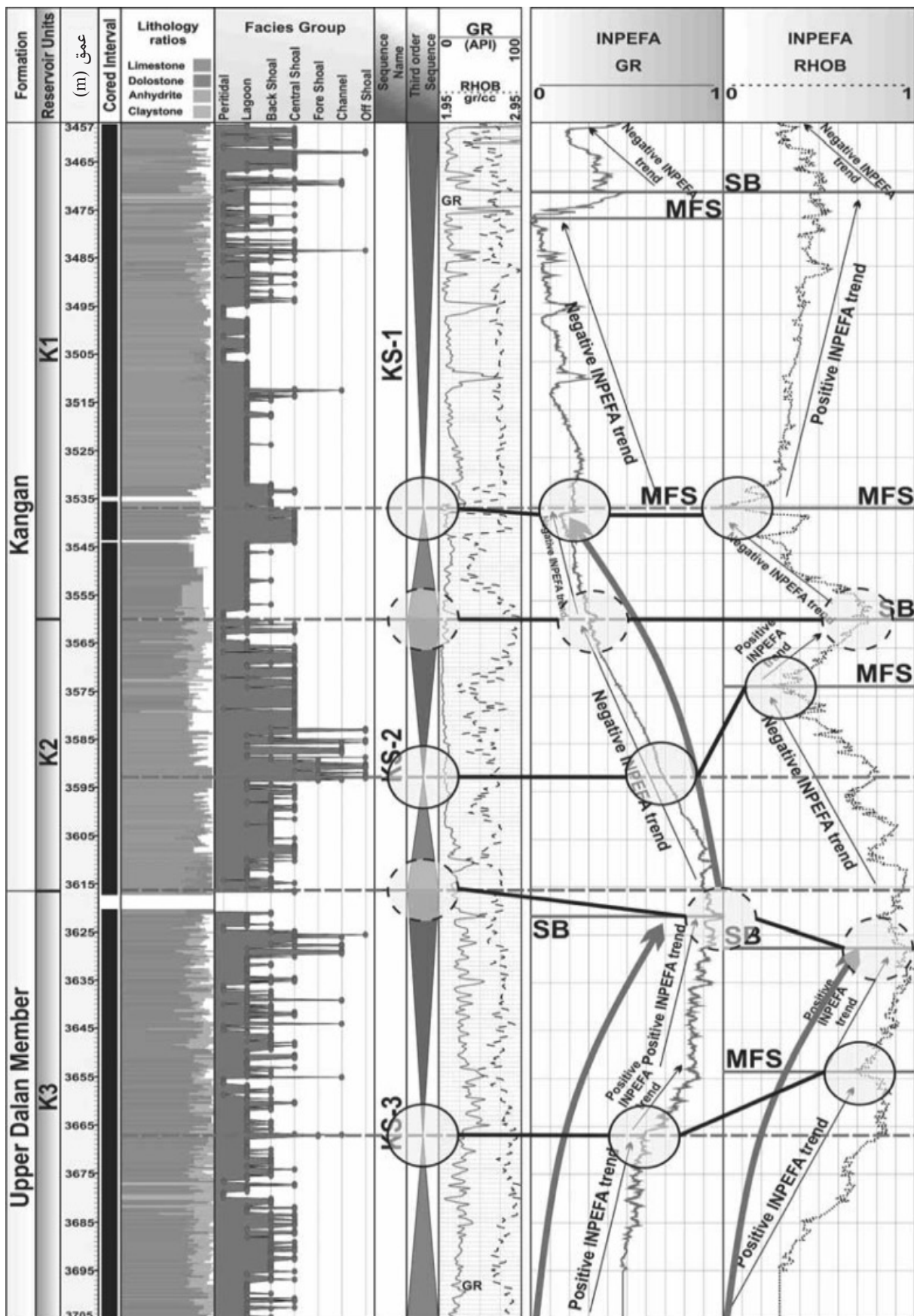
جدول ۱ مشخصات رخساره‌ها و گروه‌های رخساره‌ای شناسایی شده در توالی‌های دالان بالایی- کنگان مورد مطالعه.

شماره رخساره	نام رخساره	سنگ‌شناسی اصلی	اجزای رسوبی مهم		گروه رخساره‌ای	محیط رسوب‌گذاری
			اسکلتی	غیراسکلتی		
۱	انیدریت	انیدریت	—	—	گروه رخساره‌ای ۱	پری‌تایدال
۲	مادستون دولومیتی- آهکی ندولی	دولومیت- آهک	بایوکلست‌های ریز، استراکدا، خرده‌های دوکفه‌ای	—		
۳	مادستون دولومیتی	دولومیت	—	—		
۴	مادستون دولومیتی، آهکی چشم‌پرنده‌ای و برش	دولومیت، آهک	خرده‌های دوکفه‌ای، استراکدا، شکم‌پا، سوزن اسفنج	پلوئید، پلت		
۵	باندستون استروماتولیتی، ترومبولیتی (میکروبیالیت)	آهک، دولومیت، انیدریت	رشته‌های جلبکی، استراکدا، خرده‌های دوکفه‌ای، فرامینفرای کفزی	پلوئید، پلت		
لاگون	گروه رخساره‌ای ۲	۶	مادستون / گرینستون پلتی	دولومیت، آهک، انیدریت	دوکفه‌ای، استراکدا، فرامینفرای کفزی، شکم‌پا، جلبک سبز	پلت، پلوئید
		۷	وکستون / پکستون پلوئیدی، بایوکلستی	دولومیت، آهک، انیدریت	فرامینفرای کفزی، جلبک سبز، استراکدا، دوکفه‌ای، شکم‌پا	پلوئید
		۸	مادستون، شیل	آهک	بایوکلستهای ریز، فرامینفرای کفزی، خرده‌های دوکفه‌ای، استراکدا، سوزن اسفنج	پلوئید، پلت
		۹	مادستون / پکستون بایوکلستی، پلوئیدی	آهک	دوکفه‌ای، فرامینفرای کفزی، جلبک سبز، شکم‌پا، استراکدا	پلوئید، پلت، اینتراکلت
پشت شول	گروه رخساره‌ای ۳	۱۰	گرینستون / پکستون بایوکلستی، اووئیدی، پلوئیدی	آهک، دولومیت	دوکفه‌ای، فرامینفرای کفزی، جلبک سبز، شکم‌پا، خرده‌های خارپوست	پلوئید، اووئید، اووئید میکرایتی شده
		۱۱	گرینستون / پکستون آنکوئیدی، اووئیدی، پلوئیدی، بایوکلستی	آهک، دولومیت	دوکفه‌ای، فرامینفرای کفزی، جلبک سبز، خرده‌های خارپوست، شکم‌پا	پلوئید، اووئید، اووئید میکرایتی شده، آنکوئید، اینتراکلت
هسته شول	گروه رخساره‌ای ۴	۱۲	گرینستون اووئیدی، بایوکلستی	دولومیت، آهک	دوکفه‌ای، جلبک سبز، فرامینفرای کفزی، شکم‌پا	اووئید، اووئید میکرایتی شده، آنکوئید، پلوئید
		۱۳	گرینستون اووئیدی	دولومیت، آهک	—	اووئید
جلو شول	گروه رخساره‌ای ۵	گرینستون / پکستون بایوکلستی (درشت)، پلوئیدی، اووئیدی	آهک	خرده‌های خارپوست، بازوپا و بریزوئر، شکم‌پا، جلبک سبز، دوکفه‌ای، استراکدا، فرامینفرای کفزی	اووئید، پلوئید، اینتراکلت	
کانال	گروه رخساره‌ای ۶	گرینستون / پکستون اووئیدی، پلوئیدی، بایوکلستی، اینتراکلتی	دولومیت، آهک	بایوکلست‌های مختلف مانند خرده‌های خارپوست، بازوپا، بریزوئر و دوکفه‌ای، شکم‌پا، جلبک سبز، دوکفه‌ای، استراکدا، فرامینفرای کفزی، سوزن اسفنج	اینتراکلت، پلوئید، اووئید، اووئید میکرایتی شده، آنکوئید	
دور از شول	گروه رخساره‌ای ۷	مادستون / وکستون بایوکلستی	آهک	خرده‌های خارپوست، بازوپا، بریزوئر و دوکفه‌ای، استراکدا، فرامینفرای کفزی	—	



شکل ۱ تطابق سکانس‌های شناسایی شده در توالی‌های دالان بالایی و کنگان، از زاگرس تا خلیج فارس و کوه‌های عمان [۵-۹].





شکل ۲ سطوح سکansı شناسایی شده توسط آنالیز موجک لاگ‌های گاما و چگالی در چاه لاوان ۱، و مقایسه آنها با سطوح سکansı شناسایی شده براساس مطالعات مغزه.

## سکانس KS1

تریاس) مشخص می‌شود. در برخی مطالعات [۷-۹]، مرز پرمین تریاس به‌عنوان مرز سکانسی در نظر گرفته نشده است. هرچند شواهد در قسمت‌های کم‌عمق‌تر حوضه خوف، نشان دهنده مرز پرمین-تریاس به‌عنوان مرز سکانسی و سطح ناپیوسته است [۱۰]، در چاه‌های مورد مطالعه، این سطح، تنها با ناپدید شدن فونای پرمین و ظهور فونای تریاس، مشخص می‌شود. سطح حداکثر سیلابی این سکانس، با عمیق‌ترین رخساره‌ها (رخساره‌های دور از شول در چاه‌های LN-01 و SN-01) و مشخص شده است. به‌طور کلی، سیستم تراکت پیشرونده این سکانس، از مرز سکانسی (مرز سکانس‌های KS-2 و KS-3) به‌سوی سطح حداکثر سیلابی شامل روند عمیق شونده‌ای در رخساره‌های رسوبی (لاگونی به شولی و دور از شول) است. به‌طوری‌که عمیق‌ترین رخساره‌ها در سطح حداکثر سیلابی دیده می‌شود (شکل ۱). سیستم تراکت تراز بالای این سکانس نیز به‌صورت روند کم‌عمق شونده‌ای در رخساره‌های رسوبی (دور از شول به پری تاییدال) از سطح حداکثر سیلابی به سوی مرز سکانسی (مرز سکانس‌های KS-2 و KS-3) مشخص می‌شود.

## سکانس KS3

تنها در چاه LN-01، این سکانس به‌طور کامل، مغزه‌گیری شده است (شکل‌های ۱ و ۲). در چاه SN-01 نیز تنها سیستم تراکت تراز بالای آن مغزه‌گیری شده است (شکل ۱). این سکانس، به‌عنوان آخرین سکانس از سازند دالان، به مرز پرمین-تریاس ختم می‌شود. تنها در چاه SN-01، مرز پایینی این سکانس با رخساره‌های پری تاییدال مشخص می‌شود. سیستم تراکت پیشرونده این سکانس، از نظر رخساره‌ای، شامل روند عمیق شونده‌ای از رخساره‌های لاگونی به دور از شول و تناوب رخساره‌های لاگونی و شولی است.

این سکانس، آخرین سکانس رسوبی از گروه دهرم و سازند کنگان محسوب می‌شود که در نهایت، به سازند دشتک یا عضو شیلی آغار ختم می‌شود (شکل ۱). در چاه‌های مورد مطالعه، مرز بالایی این سکانس، با آغاز شیلهای آغار و آخرین ظهور رخساره‌های کربناته مشخص می‌شود. مرز پایینی این سکانس نیز با ظهور رخساره‌های پری تاییدال مانند رخساره‌های باندستونی بین جزرومدی (چاه LN-01) و انیدریتی بالای جزرومدی (چاه SN-01) مشخص می‌شود. این در حالی است که در چاه میدان تابناک، این سطح، با یک افق شیلی مشخص می‌گردد. همچنین سطح حداکثر سیلابی<sup>۱</sup> نیز با عمیق‌ترین رخساره‌ها (رخساره‌های شولی در چاه LN-01 و رخساره‌های کانالی در چاه SN-01 و رخساره‌های دور از شول در چاه TK-01) مشخص شده است. به‌طور کلی، سیستم تراکت پیشرونده<sup>۲</sup> این سکانس، از مرز سکانسی (مرز سکانس‌های KS-1 و KS-2) به‌سوی سطح حداکثر سیلابی شامل روند عمیق شونده‌ای در رخساره‌های رسوبی (به‌صورت تغییر از رخساره‌های پری تاییدال به لاگونی و در نهایت، شولی) است. به‌طوری‌که عمیق‌ترین رخساره‌ها در سطح حداکثر سیلابی دیده می‌شود (شکل ۱). سیستم تراکت تراز بالای<sup>۳</sup> این سکانس نیز به‌صورت روند کم‌عمق شونده‌ای در رخساره‌های رسوبی (تناوب رخساره‌های پری تاییدال، لاگونی و شولی) و افزایش مقدار لاگ چگالی از سطح حداکثر سیلابی به سوی مرز سکانسی (مرز سکانس‌های KS-1 و شیلهای آغار) مشخص می‌شود.

## سکانس KS2

مرز بالایی این سکانس (مرز سکانس‌های KS-1 و KS-2) با رخساره‌های پری تاییدال مانند رخساره‌های باندستونی بین جزرومدی (چاه LN-01) و انیدریتی بالای جزرومدی (چاه SN-01) مشخص می‌شود (شکل ۱). مرز پایینی این سکانس با مرز پرمین-تریاس (انقراض فونای پرمین و ظهور فونای

1. Maximum Flooding Surface (MFS)  
2. Transgressive Systems Tract (TST)  
3. Highstand Systems Tracts (HST)

علاوه‌بر مسئله انطباق، در شناسایی سطوح و به تبع آن، عناصر سکانس‌های رسوب‌گذاری، نقاط چرخش و روندهای منتهی به آنها، نقش کلیدی دارند که بر حسب وضعیت زمین‌شناسی و نوع توالی مورد مطالعه، نقاط چرخش مثبت و منفی می‌توانند به‌ترتیب، نشان‌دهنده سطح حداکثر سیلابی و مرز سکانسی یا بالعکس، باشند [۲].

در چاه‌های مورد مطالعه (به‌عنوان مثال شکل ۲)، ابتدا با ترسیم نمودارهای INPEFA برای لاگ‌های گاما و چگالی، سطوح سکانسی شناسایی شده براساس داده‌های مغزه، با نقاط چرخش و روندهای موجود در نمودار، مقایسه گردید و مشخص شد که معمولاً، نقاط چرخش منفی یا حداکثر منفی شدگی نمودار INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، با سطح حداکثر سیلابی مطابقت داشته (دایره‌های ممتد در شکل ۲) و نقاط چرخش مثبت، یا حداکثر مثبت شدگی نمودار INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، با مرز سکانسی (دایره‌های منقطع در شکل ۲) مطابقت دارند. با توجه به شکل‌ها، معمولاً بین نقاط چرخش مثبت یا منفی موجود در نمودار INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، اختلافی دیده می‌شود. همچنین، به‌طور کلی، نتایج نمودار INPEFA لاگ گاما همخوانی خوبی با داده‌های رخساره‌ای و مغزه‌ای دارند که احتمالاً ناشی از تأثیرپذیری کمتر محتوای رادیواکتیو توالی‌های مورد مطالعه، نسبت به فرآیندهای دیاژنزی است. با توجه به اینکه در توالی‌های دالان و کنگان، تغییرات لاگ چگالی به‌شدت تحت تأثیر تغییرات حجم انیدریت (فاز چگال) بوده و این‌کانی نیز در فرآیندهای مختلف دیاژنزی، حضور فعال داشته است، در برخی موارد، ناهمخوانی زیادی بین سطوح سکانسی شناسایی شده و نمودار INPEFA لاگ چگالی، دیده می‌شود (شکل ۲).

سیستم تراکت تراز بالا با تناوب رخساره‌های لاگونی و شولی مشخص می‌شود.

#### سکانس KS4

این سکانس، تنها در چاه‌های SN-01 و SN-02 حفاری شده است و فقط در چاه SN-01 مغزه‌گیری شده است. مرز پایینی این سکانس با اتمام انیدریت‌های نار، مشخص می‌شود (شکل ۱). سیستم تراکت پیش‌رونده این سکانس با حالت عمیق شونده در رخساره‌های رسوبی مشخص می‌شود. در چاه SN-01 سطح حداکثر سیلابی، با رخساره‌های کانالی مشخص شده است. سیستم تراکت تراز بالای این سکانس که تنها در چاه SN-01 مغزه‌گیری شده است، با تغییر از رخساره‌های عمیق به کم عمق (کانالی به پری تایدال و تناوب رخساره‌های لاگونی و شولی) مشخص می‌شود.

#### شناسایی سکانس‌های رسوبی (بر پایه داده‌های لاگ)

به‌طور کلی در فرآیند آنالیز موجک نرم‌افزار سیکلولاگ، برای هر لاگ، نموداری تحت عنوان نمودار فیلتر آنالیز پیش‌بینی خطای یکپارچه یا INPEFA ساخته می‌شود (شکل ۲). اساس این نمودار، آنالیز موجک لاگ گامای یک اینتروال مشخص است. سپس براساس نتایج به‌دست آمده، روند نمودار، در مرحله بعد پیش‌بینی می‌شود. در این روش، میزان خطای بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده مشخص شده و روند آنها به‌صورت یک نمودار نشان داده می‌شود. معمولاً در نمودار حاصله، با حرکت به‌سوی بالای چاه، روندهایی به‌صورت افزایشی در مقادیر INPEFA (حرکت به‌سمت راست) یا روند مثبت (PB) <sup>۱</sup> و کاهش در مقادیر INPEFA (حرکت به سمت چپ) یا روند منفی (NB) <sup>۲</sup> دیده می‌شود (شکل ۲). نقاطی که حول آنها، روند نمودار تغییر می‌کند را نقاط چرخش <sup>۳</sup> می‌گویند که بر حسب اینکه، روند مثبت به منفی یا منفی به مثبت تبدیل شود، به‌ترتیب، نقطه چرخش منفی یا مثبت نامیده می‌شوند. در برقراری انطباق بین چاه‌ها، این نقاط، اهمیت زیادی دارند [۴].

1. Positive Break/Trend  
2. Negative Break/Trend  
3. Turning Point

در چاه‌های مورد مطالعه، وضعیت نمودار INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، در مقایسه با سکانس‌های شناسایی شده عبارتست از:

### چاه لاوان ۱

به‌طور کلی، نمودارهای INPEFA مربوط به لاگ‌های گاما و چگالی، روندهای کاهش و افزایشی مشابهی نشان می‌دهند (شکل ۲). به جز سطح حداکثر سیلابی سکانس KS-2 که در نمودار INPEFA لاگ گاما مشخص نشده و در نمودار INPEFA لاگ چگالی، با اختلاف زیاد مشخص شده است، کما بیش سایر سطوح سکانشی با روندهای منفی و مثبت نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، تایید می‌شود (شکل ۲). ولی نمودار INPEFA لاگ گاما، همخوانی بهتری نشان می‌دهد. به احتمال زیاد، این امر ناشی از وجود فاز دیاژنزی فعال و چگال انیدریت است که معمولاً مخلوطی از انواع اولیه و ثانویه بوده و پاسخ لاگ چگالی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین، همخوانی بالای نتایج INPEFA گاما با سکانس‌ها، نیز موید این موضوع است که لاگ‌های گاما کم‌تر تحت تاثیر تغییرات دیاژنزی قرار می‌گیرند.

### چاه سلمان ۱

به‌طور کلی، تنها نیمه بالایی (سازند کنگان) نمودارهای INPEFA مربوط به لاگ‌های گاما و چگالی، روندهای کاهش و افزایشی مشابهی نشان می‌دهند (شکل‌های ۳ و ۴). در این چاه نیز متعاقب سطوح سکانشی شناسایی شده، در نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی، نیز تغییرات تایید کننده‌ای دیده می‌شود. به‌طور کلی، سطوح سکانشی سازند کنگان، با نمودار INPEFA لاگ چگالی مشخص می‌شوند، در صورتی‌که روندهای موجود در نمودار INPEFA لاگ گاما سازند دالان، با سطوح سکانشی، هماهنگی بیشتری دارند (شکل ۳). در این چاه، نسبت به چاه لاوان، ناهماهنگی‌های کم‌تری در بین تغییرات نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی با سطوح سکانشی، دیده می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴). خصوصاً اینکه در چاه سلمان ۱، مرز پرمین-تریاس

به‌خوبی با هر دو نمودار INPEFA مشخص می‌شود.

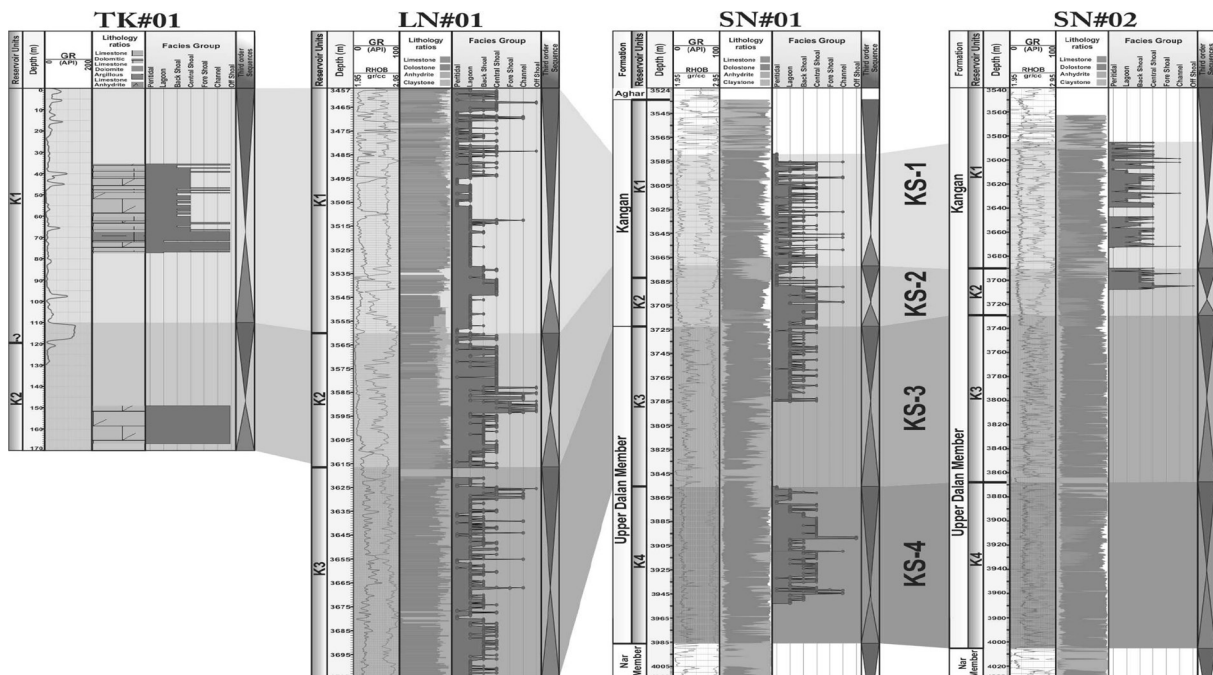
### چاه سلمان ۲

نکته مهم در مورد این چاه این است که تنها از توالی‌های کنگان، مغزه‌گیری به عمل آمده و سکانس‌های مربوط به بخش‌های مغزه‌گیری نشده، براساس مقایسه پاسخ لاگ‌های لاگ‌های گاما و چگالی در چاه سلمان ۱، مشخص شده است (شکل‌های ۳ و ۴). همانند چاه سلمان ۱، در این چاه نیز، نیمه بالایی (سازند کنگان) نمودارهای INPEFA مربوط به لاگ‌های گاما و چگالی، روندهای کاهش و افزایشی مشابهی نشان می‌دهند و سطوح سکانشی سازند کنگان، با نمودار INPEFA لاگ چگالی مشخص می‌شوند، در صورتی‌که روندهای موجود در نمودار INPEFA لاگ گاما سازند دالان، با سطوح سکانشی، هماهنگی بیش‌تری داشته و پاسخ نمودار INPEFA لاگ چگالی ناهماهنگی زیادی نشان می‌دهد (شکل‌های ۳ و ۴).

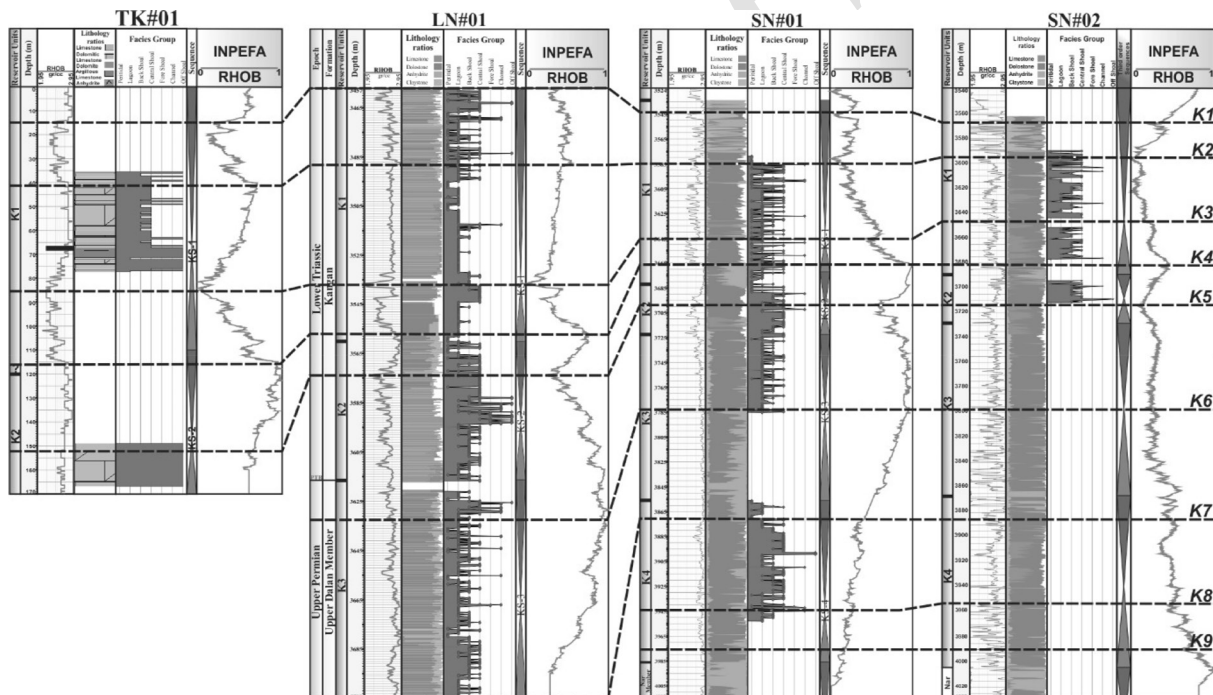
### چاه تابناک ۱

در میدان تابناک (فارس ساحلی) نیز بخش‌هایی از سازند کنگان مغزه‌گیری شده است که تقریباً شامل بخش میانی واحد K1 و بخش پایینی واحد K2 است. در این توالی‌ها نیز مانند چاه‌های میدانی سلمان و لاوان، دو سکانس رسوبی شناسایی شده است (شکل ۱). به‌طور کلی، نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی روندهای مثبت و منفی مشابهی نشان می‌دهند ولی اختلاف‌هایی نیز دیده می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴). نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی با سطوح سکانشی، هماهنگی داشته، هرچند این وضعیت در مورد INPEFA لاگ گاما، مشهودتر است که عکس وضعیت مشاهده شده در چاه‌های میدان سلمان است (شکل‌های ۳ و ۴). گذشته از کاربرد نتایج نرم‌افزار، در شناسایی سکانس‌های رسوبی، نقاط چرخش موجود در نمودار INPEFA نیز ابزار مناسبی در تطابق بین چاهی هستند.





شکل ۳ تطابق نقاط چرخش نمودارهای INPEFA لاگ‌های گامای چاه‌های مورد مطالعه، که منجر به شناسایی سطوح K1 تا K9 شده است.



شکل ۴ تطابق نقاط چرخش نمودارهای INPEFA لاگ‌های چگالی چاه‌های مورد مطالعه، که منجر به شناسایی سطوح K1 تا K9 شده است.

داده شده برحسب نقاط چرخش نمودار INPEFA لاگ گاما و انواع مطابقت داده شده براساس نقاط چرخش نمودار INPEFA لاگ چگالی، نشان می‌دهد که تنها در برخی از قسمت‌ها (مانند سطوح K5 و K7 در چاه لاوان)، اختلاف بارزی بین جایگاه سطوح شناسایی شده براساس نقاط چرخش موجود در نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی وجود دارد.

در شکل‌های ۳ و ۴، به ترتیب، نقاط چرخش موجود در نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی چاه‌های مورد مطالعه، تطابق داده شده‌اند که منجر به شناسایی پنج سطح (K1 تا K5) در سازند کنگان و چهار سطح (K6 تا K9) در قسمت بالایی سازند دالان شده است (شکل‌های ۳ و ۴). مقایسه سطوح تطابق

به پایین، شامل سکانس‌های KS1، KS2، KS3 و KS4 هستند. همچنین، به منظور شناسایی سکانس‌های رسوبی در چاه‌های بدون مغزه، از روش آنالیز موجک به کمک نرم‌افزار سیکلولاگ استفاده شد. به این ترتیب که در چاه‌های دارای مغزه، که سکانس‌های رسوبی آنها پیش‌تر و براساس داده‌های مغزه‌ای شناسایی شده بودند، نتایج حاصل از تحلیل لاگ‌های گاما و چگالی و سکانس‌های شناسایی شده، با سکانس‌های واقعی مطابقت داده شده و مشخص گردید که روش آنالیز موجک، قابل کاربرد در شناسایی سطوح مختلف سکانسی مانند مرزهای سکانسی و سطح حداکثر سیلابی، و به تبع آن، سایر قسمت‌های سکانس‌های رسوبی توالی‌های پرمین-تریاس هستند. خصوصاً سکانس‌های شناسایی شده براساس لاگ گاما در مقایسه با انواع تعیین شده براساس لاگ چگالی، از درجه هماهنگی بالاتری با انواع تعیین شده براساس داده‌های مغزه‌ای بودند. زیرا لاگ چگالی بیشتر تحت تاثیر فازهای چگال و دیاژنزی مانند دولومیت و انیدریت هستند. همچنین، از نمودار تحلیل شده این لاگ‌ها نیز در شناسایی سطوح قابل انطباق در بین چاه‌های مورد مطالعه نیز می‌توان استفاده نمود که اختلاف بین انواع شناسایی شده براساس لاگ‌های گاما و چگالی، جز در مواردی، چندان بارز نیست. نتایج آنالیز لاگ‌های پتاسیم، توریوم و نوترون در روش آنالیز موجک نیز نتایج یکسانی با نتایج لاگ‌های گاما و چگالی، نشان می‌دهند. بنابراین، علاوه بر لاگ‌های گاما و چگالی، از لاگ‌های پتاسیم، توریوم و نوترون نیز می‌توان در شناسایی سکانس‌های رسوبی، در این روش استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

از شرکت‌های نفت مناطق مرکزی ایران و نفت فلات قاره ایران به‌دلیل فراهم آوری داده‌های مورد نیاز در این مقاله، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

به‌طور کلی، هماهنگی خوبی بین نتایج، وجود دارد، هر چند نتایج لاگ گاما از اعتبار بیش‌تری برخوردار است (شکل ۵).

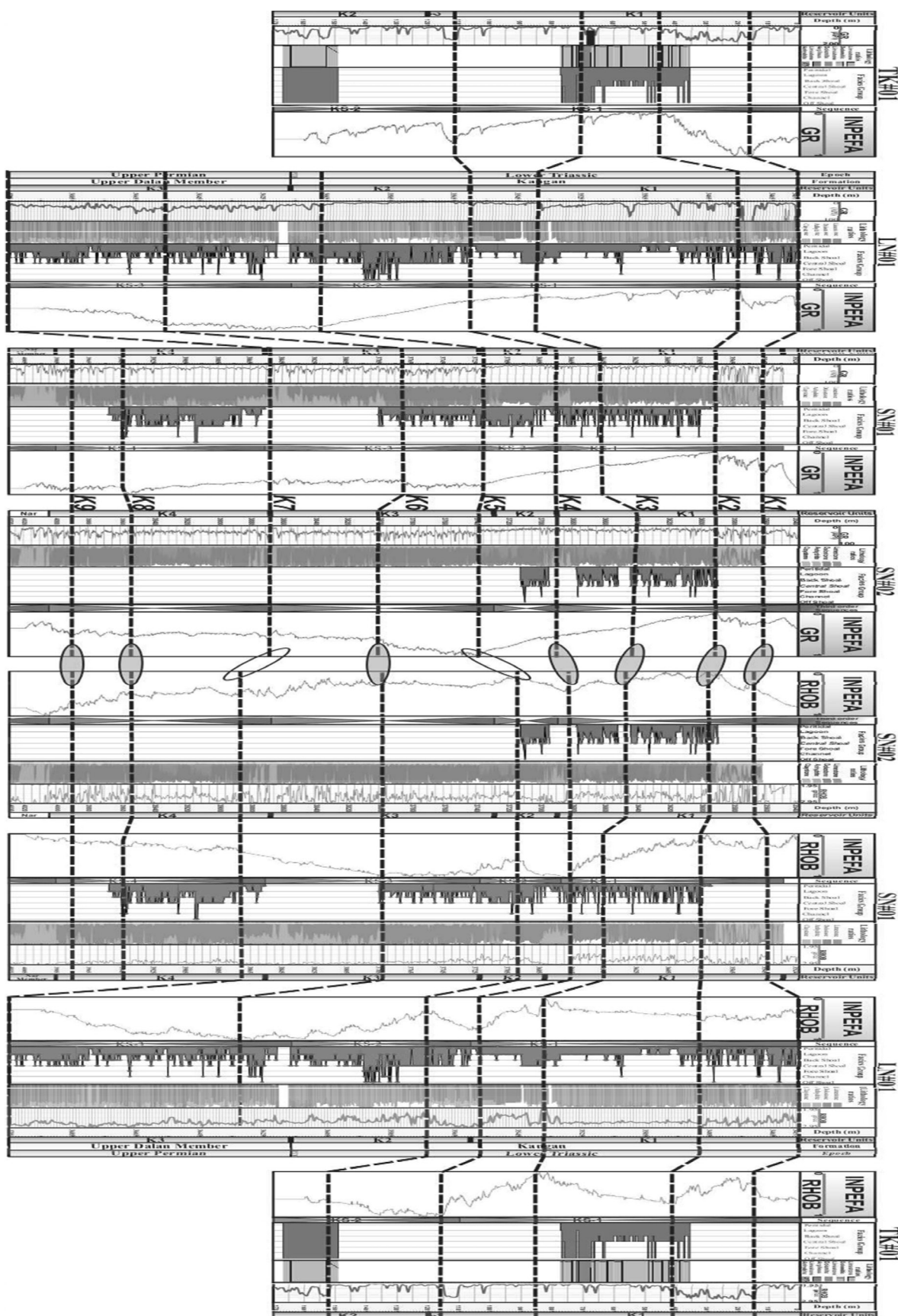
### بررسی لاگ‌های چاه‌پیمایی مرسوم در نرم‌افزار سیکلولاگ

علاوه‌بر لاگ گاما که تاکید اصلی، بر آنالیز موجک آن است. در این مطالعه، کاربرد لاگ چگالی نیز به نتایج نسبتاً مطلوبی انجامید. در این بخش نیز علاوه‌بر این لاگ‌ها، مجموعه‌ای از لاگ‌های پتاسیم، توریوم، گامای تصحیح شده، صوتی، نوترون و مقاومت‌ها (MSFL, LLS, LLD) چاه تابناک ۱ نیز مورد آنالیز موجک، قرار گرفت (شکل ۶).

در این چاه، خروجی INPEFA لاگ‌های پتاسیم، توریوم و گامای تصحیح شده، دقیقاً مشابه لاگ گاما (SGR)، است که با سطوح سکانسی شناسایی شده نیز هماهنگ هستند (شکل ۶). تغییرات و روندهای نمودارهای INPEFA لاگ‌های صوتی و نوترون نیز هماهنگ با نمودارهای INPEFA لاگ‌های پتاسیم، توریوم و گامای تصحیح شده بوده و سطوح سکانسی شناسایی شده را به خوبی نشان می‌دهند (شکل ۶). به هر حال، نمودارهای INPEFA لاگ‌های مقاومت (MSFL, LLS, LLD) نیز، در محل سطوح سکانسی، تغییرات محسوس را نشان می‌دهند ولی روند تغییرات با نمودارهای مربوط به لاگ‌های پتاسیم، توریوم، گاماها، صوتی و نوترون، معکوس است (شکل ۶).

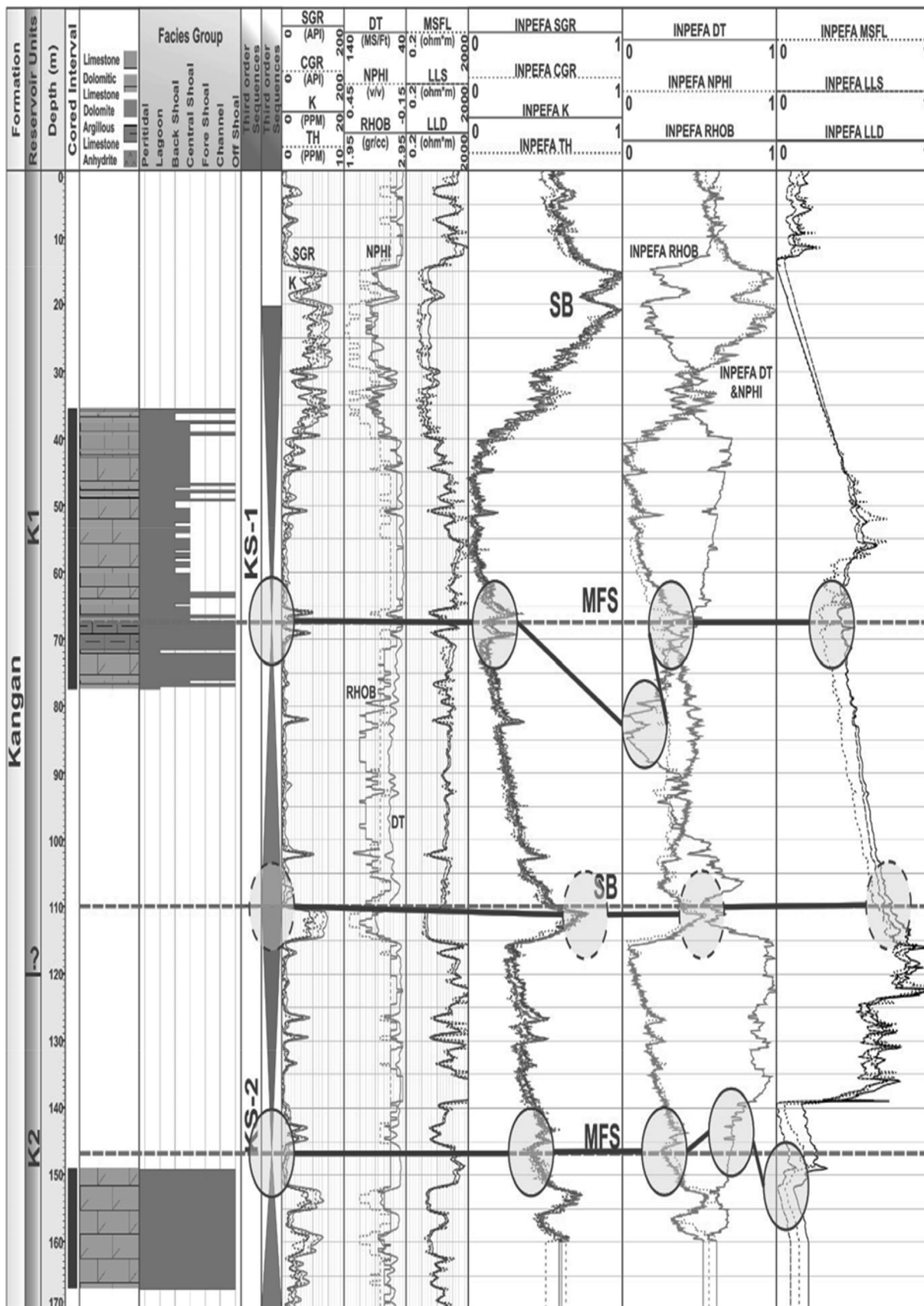
### نتیجه‌گیری

مطالعات پتروگرافی بر روی نمونه‌های مغزه توالی‌های پرمین-تریاس نواحی خلیج فارس و فارس ساحلی، منجر به شناسایی رخساره‌های مربوط به محیط‌های بالای جزرومدی، تا لاگون و شول و نواحی دور از شول شده است؛ تغییرات آنها در ستون چینه‌شناسی، منجر به شناسایی چهار سکانس رسوبی بزرگ مقیاس شده است، که از بالا



شکل ۵ مقایسه سطوح نه گانه شناسایی شده براساس نقاط چرخش نمودارهای INPEFA لاگ‌های گاما و چگالی.





شکل ۶ سطوح سکansı شناسایی شده توسط آنالیز موجک لاگ‌های گاما، پتاسیم، تورنوم، صوتی، نوترون، چگالی و مقاومت در چاه تابناک ۱، و مقایسه آنها با سطوح سکansı شناسایی شده براساس مطالعات مغزه.

## مراجع

- [1]. Catuneanu O., "Principles of sequence stratigraphy", (First Edition) Elsevier, Amsterdam. pp. 375, 2006.
- [2]. De Jong M. G. G., Smith D. G., Nio S. D. and Hardy N., "Subsurface correlation of the Triassic of the UK southern Central Graben: new look at an old problem", ENRES Technical Paper Series, First Break, Vol. 24, pp. 104-109, 2006.
- [3]. Gilbert G. K., "Sedimentary measurement of cretaceous time", Journal of Geology, Vol. 3, pp. 121-127, 1895.
- [4]. "Cyclog Version 2010C User Guide," Enres International Company, 2010.
- [5]. Nio S. D., Brouwer J. H., Smith D. G., De Jong M. G. G. and Böhm A. R., "Spectral trend attribute analysis: applications in the stratigraphic analysis of wireline logs", First Break, Vol. 23, No. 4, pp. 71-75, 2005.
- [6]. De Jong M. G. G., Nio S. D., Smith D. G. and Böhm A. R., "Subsurface correlation in the Upper Carboniferous (Westphalian) of the Anglo-Dutch Basin using the climate stratigraphic approach", First Break, Vol. 25, No. 12, pp. 49-59, 2007.
- [7]. Insalaco E., Virgone A., Courme B., Gaillot J., Kamali M., Moallemi A., Lotfpour M. and Monibi S., "Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: Depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture", GeoArabia, Vol. 11, pp. 75-176, 2006.
- [8]. Maurer F., Martini R., Rettori R., Hillgärtner H. and Cirilli S., "The geology of Khuff outcrop analogues in the Musandam Peninsula, United Arab Emirates and Oman", GeoArabia, Vol. 14, pp. 125-158, 2009.
- [9]. Koehrer B., Aigner T., Forke H. and Pöppelreiter M., "Middle to upper Khuff (Sequences KS1 to KS4) outcrop-equivalents in the Oman Mountains: Grainstone architecture on a subregional scale", GeoArabia, Vol. 17, No. 4, pp. 59-104, 2012.
- [10]. Vaslet D., Le Nindre Y. M., Vachard D., Broutin J., Crasquin S., Berthelin M., Gaillot J., Halawani M. and Al-Husseini M., "The Permian-Triassic Khuff Formation of Central Saudi Arabia," GeoArabia, Vol. 10, pp. 77-134, 2005.