

## تعیین هندسه ساختاری سازند آسماری و بررسی روند تغییرات آن در حوضه رسوبی زاگرس با استفاده از روش مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو

الهام اسدی‌مهماندوستی<sup>۱</sup>، سیدعلی معلمی<sup>۲</sup>، جهانبخش دانشیان<sup>۳</sup> و سمیه لشگری<sup>۴\*</sup>

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران

۲- مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران

۴- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران

نویسنده مسئول: S.lashgari00@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۹۸/۱۲/۱۳ پذیرش: ۹۹/۲/۱۴

### چکیده

سازند آسماری به عنوان یکی از مهم‌ترین مخازن نفتی، توالی ضخیمی از سنگ‌های کربناته - تخریبی با سن الیگوس - میوسن در جنوب غربی ایران می‌باشد. در این مطالعه به منظور تعیین هندسه ساختاری این سازند از روش مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو استفاده شده است. بر این اساس ۸ میدان نفتی شامل یادآوران، آزادگان، جفیر، سوسنگرد، خرمشهر، دارخوین، امید و منصوری در حوضه رسوبی زاگرس انتخاب شده است. از نرم‌افزار *Dionisos Flow* برای تعیین هندسه ساختاری حوضه رسوبی سازند آسماری در میدان‌های مورد مطالعه استفاده شد. چاه‌های مورد مطالعه در هر یک از این میدان‌ها از ۳ تا ۵ سکانس رسوبی تشکیل شده‌اند. شناسایی سکانس‌های تشکیل دهنده چاه‌ها در واحد زمان به عنوان مبنای کار قرار گرفته است. نتایج داده‌های چینه‌شناسی سکانس، داده‌های لاگ گاما و مطالعات محیط‌رسوبی از مهم‌ترین شاخص‌های ورودی به نرم‌افزار جهت مدل‌سازی می‌باشد. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ساختار هندسی حوضه رسوبی سازند آسماری در میدان‌های مورد مطالعه تحت کنترل شاخص‌هایی هم‌چون عمق دیرینه، فرآیندهای تکتونیکی (بالاآمدگی و پایین افتادگی کف حوضه)، تغییرات جهانی سطح آب دریا و میزان فضای لازم برای تجمع رسوبات بوده است. ساختار هندسی حوضه رسوبی سازند آسماری در طی الیگوس - میوسن در نواحی مورد مطالعه دارای ساختار هندسی پیش‌رونده با ماهیت پلکانی و تجمعی به سمت حوضه پیش‌بینی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: سازند آسماری، فرونشست، ساختار هندسی، نرم‌افزار دایناسوز، مدل‌سازی، زاگرس

### ۱- پیشگفتار

نمونه سازند آسماری در تنگ گل‌تُرش کوه آسماری به ضخامت ۳۱۴ متر از سنگ‌های آهکی مقاوم کرم تا قهوه‌ای رنگ با درزه‌های فراوان و بین لایه‌های شیلی تشکیل شده است. این سازند در برش‌های کامل به دو بخش عضو ماسه‌سنگی اهواز در نواحی جنوبی فروافتادگی دزفول و عضو تبخیری کلهر در جنوب‌غرب لرستان تقسیم می‌شود (مطیعی، ۱۳۷۲). با توجه به اهمیت مخزنی سازند آسماری تاکنون مطالعات گوناگونی از نظر ویژگی‌های مختلف زمین‌شناسی بر روی این سازند صورت پذیرفته است (به عنوان نمونه رحیم‌پوریناب و همکاران، ۱۳۹۷؛ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸؛ طاهری و همکاران، ۲۰۱۷؛ فرشی و همکاران، ۲۰۱۹؛ قره‌چلو و همکاران، ۲۰۲۰). اما تاکنون مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو بر روی حوضه رسوبی سازند آسماری در زمان

حوضه زاگرس به سبب ذخایر هیدروکربنی قابل توجه و فعالیت تکتونیکی بسیار جوان، از دیرباز مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است (بهرودی و تالپوت، ۲۰۰۳؛ علوی، ۲۰۰۴؛ اسدی‌مهماندوستی و همکاران، ۲۰۱۳؛ وزیری‌مقدم و کلنات، ۲۰۱۹). در این میان رسوبات پلاتفرم کربناته‌ای که سازند آسماری را تشکیل می‌دهند، شامل تعدادی از بزرگ‌ترین مخازن نفتی در دنیا بوده و به همین علت از اهمیت خاصی برخوردار است (آقانباتی، ۱۳۸۵). این سازند از سنگ‌آهک فسیل‌دار، سنگ‌آهک دولومیتی، سنگ‌آهک رسی، ماسه‌سنگ و شیل تشکیل شده است (جیمز و واینند، ۱۹۶۵) که به طور هم‌شیب روی رسوبات سازند پابده و در زیر رسوبات تبخیری سازند گچساران قرار دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۸). برش

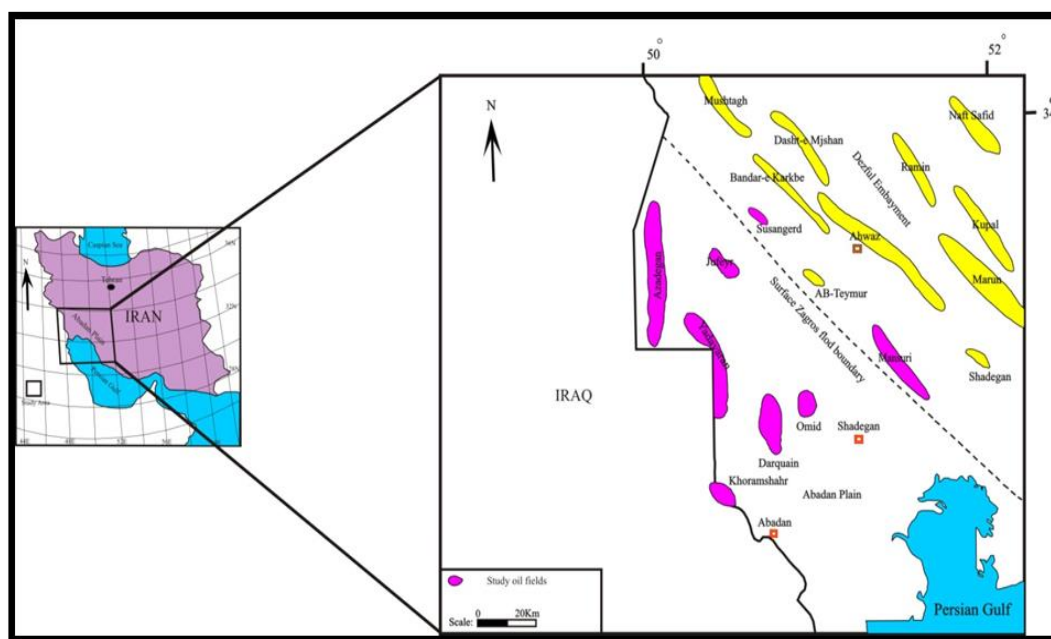
فعالیت‌های اکتشافی در حوضه رسوبی به دست خواهد داد (پلرین و همکاران، ۲۰۱۸).

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

در این مطالعه سازند آسماری در ۸ میدان نفتی شامل یادآوران (شامل چاه‌های کوشک *a* و حسینیه *a*)، امید، جفیر، سوسنگرد، خرمشهر، منصوری، دارخوین و آزادگان واقع در منطقه زاگرس جهت مطالعه انتخاب شده است. موقعیت میدان‌های مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است. این میدان‌ها از نظر تکتونیکی در فروافتادگی دزفول و عمدتاً دشت آبادان قرار گرفته‌اند (علوی، ۲۰۰۴). دشت آبادان در انتهای جنوب‌غربی زاگرس چین‌خورده با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی مرزهای این ناحیه از شمال و شمال‌شرق به چین‌های زاگرس و از جنوب به خلیج‌فارس و عربستان منتهی می‌شود. از مهم‌ترین تاقدیس‌های این منطقه، کوشک، آزادگان، حسینیه، جفیر، دارخوین و امید را می‌توان نام برد (مطیعی، ۱۳۷۴). نواحی دشت آبادان و فروافتادگی دزفول براساس تفاوت در روند ساختمان‌ها از یکدیگر تفکیک می‌گردند. مرز بین این دو ناحیه با تاقدیس‌های ملایمی که روند شمال‌غربی- جنوب‌شرقی دارند مشخص می‌گردد.

ته‌نشست صورت نپذیرفته است. مدل‌سازی چین‌های حوضه‌های رسوبی یکی از شاخه‌های مدل‌سازی حوضه رسوبی است که در پاسخ دادن به بیش‌تر سوالات و ابهامات زمین‌شناسان نفت موثر است. *Dionisos Flow* یک نرم‌افزار مدل‌سازی چین‌شناسی رو به جلو است<sup>۱</sup> که در سال ۱۹۹۲ توسط موسسه *Francais Institut du Petrole* ساخته شده است (گرانجون و جوزف، ۱۹۹۹). این مدل به منظور تعیین دقیق ساختار حوضه رسوبی در دو محیط کربناته و آواری از محیط‌های رودخانه‌ای تا مناطق عمیق دریایی به زمین‌شناسان نفت کمک می‌کند. همچنین این نرم‌افزار می‌تواند نرخ رسوب‌گذاری، تجمع و انتقال رسوبات، نرخ فرسایش، ساختار هندسی حوضه و روند تغییرات آن را در طول زمان زمین‌شناسی محاسبه و به تصویر بکشد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۳).

هدف از این مطالعه استفاده از نتایج چین‌شناسی سکansı، مطالعات محیط‌رسوبی و داده‌های لاگ گاما در تعیین ساختار هندسه حوضه رسوبی سازند آسماری در میدان‌های انتخابی در دشت آبادان و جنوب فروافتادگی دزفول با استفاده از روش‌های مدل‌سازی است. شناسایی و بررسی دقیق‌تر ساختار هندسی حوضه براساس رخساره‌های سنگی موجود و چین‌نگاری سکansı اطلاعات مفید و ارزشمندی را جهت مطالعات و



شکل ۱. موقعیت میدان‌های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر (اقتباس با تغییراتی دو یانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

<sup>1</sup> Stratigraphy Forward Modeling

آسماری به عنوان مبنای کار قرار گرفته است (شکل ۲). شاخص‌های ورودی به نرم‌افزار شامل داده‌های لاگ گاما، تغییرات جهانی سطح آب دریا براساس منحنی حق و همکاران (۱۹۸۸)، لیتولوژی، داده‌های چینه‌شناسی سکانشی و محیط‌رسوبی به منظور تعیین عمق دیرینه<sup>۱</sup> و ضخامت لایه‌های سنگ‌شناسی<sup>۲</sup> است داده‌های موجود به صورت عددی در آمده و سپس مطابق با رابطه‌های ۱ و ۲، میزان فضای رسوب‌گذاری و نرخ فرونشست (شکل ۳) محاسبه شده است (گرانجون، ۱۹۹۴).

(۱) ضخامت رسوب + عمق دیرینه = میزان فضای رسوبگذاری  
(۲) میزان فضای رسوبگذاری + تغییر سطح آب دریا = نرخ فرونشست

#### ۴- داده‌های محاسبه شده

##### ۴-۱- تغییرات جهانی سطح آب دریا

به تغییرات جهانی سطح آب دریا نسبت به یک مرکز ثابت، که به طور معمول مرکز زمین است، ائوستازی گفته می‌شود (جروی، ۱۹۸۸). تغییرات جهانی سطح آب دریا ممکن است معلول فرآیندهای تکتونیکی یا تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی باشد (امری و مایرز، ۱۹۹۶). در این مطالعه تغییرات جهانی سطح آب دریا در سازند آسماری طی الیگوسن- میوسن توسط منحنی حق و همکاران (۱۹۸۸) مطابق شکل ۴ تعیین گردیده است. مقدار دقیق تغییرات جهانی سطح آب دریا برای هریک از توالی‌های تشکیل‌دهنده سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه در واحد زمان (شکل ۴) در جدول ۲ ارائه شده است.

سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه از ۳ تا ۵ توالی رسوبی تشکیل شده است. توالی رسوبی اول هر یک از چاه‌های مورد مطالعه، رخساره مناطق عمیق تا نیمه عمیق (عمدتاً آهک‌رسی) را شامل بوده و مربوط به بخش بالایی سازند آسماری به سن روپلین است. توالی‌های دوم تا پنجم سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه عمدتاً دارای لیتولوژی ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ آهکی، ماسه‌سنگ شیلی و ماسه‌سنگ دولومیتی بوده و با توجه به رخساره‌های تشکیل‌دهنده، بخش‌های رمپ میانی تا رمپ درونی را شامل می‌شود (شکل ۲). توالی دوم تا پنجم سازند آسماری مربوط به بخش پایینی این سازند به سن اکتیانین است. ضخامت سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه یکسان نبوده است. ضخامت این سازند در چاه‌های مورد مطالعه و ضخامت توالی‌های پیشرونده و پسرونده هر توالی در جدول ۱ نشان داده شده است (گزارشات داخلی زمین‌شناسی شرکت ملی نفت ایران).

#### ۳- مواد و روش کار

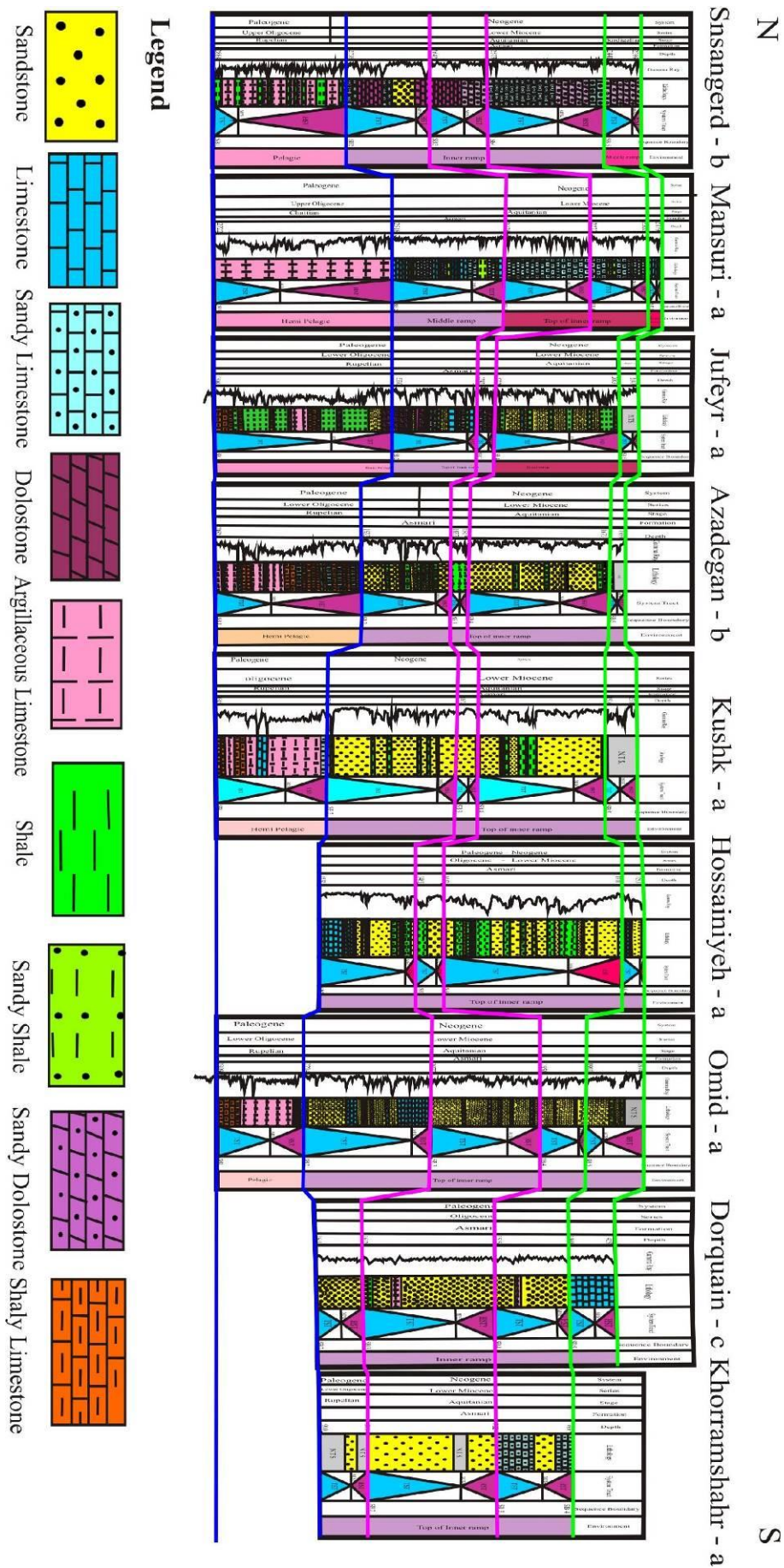
در این مطالعه به منظور تعیین هندسه ساختاری حوضه رسوبی از نرم‌افزار *Dionisos Flow* استفاده گردیده است. محدوده مورد مطالعه دارای ۱۸۰ Km طول و ۲۶۰ Km عرض است که فاصله نقاط شبکه‌ها ۲۰ × ۲۰ است. لذا شناسایی توالی‌های رسوبی چاه‌های حسینه *a*، کوشک *a*، آزادگان *b*، جفیر *a*، سوسنگرد *b*، خرمشهر *a*، دارخوین *c*، امید *a*، منصوری *a* در حوضه رسوبی سازند

جدول ۱. ضخامت کل سازند آسماری و ضخامت توالی‌های پیشرونده و پسرونده هر توالی بر حسب متر در چاه‌های مورد مطالعه

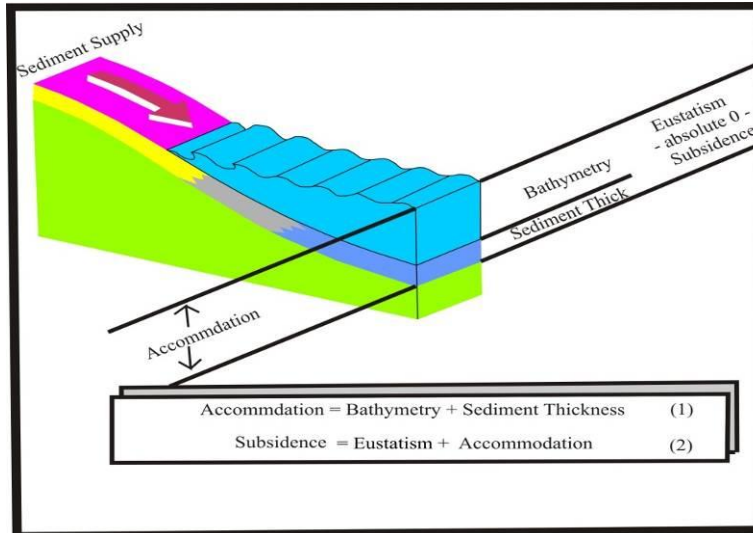
نام چاه	ضخامت کل (m)	توالی ۱		توالی ۲		توالی ۳		توالی ۴		توالی ۵	
		HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST
حسینه <i>a</i>	۲۴۱	-	-	۸	۶۳	۶	۱۳	۳۹	۹۲	۱۴	۶
کوشک <i>a</i>	۳۶۷	۴۱	۵۲	۲۰	۱۰۰	۷	۱۰	۳۶	۸۳	۱۲	۶
آزادگان <i>b</i>	۴۲۹	۸۵	۶۴	۱۶	۸۰	۱۱	۱۱	۵۷	۸۵	۱۳	۷
جفیر <i>a</i>	۴۶۱	۶۶	۱۱۲	۱۰	۷۸	۷	۱۳	۵۵	۸۴	۲۴	۱۲
سوسنگرد <i>b</i>	۴۸۹	۱۱۸	۳۴	۱۳	۸۱	۲۶	۴۳	۵۱	۸۱	۳۱	۱۱
خرمشهر <i>a</i>	۲۱۴	-	-	۱۰	۲۰	۳۸	۸۰	۲۸	۳۸	-	-
دارخوین <i>c</i>	۲۱۶	-	-	۹	۲۰	۳۲	۶۵	۵	۵۰	۲۲	۱۳
امید <i>a</i>	۴۳۵	۴۱	۵۴	۲۶	۱۱۱	۳۳	۸۶	۸	۴۰	۲۰	۱۶
منصوری <i>a</i>	۵۴۳	۱۳۴	۷۰	۴۶	۹۴	۲۸	۸۱	۷	۶۰	۱۲	۱۱

<sup>۱</sup> Bathymetry

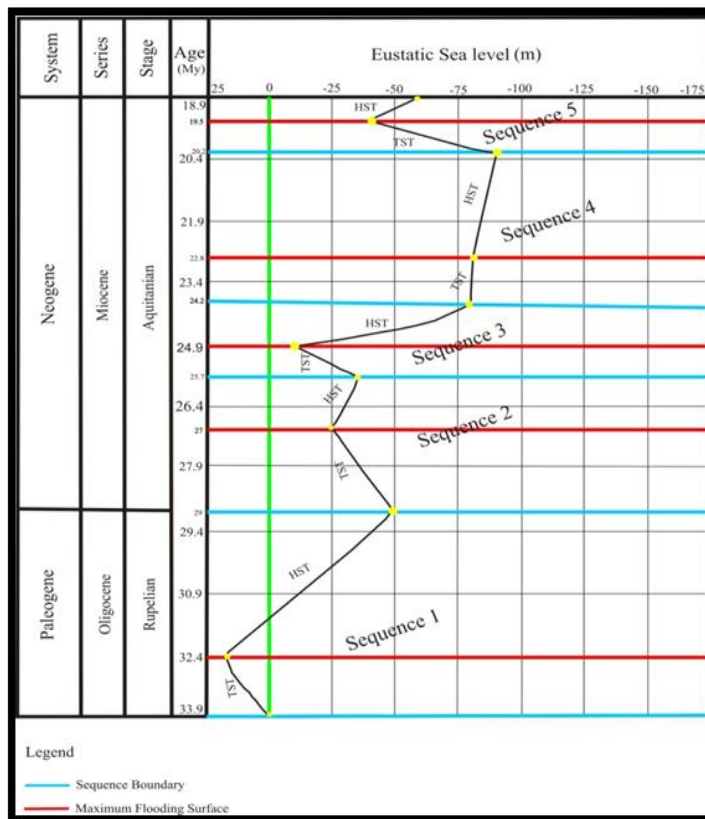
<sup>۲</sup> Sediment Thickness



شکل ۲. تطابق توالی‌های رسوبی سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه



شکل ۳. شاخص‌های موثر در ساختار هندسی حوضه رسوبی سازند آسماری در ناحیه مورد مطالعه (اقتباس با تغییراتی گرانجون، ۱۹۹۴)



شکل ۴. منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا در بازه مورد مطالعه (اقتباس با تغییراتی حق و همکاران، ۱۹۸۸)

جدول ۲. تغییرات جهانی سطح آب دریا برای توالی‌های تشکیل‌دهنده سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه در واحد زمان (میلیون سال)

MFS 5	SB 5	MFS 4	SB 4	MFS 3	SB 3	MFS 2	SB 2	MFS 1	SBI	توالی رسوبی
۱۹/۵	۲۰/۲	۲۲/۸	۲۴/۲	۲۴/۹	۲۵/۷	۲۷	۲۹	۳۲/۴	۳۳/۹	سن (My)
-۴۰	-۹۰	-۸۰	-۸۰	-۱۰	-۳۵	-۲۵	-۵۰	۲۰	۰	تغییرات سطح آب دریا (m)

#### ۴-۲- عمق دیرینه و فضای رسوب‌گذاری

به منظور انباشته شدن رسوبات دریایی و غیردریایی، باید فضای کافی برای رسوب‌گذاری موجود باشد. بدین ترتیب محل و فضای مورد نیاز برای انباشت و تجمع رسوبات در یک حوضه رسوبی را فضای رسوب‌گذاری می‌نامند (کو و چارچ، ۲۰۰۳). ائوستازی، فرونشست تکتونیکی، ضخامت واقعی رسوبات و عمق دیرینه عوامل اصلی کنترل‌کننده فضای رسوب‌گذاری می‌باشند. در این مطالعه با بررسی رخساره‌ها مطابق شکل ۵ و عمق تشکیل هر یک از آن‌ها در محدوده‌های توالی‌های چاه‌های مورد مطالعه، میزان عمق دیرینه برای هر توالی رسوبی محاسبه شده است (جدول ۳). میزان فضای رسوب‌گذاری در هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها در حوضه رسوبی مورد

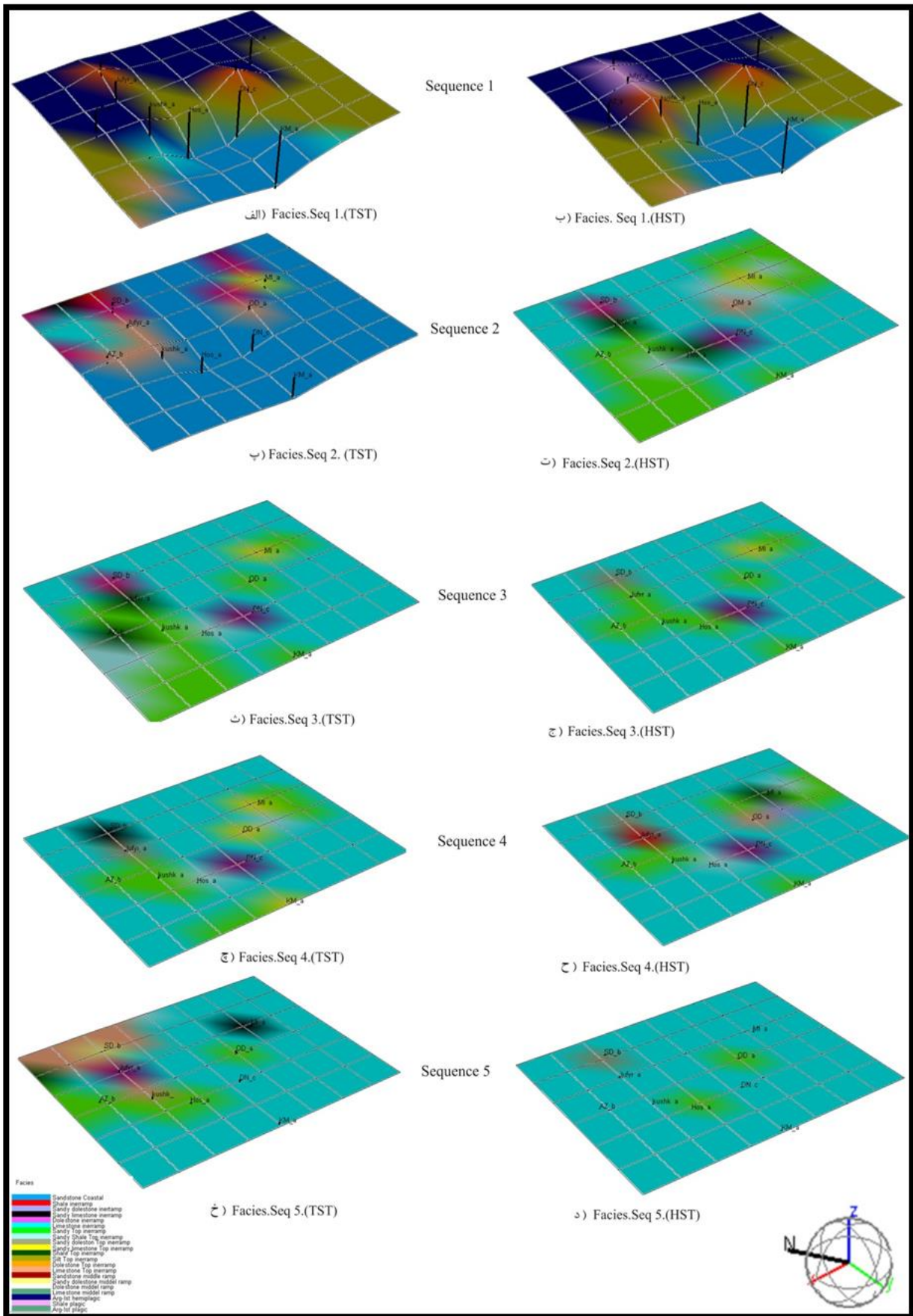
مطالعه از مجموع ضخامت واقعی رسوبات و برآیند عمق دیرینه هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌های مورد مطالعه در واحد زمان (گرانجون، ۱۹۹۴) مطابق رابطه (۱) تعیین گردیده است (جدول ۴). در این مطالعه میزان فضای لازم برای تجمع رسوبات به طور مداوم در الیگوسن - میوسن تغییر کرده است که تحت کنترل شاخص‌های اصلی از جمله ائوستازی و نرخ فرونشینی یا بالاآمدگی کف حوضه است (گرانجون، ۱۹۹۴). نمودار شکل ۶ نرخ دقیق فضای رسوب‌گذاری هر یک از توالی‌های مورد مطالعه در حوضه رسوبی سازند آسماری در دشت آبادان و چاه‌های سوسنگرد *b* و منصور *a* در بخش فروافتادگی دزفول به منظور تعیین هندسه ساختاری حوضه رسوبی نمایش داده شده است.

جدول ۳. مقادیر عمق دیرینه هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه بر حسب متر

نام چاه	توالی اول		توالی دوم		توالی سوم		توالی چهارم		توالی پنجم	
	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST
حسینی <i>a</i>	- ۵۵	- ۵۵	۱۰	- ۵۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
کوشک <i>a</i>	۶۵	۱۲۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
آزادگان <i>b</i>	۶۵	۶۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
جفیر <i>a</i>	۶۵	۱۲۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵
سوسنگرد <i>b</i>	۱۲۵	۱۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۱۵	۵٫۲۵
خرمشهر <i>a</i>	- ۵۵	- ۵۵	۱۰	- ۵۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	-	-
دارخوین <i>c</i>	- ۵۵	- ۵۵	۵٫۲۵	- ۵۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵
امید <i>a</i>	۱۲۵	۱۲۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
منصوری <i>a</i>	۶۵	۶۵	۱۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۵٫۲۵	۵٫۲۵

جدول ۴. مقادیر محاسبه شده میزان فضای رسوب‌گذاری هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها بر حسب متر

نام چاه	توالی اول		توالی دوم		توالی سوم		توالی چهارم		توالی پنجم	
	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST
حسینی <i>a</i>	۰	۰	۶	۱۲۹	۶	۱۲	۳۸	۹۲	۱۴	۶
کوشک <i>a</i>	- ۷۳	۱۱۲	۲۰	۹۸	۷	۱۰	۳۷	۸۳	۱۰	۶
آزادگان <i>b</i>	۳۱	۶۴	۱۷	۷۸	۱۱	۱۰	۵۷	۸۵	۲۱۳	۷
جفیر <i>a</i>	۴۷	۱۷۲	۱۰	۷۷	۲	۱۲	۵۴	۸۳	۲۴	۱۳
سوسنگرد <i>b</i>	۰	۳۳	۱۳	۸۱	۲۶	۴۲	۶۰	۸۰	۲۱	۲۰
خرمشهر <i>a</i>	۰	۰	۱۰	۸۵	۳۸	۸۰	۲۸	۳۷	- ۱۰	- ۱۰
دارخوین <i>c</i>	۰	۰	۹	۸۰	۳۲	۶۵	۶	۵۰	۲۲	۱۳
امید <i>a</i>	- ۷۳	۵۴	۲۴	۱۱۱	۳۳	۸۶	۶	۴۰	۲۰	۱۶
منصوری <i>a</i>	۷۰	۷۹	۴۶	۹۴	۲۸	۸۱	۲	۶۰	۱۲	۱۰

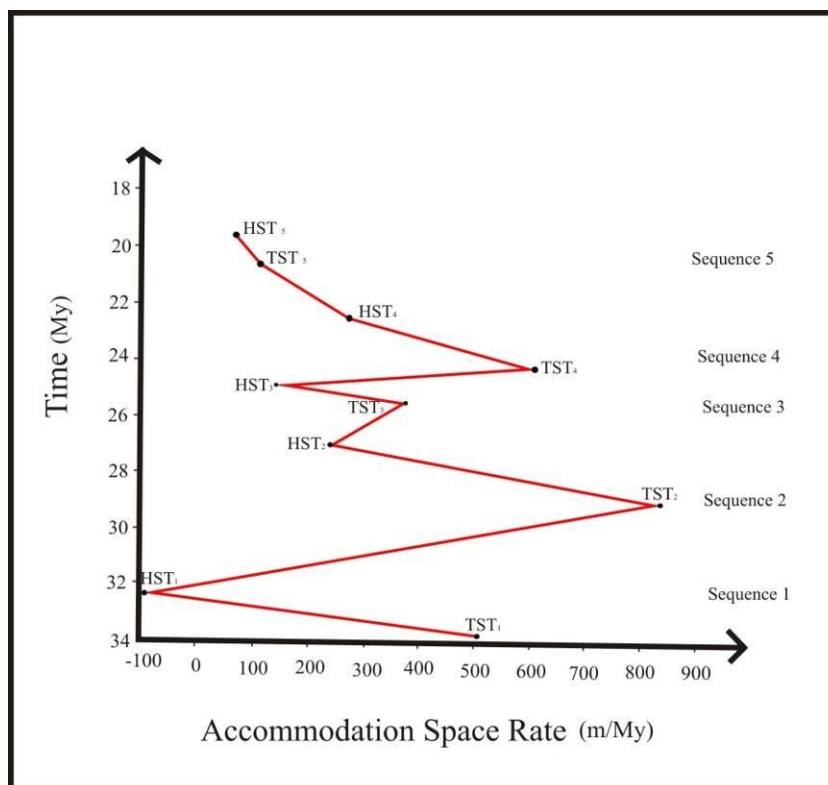


شکل ۵. مدل تغییرات رخساره‌ای هر یک از توالی‌های سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه

### ۳-۴- فرونشست حوضه رسوبی

مجموعه تغییرات کف حوضه (شامل پایین رفتن و بالا رفتن کف حوضه) با عنوان فرونشست یاد شده است. پایین رفتن کف حوضه فرونشست مثبت و بالا آمدگی آن فرونشست منفی در نظر گرفته می‌شود (گوتورپ و همکاران، ۱۹۹۴). بالا و پایین رفتن کف حوضه بسته به مقیاس مکانی و مقدار جابه‌جایی قائم، معلول فرآیندهای تکتونیکی در مقیاس جهانی یا ناحیه‌ای و تغییر شکل‌های

ساختاری در مقیاس ناحیه‌ای است که فرآیندهای برون حوضه‌ای و محیط‌های رسوبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (امینی، ۱۳۹۰). لذا در این مطالعه یکی از عوامل اصلی کنترل‌کننده ساختار هندسی مجموعه رسوبات پر شده در حوضه رسوبی سازند آسماری تغییرات کف حوضه یا فرونشست است که از رابطه ۲ محاسبه شده است (جدول ۵).



شکل ۶. نرخ دقیق فضای رسوب‌گذاری هر یک از توالی‌های مورد مطالعه در حوضه رسوبی سازند آسماری

جدول ۵. مقادیر محاسبه شده نرخ فرونشست هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها بر حسب متر

نام چاه	توالی اول		توالی دوم		توالی سوم		توالی چهارم		توالی پنجم	
	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST
حسینییه a	۷۰	- ۲۰	۱۰۴	۱۶	- ۱۲	۷۶	۹۲	۴۸	- ۳۶	۲۶
کوشک a	- ۳	۹۲	۷۳	۳۰	- ۱۵	۷۷	۸۳	۴۷	- ۳۹	۲۶
آزادگان b	۱۰۱	۴۲	۵۳	۲۷	- ۱۵	۸۱	۸۵	۶۷	- ۳۷	۲۷
جفیر a	۲۲	۱۵۲	۵۲	۲۰	- ۱۳	۷۲	۸۳	۶۴	- ۲۶	۳۳
سوسنگرد b	۶۹	۱۳	۵۶	۲۳	۱۷	۹۶	۸۰	۷۰	- ۲۸	۴۰
خرمشهر a	۷۰	- ۲۰	۶۰	۲۰	۵۵	۱۰۸	۳۷	۳۸	- ۶۰	۱۰
دارخوین c	۷۰	- ۲۰	۵۵	۱۹	۴۰	۱۰۲	۵۰	۱۶	- ۲۸	۳۳
امید a	- ۳	۳۴	۸۶	۳۴	۶۱	۱۰۳	۴۰	۱۶	- ۳۰	۳۶
منصوری a	۱۰۶	۵۰	۶۹	۵۶	۵۶	۹۸	۶۰	۱۲	- ۳۷	۳۰



## ۵- بحث و بررسی

فضای رسوب‌گذاری صورت گرفته است که ناشی از بالاآمدگی کف حوضه است. لذا هندسه حوضه رسوبی در این بخش از حوضه علاوه بر تغییرات جهانی سطح آب دریا، تحت تأثیر فرآیندهای تکتونیکی (هاوی و همکاران، ۲۰۱۵) بوده است (شکل ۷-ث). در بازه زمانی  $24.2-24.8 My$  در سیستم تراکت تراز بالا و در توالی رسوبی سوم چاه‌ها، با کاهش سطح جهانی آب دریا به اندازه  $70 m$ ، فضا برای رسوب‌گذاری به میزان زیادی کاهش می‌یابد (شکل ۷-ج). در ابتدای توالی رسوبی چهارم چاه‌ها در بازه زمانی  $24.2-24.8 My$ ، سطح جهانی آب دریا نسبت به توالی قبل ثابت مانده و ساختار هندسی حوضه ناشی از پایین‌افتادگی کف حوضه در چاه‌های حسینی  $a$ ، کوشک  $a$ ، آزادگان  $b$ ، جفیر  $a$  و سوسنگرد  $b$  (بخش‌های زرد رنگ در مدل) است که با افزایش فضای رسوب‌گذاری (امینی، ۱۳۹۰) همراه است (شکل ۷-چ). در انتهای توالی چهارم با کاهش سطح آب دریا، فضا برای تجمع رسوبات در بخش‌های شمال شرقی و جنوبی مدل کاهش یافته است (شکل ۷-ح). با گذشت زمان در سیستم تراکت تراز پیشرونده توالی پنجم چاه‌ها، ساختار هندسی حوضه رسوبی علاوه بر تغییرات جهانی سطح آب دریا متأثر از بالاآمدگی کف حوضه بوده است (هاوی و همکاران، ۲۰۱۵). لذا با افزایش جهانی سطح آب دریا، افزایش فضا برای انباشت رسوبات به مقدار خیلی کم صورت گرفته است (شکل ۷-خ). به همین ترتیب در قسمت انتهایی سیستم تراکت تراز بالای توالی آخر، با کاهش  $20 m$  سطح جهانی آب دریا منجر به کاهش در نرخ فضای رسوب‌گذاری گردیده است و ساختار هندسی حوضه در چاه‌های منصوری  $a$ ، امید  $a$  و دارخوین  $c$  ناشی از تغییرات جهانی سطح جهانی آب دریا است (شکل ۷-د).

بررسی فرونشست حوضه در توالی‌های رسوبی سازند آسماری (شکل ۸) نشان می‌دهد که در سیستم تراکت تراز پیشرونده ( $TST$ ) توالی اول هر یک از چاه‌ها، ساختار هندسی حوضه متأثر از افزایش نرخ رسوب‌گذاری و تغییرات جهانی سطح آب دریا در بخش‌های شمالی مدل به ویژه در چاه جفیر  $a$  است که منجر به افزایش فضای بین سطح آب و کف حوضه در این بخش نسبت به مناطق دیگر مدل شده است (شکل ۸-الف). با گذشت زمان و در سیستم تراکت تراز بالای سکانسی اول، سطح

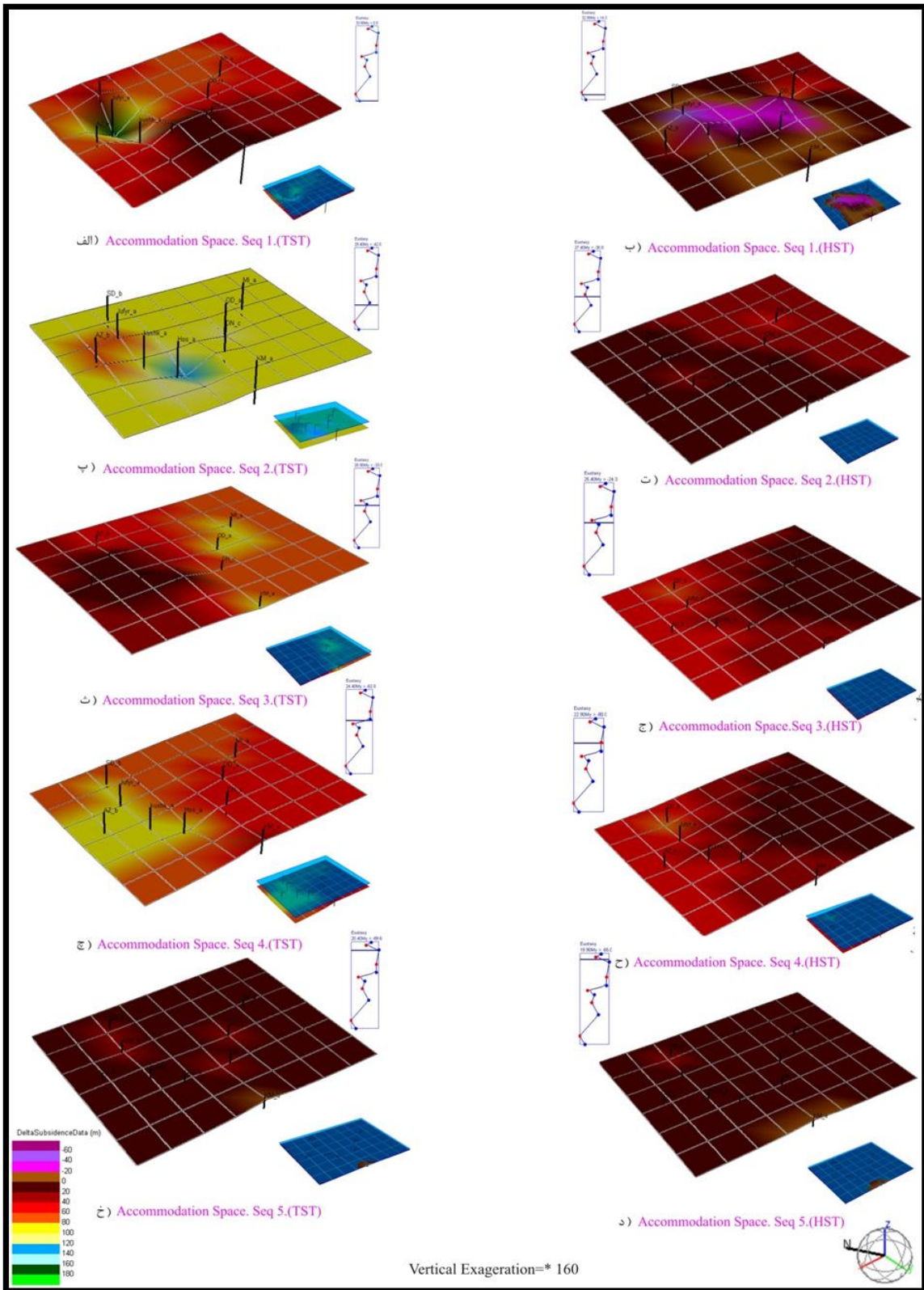
بررسی مدل ارائه شده براساس تغییرات جهانی سطح آب دریا (شکل ۴)، عمق دیرینه (جدول ۳) و فضای رسوب‌گذاری (شکل ۷) محاسبه شده نشان می‌دهد که در ابتدای توالی اول چاه‌های مورد مطالعه ( $TST$ ) با شروع بالاآمدگی سطح آب دریا در بازه زمانی  $32.4 My$  -  $33.9$ ، فضای رسوب‌گذاری زیاد شده است. با توجه به نسبت ضخامت توالی رسوبی مورد نظر در واحد زمان ( $Thickness/Time$ )، نرخ تأمین رسوب در این توالی،  $1230.171 Km^3/My$  محاسبه گردیده است. نرخ رسوب‌گذاری بیش‌تر از نرخ فضای (شکل ۶) ایجاد شده است که منجر به پیروی عادی خط ساحلی شده است (شکل ۷-الف). با گذشت زمان در محدوده سنی  $32.5-29 My$  و در سیستم تراکت تراز بالا ( $HST$ ) توالی اول چاه‌ها، کاهش جهانی سطح آب دریا ( $70 m$ ) منجر به کاهش در فضای انباشت رسوبات در بخش‌های شمالی مدل واقع در چاه‌های کوشک  $a$ ، آزادگان  $b$ ، جفیر  $a$  و سوسنگرد  $b$  شده است (شکل ۷-ب).

بررسی رخساره‌ها و عمق دیرینه تخمین زده شده سیستم تراکت تراز پیشرونده ( $TST$ ) توالی دوم چاه‌ها (شکل ۵) همراه با ضخامت رسوبات تشکیل شده و افزایش جهانی سطح آب دریا ( $25 m$ ) نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان فضا برای تجمع رسوبات در بین توالی‌های رسوبی مورد مطالعه در این بخش از توالی حدود  $835.5 m/My$  تخمین زده شده است ولی نرخ رسوب‌گذاری ( $15069.6 Km^3/My$ ) بیش‌تر از فضای ایجاد شده است. لذا در این حالت توالی رسوبی دارای ساختار هندسی تجمع‌ی با ماهیت پیشرونده (امینی، ۱۳۹۰) است (شکل ۷-پ). با گذشت زمان در شکل ۷-ت، سطح جهانی آب دریا  $10$  متر کاهش یافته و فضا برای رسوب‌گذاری در چاه‌های حسینی  $a$ ، آزادگان  $b$ ، جفیر  $a$ ، سوسنگرد  $b$ ، خرمشهر  $a$ ، دارخوین  $c$  کاهش یافته است.

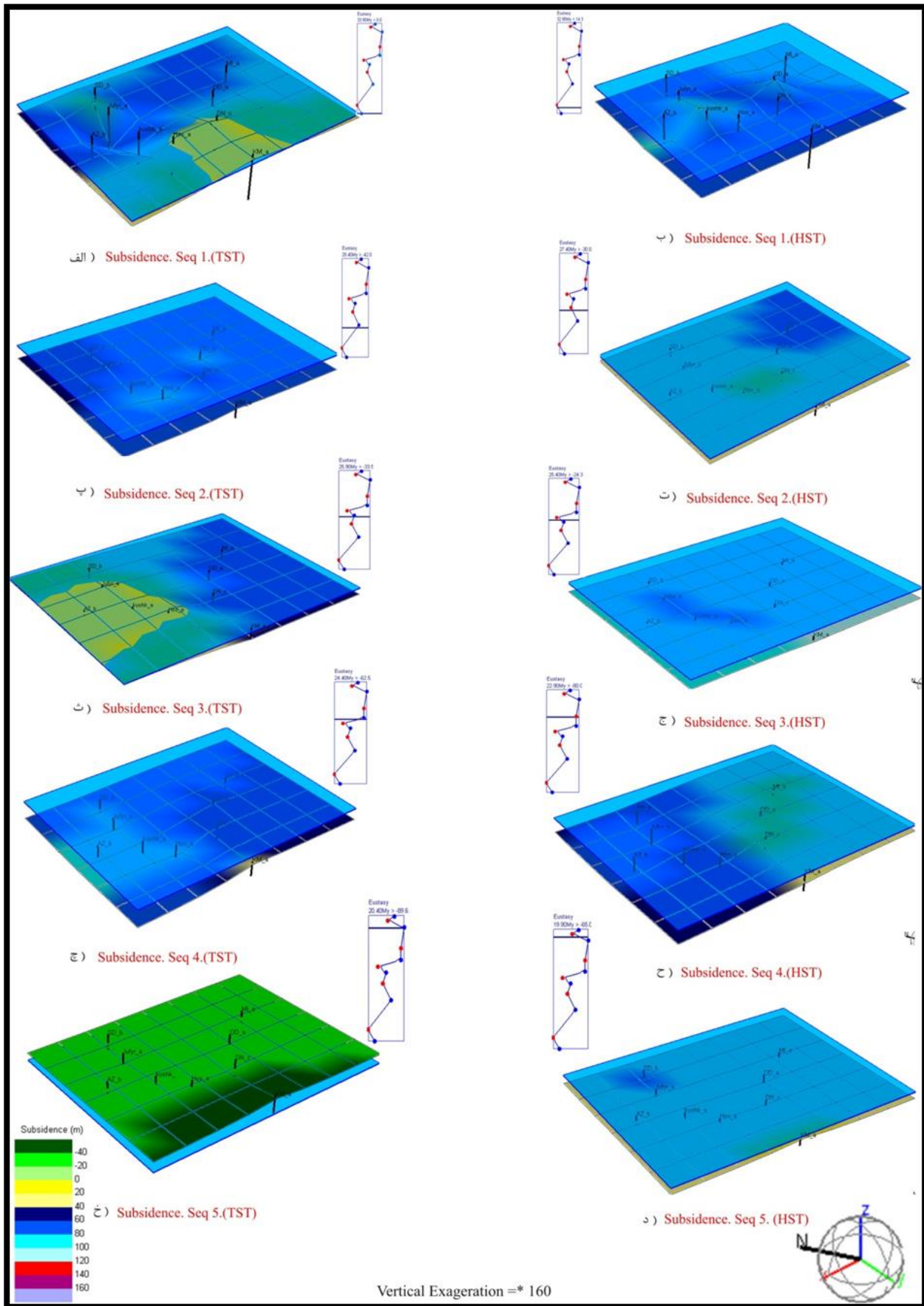
در بازه زمانی  $24.9-25.7 My$  و در ابتدای توالی رسوبی سوم چاه‌ها، سطح جهانی آب دریا  $25 m$  بالا آمده است (حق و همکاران، ۱۹۸۸). لذا فضا برای تجمع رسوبات در چاه‌های منصوری  $a$ ، امید  $a$ ، دارخوین  $c$  و خرمشهر  $a$  افزایش یافته (جدول ۴) ولی قسمت‌های شمالی مدل در چاه‌های حسینی  $a$ ، کوشک  $a$ ، آزادگان  $b$ ، جفیر  $a$  و سوسنگرد  $b$  با افزایش سطح آب دریا، کاهش در نرخ

منفی (جدول ۵) و ساختار هندسه پیشرونده با ماهیت پلکانی به سمت حوضه است.

آب دریا حدود  $70\text{ m}$  کاهش یافته است (حق و همکاران، ۱۹۸۸) و کف حوضه در چاه‌های امید  $a$  و کوشک  $a$  مطابق شکل ۸-ب، بالا آمده است که بیانگر سوبسیدانس



شکل ۷. تأثیر میزان فضای رسوب‌گذاری در تعیین هندسه حوضه رسوبی سازند آسماری در هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها در واحد زمان



شکل ۸. تأثیر فرونشست در تعیین هندسه حوضه رسوبی سازند آسماری در هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها در واحد زمان

مطابق شکل ۸- خ بیش‌تر از نرخ بالآمدگی سطح آب دریا است که بیانگر فرونشست منفی در این بخش از توالی است و به عبارت دیگر تأثیر فرآیندهای تکتونیکی در تعیین ساختار هندسی حوضه بیش‌تر از تغییرات سطح جهانی آب دریا بوده است (امینی، ۱۳۹۰). در انتهای توالی آخر چاه‌ها، مطابق با شکل ۸- د بیش‌ترین نرخ پایین‌افتادگی کف حوضه در چاه سوسنگرد  $b$  قابل مشاهده است که بیانگر ساختار هندسی پیشرونده با ماهیت تجمعی در این بخش است.

#### ۶- نتیجه‌گیری

بررسی مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو در توالی‌های سازند آسماری در ۸ میدان نفتی مورد مطالعه در حوضه زاگرس نشان می‌دهد که ساختار هندسی حوضه رسوبی سازند آسماری در ناحیه مورد مطالعه تحت کنترل عواملی همچون عمق دیرینه، میزان فضای رسوب‌گذاری، تغییرات جهانی سطح آب دریا، فرونشست یا بالآمدگی کف حوضه و در نهایت نرخ رسوب‌گذاری است.

بررسی داده‌های محاسبه شده نشان می‌دهد که فضای رسوب‌گذاری و نرخ فرونشست در طی زمان ته‌نشست رسوبات سازند آسماری متفاوت بوده و فضای موجود برای رسوب‌گذاری در حوضه مورد مطالعه تحت تأثیر فرونشینی و تغییرات سطح جهانی آب دریا در هر یک از توالی‌های تشکیل‌دهنده چاه‌ها در واحد زمان بوده است. بیش‌ترین میزان فضا برای تجمع رسوبات در بین توالی‌های رسوبی مورد مطالعه در سیستم تراکت تراز پیشرونده توالی دوم چاه‌ها، با افزایش  $25\text{ m}$  سطح جهانی آب دریا،  $835.5\text{ m/My}$  تخمین زده شده است که بیانگر افزایش میزان فرونشست و ساختار هندسی پیشرونده با ماهیت تجمعی است.

بیش‌ترین نرخ فرونشست حوضه در سیستم تراکت تراز بالا توالی رسوبی سوم هر یک از چاه‌ها به طور میانگین  $108\text{ m/My}$  تخمین زده شده است که اغلب توسط چاه‌های واقع در جنوب مدل قابل مشاهده است.

در توالی آخر هر یک از چاه‌ها، نرخ بالآمدگی در کف حوضه بیش‌تر از نرخ بالآمدگی سطح آب دریا است که بیانگر فرونشست منفی در این بخش از حوضه است. لذا تأثیر فرآیندهای تکتونیکی در تعیین ساختار هندسی حوضه بیش‌تر از تغییرات جهانی آب دریا بوده است.

در توالی سیستم تراکت تراز پیشرونده ( $TST$ ) توالی دوم، با افزایش  $25\text{ m}$  سطح آب دریا، بیش‌ترین فضا برای تجمع رسوبات در چاه‌های حسینییه  $a$ ، کوشک  $a$  و امید  $a$  فراهم گردیده است که منجر به افزایش نرخ فرونشست (پایین‌افتادگی کف حوضه) در چاه‌های بیان شده گردیده است (شکل ۸- پ). به همین ترتیب در سیستم تراکت تراز بالا توالی دوم چاه‌ها، با کاهش جهانی سطح آب دریا، کف حوضه رسوبی پایین رفته است ولی نرخ پایین‌افتادگی سطح آب دریا بیش‌تر از نرخ فرونشینی کف حوضه است. این وضعیت منجر به کاهش نرخ فرونشست نسبت به توالی قبل از خود شده است. لذا بیش‌ترین نرخ فرونشینی کف حوضه مطابق با (شکل ۸- ت) در چاه‌های منصوریه  $a$  و امید  $a$  قابل مشاهده است.

در توالی سیستم تراکت پیشرونده ( $TST$ ) رسوبی سوم چاه‌ها نیز ساختار هندسی حوضه به طور عمده متأثر از بالآمدگی کف حوضه در چاه‌های حسینییه  $a$ ، کوشک  $a$ ، آزادگان  $b$  و جفیر  $a$  است که منجر به ساختار پیشرونده با ماهیت تجمعی گردیده است (شکل ۸- ث) در دسته رخساره تراز بالا این توالی، بیش‌ترین نرخ فرونشست حوضه توسط چاه‌های واقع در جنوب مدل به طور میانگین  $108\text{ m/My}$  تخمین زده شده (جدول ۵) است (شکل ۸- ج).

در بخش ابتدایی توالی رسوبی چهارم، هیچ تغییری در وضعیت آب دریا نسبت به توالی قبل از خود صورت نگرفته است و کف حوضه رسوبی در بخش‌های شمالی مدل با نرخ معینی در حال فرونشینی است (بخش‌های آبی کمرنگ در مدل). لذا ساختار هندسی حوضه در این بخش فقط متأثر از فرآیندهای تکتونیکی است (شکل ۸- چ). به همین ترتیب با گذشت زمان، در انتهای این توالی رسوبی سطح آب دریا به اندازه ۱۰ متر افت می‌کند و کف حوضه در بخش‌های شمال شرقی مدل که شامل چاه‌های منصوریه  $a$  و امید  $a$  است و هم‌چنین در بخش‌های جنوبی که با رنگ زرد مشخص شده‌اند، بالا آمده است. این وضعیت منجر به کاهش فضای بین سطح آب دریا و کف حوضه رسوبی و کاهش نرخ سوبسیدانس در این بخش می‌گردد (شکل ۸- ح).

در سیستم تراکت تراز پیشرونده ( $TST$ ) توالی آخر هر یک از چاه‌ها، با افزایش جهانی سطح آب دریا، بالآمدگی کف حوضه صورت گرفته است. نرخ بالآمدگی کف حوضه

ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۱۵، ص ۴۵ - ۳۸.

Alavi, M (2004) *Regional stratigraphy of the Zagros fold – thrust belt of Iran and proforland evolution. American Journal of Sciences*, 304: 1 - 20.

Asadi Mehmandost, E., Adabi, M. H., Woods, A. D (2013) *Microfacies and geochemistry of the Middle Cretaceous Sarvak Formation in Zagros Basin, Izeh Zone, SW Iran. Sedimentary Geology*, 293: 9 - 20.

Bahroudi, A., and Talbot, C. J (2003) *The configuration of the basement beneath the Zagros Basin. Journal of petroleum geology*, 26: 257 - 282.

Coe, A. L., and Church, K. D (2003) *Sequence stratigraphy*, in Coe, A. L. (ed.), *The Sedimentary Record of Sea – level Change: Cambridge University Press*, p. 57 – 98.

Du Yang, Y. Y., Jun, X., Jie, C., Yi, C., Mingsheng, T., Cheng, O. and Weibing, W (2015) *Genesis of large-amplitude tilting oil - water contact in Sarvak Formation in South Azadegan Oilfield, Iran. Petroleum Geology & Experiment*, 37: 187 - 193.

Emery, D., and Myers, K (1996) *Sequence Stratigraphy. Stromatolite – thrombolite associations in a modern environment, Lee Stocking Island, Bahamas*, 13: 201 – 212.

Farshi, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Khanehbad, M., Golafshani, T (2019) *Reservoir rock typing using integrating geological and petrophysical properties for the Asmari Formation in the Gachsaran oil field, Zagros basin. Journal of petroleum Science and Engineering*, p. 161 – 171.

Gawthorpe, R., Hunt D., Taylor A., Underhill, J (1994) *NERC sequence stratigraphy course. Manchester University, Course notes*, p. 172.

Gharechelou, S., Amini, A., Bohlooli, B., Swennen, R., Nikandish, A., Farajpour, V (2020) *Distribution of geomechanical units constrained by sequence stratigraphic framework: Useful data improving reservoir characterization. Marine and Petroleum Geology*.

Granjeon, D (1994) *3D stratigraphic modeling in complex tectonics area. In Abstract of the Assoc Petroleum Geology, Annual Convention and Exhibition, Abstract of the Assoc Petroleum Geology Search and Discovery Long Beach, California*, p. 121 – 148.

Granjeon, D., and Joseph, P (1999) *Concepts and applications of a 3D multiple lithology, diffusive model in stratigraphic modeling. Recent Advances in Stratigraphic and Sedimentologic Computer Simulations: SEPM, Special Publication*, 62: 197 – 210.

Haq, B. U., Hardenbol J., Vail P. R (1988) *Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy*

بررسی مدل‌سازی چینه‌ای رو به جلو در توالی‌های سازند آسماری بیانگر این است که ساختار هندسی حوضه در طی زمان الیگوسن - میوسن دارای ساختار پیشرونده با ماهیت پلکانی به سمت حوضه (بالاآمدگی کف حوضه) و ماهیت تجمعی (پایین افتادگی کف حوضه) است.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از ریاست محترم انجمن رسوب‌شناسی ایران، جناب آقای دکتر موسوی‌حرمی و دبیر محترم علمی پنجمین همایش ملی رسوب‌شناسی ایران جناب آقای دکتر زندمقدم بسیار قدردانی می‌نمایند. همچنین از سردبیر و مدیر مسئول محترم مجله رسوب‌شناسی کاربردی دانشگاه بوعلی‌سینا برای حمایت از همایش ملی رسوب‌شناسی و چاپ مقالات برگزیده تشکر می‌شود.

### منابع

امینی، ع. ح (۱۳۹۰) مبانی چینه‌نگاری سکانسی، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۳۳۲ ص.

آقاباتی، ع (۱۳۸۵) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، ۶۰۳ ص.

درویش‌زاده، ع (۱۳۸۸) زمین‌شناسی ایران چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسم، انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص.

رحیم‌پوربناب، ح.، سلمانی، ع.، رنجبران، م.، و آل‌علی، م (۱۳۹۷) تأثیر محیط‌رسوبی و فرآیندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان قلعه‌نار فروافتادگی دزفول. مجله رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۶، شماره ۱۱، ص ۳۴ - ۱۵.

گودرزی، م.، امیری‌بختیار، ح.، و نورایی‌نژاد، م. ر (۱۳۹۸) دیرینه‌شناسی و محیط‌های رسوبی بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری در چاه‌های A و B میدان نفتی مارون، شمال‌خاوری اهواز. مجله رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۷، شماره ۱۳، ص ۲۰۸ - ۱۸۴.

مطیعی، ه (۱۳۷۲) زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.

مطیعی، ه (۱۳۷۴) زمین‌شناسی نفت زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۹ ص.

میرزایی، ش.، غیبشای، ع.، قزوینی، ا.، و شکیب، ص (۱۳۹۳) مدل‌سازی چینه‌ای با استفاده از نرم‌افزار *Dionisos Flow*

- and cycles of sea – level change. In: Wilgus C. K., Hastings B. S., Kendall C. G., Posamentier H. W., Ross C. A., Van Wagoner J. C. (Eds) Sea level changes: An integrated approach SEPM, Spes. Publication#42: Tulsa, p. 71 – 108.*
- Hawie, N., Barrois, A., Marfisi, E., Murat, B., Hall, J., Aillud, G (2015) *Forward stratigraphic modelling, deterministic approach to improve carbonate heterogeneity prediction; Lower Cretaceous, Abu Dhabi. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference. Society of Petroleum Engineers, p. 2409 – 2446.*
- James, G. A., Wynd, J. G (1965) *Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. American Association of Petroleum Geologist Memoir Bulletin, 49: 2182 - 2245.*
- Jervey, M. T (1988) *Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In: Wilgus C. K., Hastings B. S., Kendall. C. G., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C (1988) Sea level change: An integrated approach, SEPM, Spec. Publication 42: Tulsa, p. 47 – 69.*
- Kalanat, B., and Vaziri-Moghaddam, H (2019) *The Cenomanian/Turonian boundary interval deep-sea deposits in the Zagros Basin (SW Iran): Bioevents, carbon isotope record and palaeoceanographic model. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 533: 107 - 124.*
- Pellerin, M., Lanteaume, C., Fournier, F., Borgomano, J (2018) *Testing geologic assumptions and scenarios in carbonate exploration: Insights from integrated stratigraphic, diagenetic and seismic forward modeling. The Leading Edge, 37: 672 – 680.*
- Taheri, M. R., Vaziri-Mogaddam, H., Taheri, A., Ghabeishavi, A (2017) *Biostratigraphy and paleoecology of the Oligo - Miocene Asmari Formation in the Izeh zone, Zagros basin. Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana, 69 : 1.*