

بررسی روش‌های شبیه‌سازی گوسی منقطع و چندگوسی منقطع در شبیه‌سازی محیط‌های رسوبی

خدیجه فتحی‌زاهد^{۱*}، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ■ محسن مسیحی^۱، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

مدل‌سازی مناسب محیط‌های رسوبی اهمیت فراوانی در اکتشاف نفت و گاز دارد؛ چراکه این امکان را به زمین‌شناسان می‌دهد تا رفتار سیستم‌های زمین را تجزیه و تحلیل کنند. بدین ترتیب، با به‌کارگیری سناریوهای مختلف، تصمیم‌های مهمی جهت مدیریت محیط‌های رسوبی امکان‌پذیر می‌شود. امروزه روش‌های زمین‌آماري کاربرد گسترده‌ای در شبیه‌سازی محیط‌های زمینی پیدا کرده‌اند. روش‌های زمین‌آماري کلاسیک در شبیه‌سازی ساختارهای ناهمگون محدودیت دارند؛ به‌طوری که در برخی موارد نمی‌توانند به‌درستی شبیه‌سازی کنند؛ اما برخی روش‌های جدید زمین‌آماري مثل شبیه‌سازی گوسی منقطع و چندگوسی می‌توانند در مدل‌سازی محیط‌های رسوبی ناهمگون و بسیار پیچیده استفاده شوند. در این تحقیق، ابتدا الگوریتم روش شبیه‌سازی گوسی ترتیبی بررسی شده، سپس با به‌کارگیری روش گوسی منقطع و چندگوسی منقطع، الگوریتم آنها در فضای محیطی رسوبی پیاده می‌شود. الگوریتم‌های به‌کار رفته انعطاف‌پذیر هستند؛ به‌نحوی که به‌راحتی با وارد کردن حداقل داده‌ها، می‌توان آنها را در مخازن نفتی پیاده‌سازی کرد. در این تحقیق روش‌های گوسی منقطع و چندگوسی منقطع، در مدل‌سازی ساختارهای ناهمگون توانمند دیده شده؛ به‌طوری که می‌تواند توصیف مناسبی از ناهمگونی‌های زمینی را نشان دهد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۲/۱۹

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۶/۰۳

واژگان کلیدی:

مدل‌سازی، شبیه‌سازی، محیط‌های رسوبی، گوسی پی‌درپی، گوسی منقطع، چندگوسی منقطع

مقدمه

در محدوده‌ی وسیعی از علوم زمین مانند مهندسی نفت، معدن، علم آب‌شناسی و محیط زیست کاربرد یی باشد. لی‌لخ و گالی روشی برای الگوریتم کاربردی در تحلیل ساختاری و شبیه‌سازی شرطی عنوان کردند. لاتاجول مشکل مشروط‌سازی مدل‌های چندگوسی منقطع به مشاهدات رخساره‌ای را بررسی کرده است. همچنین دیگالارد و همکاران روش شبیه‌سازی چندگوسی منقطع را در مخازن کربناته‌ی^۱ شکافدار بزرگ ایران با هدف بهبود تولید به‌کار بردند. لی‌ماکس و همکاران این روش را برای مطالعه‌ی اثر مدل‌سازی شکاف‌ها بر کارایی مخازن کربناته به‌کار گرفتند.

در تحقیق حاضر روش چندگوسی بررسی می‌شود. از آنجا که فهم این روش نیازمند یادگیری کامل و دقیق شبیه‌سازی گوسی ترتیبی است ابتدا شبیه‌سازی گوسی ترتیبی به‌طور جامع بررسی شده و الگوریتم آن توصیف می‌گردد. سپس شبیه‌سازی گوسی منقطع و چندگوسی منقطع بررسی شده و الگوریتم روش‌های مذکور در برنامه‌ی متلب پیاده‌سازی خواهد شد. الگوریتم‌های نوشته شده روی یک محیط رسوبی آزمایش شده که نتایج حاصل به‌صورت تحقق‌هایی از توصیف ساختار ارائه گردیده و گویای مقدار کاربرد و صحت این مدل‌هاست.

۱- شبیه‌سازی گوسی پی‌درپی (SGS)

این روش برای مدل‌سازی متغیرهای پیوسته و گسسته به‌کار می‌رود. مبنای روش SGS بسیار ساده و بر اساس کریجینگ^۵ است. روش کریجینگ تخمینی از میانگین و انحراف معیار از متغیر مورد نظر در هر

هدف از مدل‌سازی محیط‌های رسوبی، ایجاد یک مدل گریدندی شده برای اجرای شبیه‌سازی است که بتواند اطلاعات لازم را به‌دست آورد. بخش عمده‌ای از مخازن نفتی کشور شکافدار هستند [۱] که همواره مدل‌سازی مناسب این مخازن یکی از چالش‌های اصلی مهندسان نفت بوده است. وجود شکستگی‌های مختلف و ماهیت تعاملی شکاف‌ها و ماتریس در این نوع مخازن باعث پیچیدگی بسیار آنها می‌شود و روش‌های مرسوم شبیه‌سازی مخازن را با عدم قطعیت‌هایی مواجه می‌کند [۲]. به‌طور کلی با به‌کارگیری یک مدل محیط شبیه‌سازی شده می‌توان سناریوهای مختلف برای محیطی رسوبی پیش‌بینی کرد. مدل‌های مبتنی بر روش‌های آماری کلاسیک دونه‌ای، در نمایش و توصیف ساختارهای پیچیده و انحنادار زمین‌شناختی ناکافی هستند. اما برخی روش‌های جدید زمین‌آماري مثل شبیه‌سازی گوسی منقطع و چندگوسی که بر اساس کریجینگ هستند و گره‌ها را یکی پس از دیگری شبیه‌سازی می‌کنند توانایی مدل‌سازی مناسب چنین محیط‌های پیچیده‌ای را دارند. بررسی‌ها تأکید دارند که تحقیق گسترده‌ای روی شبیه‌سازی چندگوسی منقطع و گستره‌ی کاربرد آن انجام نشده است. مروری بر کارهای چند سال گذشته نشان‌دهنده‌ی اصلاحات کمی روی روش چندگوسی منقطع^۲ است. ایکس‌یو و همکاران، روشی برای اداره‌ی بسیاری از توابع گوسی توسعه دادند [۳]. امری و گنزالز شیوه‌ای برای ترکیب عدم قطعیت مرزهای زمین‌شناسی توسعه دادند [۴]. امری و داسیلوا یک روش هیبرید را برای پیوستگی شبیه‌سازی همراه و متغیرهای مطلق توسعه دادند [۵] که این رویکرد می‌تواند

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (fathizahedkh@yahoo.com)

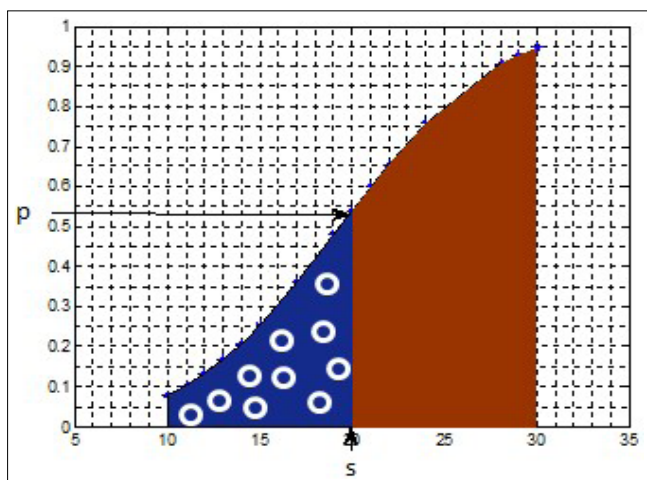
گوسی پی‌درپی از مدل اولیه‌ی ساختاری خود که همان مجموعه‌ی آماره‌های چندنقطه‌ای آنست استفاده می‌کند. در این روش مدل مورد استفاده از نوع چندمتغیره‌ی گوسی است که بیشینه‌ی آنتروپی و در نتیجه بیشینه‌ی مقدار تصادفی بودن را جدا از هیستوگرام داده‌ها و واریوگرام ورودی بر سیستم اعمال می‌کند و بنابراین خطای زیادی دارد. در مدل بیشینه‌ی آنتروپی هیچ الگوی ساختاری که توسط الگوریتم SGS غیرمشروط و تنها با هدف بازسازی واریوگرام ورودی مدل‌سازی شده باشد دیده نمی‌شود [۴].

رویکرد شبیه‌سازی گوسی ترتیبی جهت انجام شبیه‌سازی در متلب به‌صورت گره‌به‌گره در امتداد مسیری تصادفی و از قبل ایجاد شده روی شبکه‌ی شبیه‌سازی پیاده می‌شود. بدین منظور توسط نرم‌افزار متلب، با داشتن مقدار تخلخل در چند نقطه‌ی مشخص و داشتن مقدار واریوگرام همراه ناهمسان‌گردی، برنامه‌ی مربوط به شبیه‌سازی گوسی پی‌درپی (SGS) نوشته شد که نمونه‌ای از یک تحقق ایجاد شده در شکل-۱ دیده می‌شود. موقعیت داده‌های مربوط به چاه‌های معلوم در جدول-۱ و همچنین در شکل‌های ۳-۲ و ۴ در مدل‌های حاصل بانقاط‌سبزرنگ نشان داده شده است.

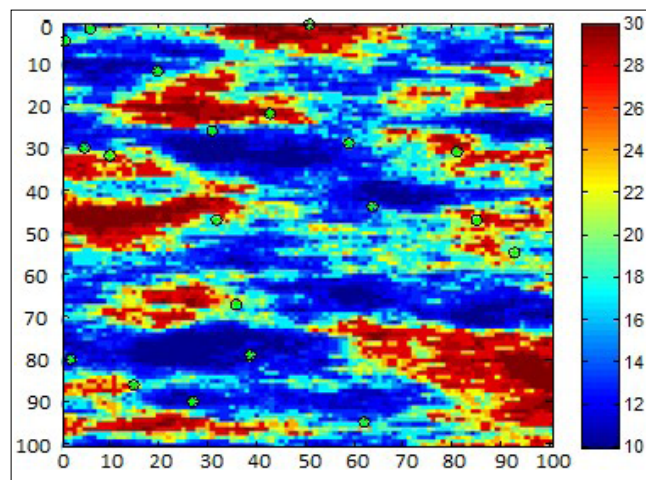
گره‌ی شبکه به‌دست می‌دهد. بدین معنی که می‌توان در هر گره، متغیر را به‌عنوان متغیری تصادفی با توزیع گوسی در نظر گرفت. این روش بر اساس عددی تصادفی که بیانگر سطح احتمال است یک انحراف تصادفی از توزیع نرمال انتخاب می‌کند [۱]. این الگوریتم سعی در تغییر و به‌روزرسانی یک مدل آنتروپی بیشینه‌ی اولیه دارد تا بتواند داده‌های محلی موجود را که ممکن است بیانگر الگوها یا ساختارهایی واری تابع کوواریانس اولیه باشند در مدل ساخته شده شبیه‌سازی کند [۲].

به‌طور خلاصه الگوریتم روش SGS به‌صورت زیر است:

- الف) ایجاد مسیری تصادفی در امتداد گره‌های شبکه
 - ب) بازبینی اولین گره در امتداد مسیر و استفاده از کریجینگ جهت تخمین میانگین و انحراف معیار برای متغیر در همان گره بر اساس مقادیر داده‌های موجود در اطراف گره
 - ج) انتخاب مقداری تصادفی از توزیع نرمال نظیر و قرار دادن مقدار متغیر در آن گره
 - د) بازبینی متوالی هر گره در مسیر تصادفی و تکرار فرآیند [۳]
- علاوه بر نقاط معلوم، هیستوگرام و واریوگرام ورودی، مدل‌سازی



شکل ۲ | نمونه‌ی نمودار CDF و نمایش نحوه‌ی تعریف مقدار آستانه‌ای



شکل ۱ | نمونه یک توزیع تابع تصادفی گوسی Y دو بعدی

Well number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x	1	2	5	6	10	15	20	27	31	32	39	43	51	59	62	64	36	81	85	93
Y	5	80	30	2	32	86	12	90	26	47	79	22	1	29	95	44	67	31	47	55
phi	17	12	13	19	21	28	12	10	14	22	11	29	30	15	17	13	17	24	28	20

شکل ۳ | داده‌های چاه‌های معلوم

■ توالی تغییرات نسبت نوع سنگ‌ها (مانند NTG) را نشان نمی‌دهد

۲- شبیه‌سازی گوسی منقطع

در شبیه‌سازی گوسی منقطع، رخساره‌ها به‌طور مستقیم شبیه‌سازی نمی‌شوند. در ابتدا یک تابع تصادفی گوسی ثابت شبیه‌سازی می‌گردد و سپس با توجه به اطلاعات زمین‌شناسی، توسط برش‌هایی به نام مقدار آستانه‌ای^{۱۱} به رخساره‌های مختلف تبدیل می‌شود.

۲-۱- تعریف آستانه‌ها

x را هر نقطه‌ای در منطقه‌ی شبیه‌سازی شده و $I_{F_1}(x)$ و $I_{F_2}(x)$ را شاخص‌هایی از رخساره‌های F_1 و F_2 قرار داده و $Z(x)$ تابع گوسی شبیه‌سازی شده در نقطه‌ی x در نظر گرفته می‌شود. تبدیلات استفاده شده به‌زبان ریاضی طبق رابطه‌ی ۱- است:

$$I_{F_1}(x) = l \Leftrightarrow -\infty < z(x) < s \quad (1)$$

هنگامی که در نظر باشد متغیرهای رخساره‌ای با بیشتر از دو مقدار شبیه‌سازی شوند باید بیشتر از یک مقدار آستانه برای تابع توزیع تعریف شود ($N-1$ مقدار آستانه‌ای برای N مقدار رخساره‌ی ممکن). رخساره‌ی i ام از F_i با رابطه‌ی ۲- تعریف می‌شود:

$$x \in F_i \Leftrightarrow I_{F_i}(x) = l \Leftrightarrow s_{i-1} \leq z(x) < s_i \quad (2)$$

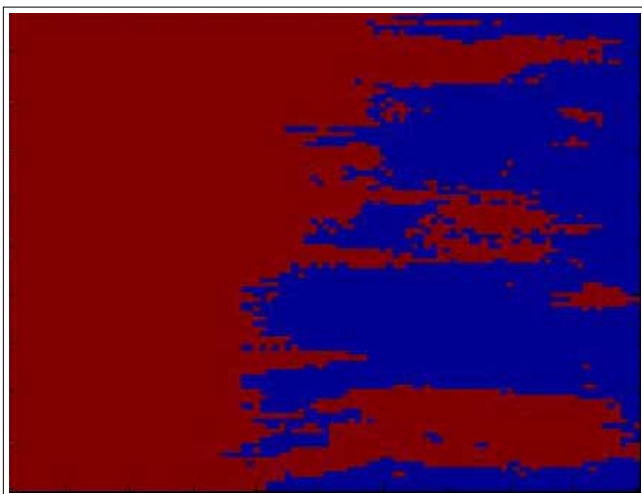
حد آستانه‌ها در روند افزایشی طبق رابطه‌ی ۳- تعریف می‌شوند:

$$s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_{i-1} \leq s_i \leq s_{i+1} \leq \dots \leq s_{N-1} \quad (3)$$

بدیهی است که به هر نقطه در مدل تنها یک مقدار رخساره تعلق می‌گیرد [۵].

۲-۲- عبور بین رخساره‌ها

اگر مقدار عرض از مبدأ واریوگرام ناچیز و در حد صفر باشد تابع



شکل ۴ | نقشه‌ی برش با حد آستانه‌ای متغیر خطی

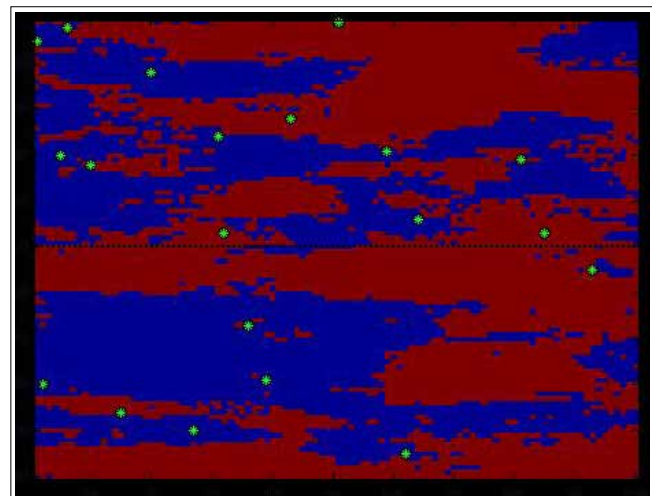
همان‌طور که مشاهده می‌شود نقشه‌ی حاصل به‌وضوح مقدار تخلخل را در موقعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. محل‌های با تخلخل زیاد با رنگ قرمز و محل‌های با تخلخل کم با رنگ آبی نشان داده شده‌اند. طبق نقشه‌ی حاصل برای تابع گوسی ترتیبی، محل‌های کاملاً تراوا به‌وضوح مشخص شده‌اند و می‌توان با ارزیابی طول همبستگی نواحی تراوا، نقاط مناسب برای چاه‌ها و حفاری‌های جدید را تخمین زد.

روش گوسی پی‌درپی اهمیت و کاربرد فراوانی دارد؛ چراکه بسیار ساده و آسان توزیع‌های شرطی شده را ایجاد می‌کند. این روش می‌تواند برای مدل‌سازی مخازن نفت و گاز، تعیین چگالی شکاف‌ها، تعیین محل حفر چاه‌ها برای استخراج نفت و گاز، میان‌یابی، یافتن مقدار ذخیره‌ی معادن و مقدار عدم قطعیت در حجم ذخیره، مدل‌سازی محیط‌های زیرسطحی، شبیه‌سازی ناهمگونی‌های مخزن در مقیاس‌های مختلف، شبیه‌سازی محیط‌های رودخانه‌ای دلتایی و تعیین نحوه‌ی توزیع تخلخل و تراوایی به‌کار رود.

علت محدودیت‌های مدل‌سازی گوسی پی‌درپی در بازسازی ساختارهای انحنادار^۷، روش پیاده‌سازی یا مدل به‌کار رفته‌ی واریوگرام نیست؛ بلکه به‌صورت ضمنی به‌دلیل مدل گوسی SGS است. همان‌گونه که این مدل‌سازی در برخی موارد زمین‌آمار چندنقطه‌ای^۸ و تصویر آموزشی^۹ به‌کار رفته نمی‌تواند ساختارهای موجود در تصویر مرجع را به‌خوبی حفظ کند. تصاویر آموزشی، تنها مدل‌های ساختاری‌اند و از این‌رو نیازی به تأمین دقت محلی ندارند و به هیچ‌یک از مقادیر داده‌های سخت مشروط نمی‌شوند.

به‌طور کلی شبیه‌سازی گوسی پی‌درپی در موارد زیر محدودیت دارد:

- از دو نقطه برای ارزیابی استفاده می‌کند
- تحت تأثیر نقاط خارج از محدوده^{۱۰} قرار می‌گیرد
- نمی‌تواند ساختارهای پیوسته را لحاظ کند



شکل ۳ | نقشه‌ی برش اعمال شده برای گروه تصادفی $Y < s$

تغییرات زیادی دارد. همچنین تغییرات رخساره‌ها در فضای مدل نیز می‌تواند این تأثیر را کاهش دهد. به‌ویژه زمانی که برخی از رخساره‌ها در محلی ناپدید می‌شوند [۶].

۳-۲- پیوند بین آستانه‌ها و نسبت

دید شد که نسبت یک رخساره‌ی F_i در نقطه‌ی x ، احتمال داشتن رخساره‌ی F_i در نقطه‌ی x است. بنابراین می‌توان رابطه‌ی -۴ را نوشت:

$$I_{F_i}(x) = I \Leftrightarrow s_{i-1} \leq Z(x) < s_i \quad (4)$$

همچنین طبق رابطه‌ی -۵:

$$p_{F_i}(x) = P(s_{i-1} \leq Z(x) < s_i) = P(-\infty < Z(x) < s_i) - P(-\infty \leq Z(x) < s_{i-1})$$

$$p_{F_i}(x) = G(s_i) - G(s_{i-1}) \quad (5)$$

که در اینجا $G(s)$ تابع توزیع تجمعی برای توزیع نرمال استاندارد است $N(0,1)$ چراکه نسبت هر رخساره به‌طور تجربی مشخص است و تنها می‌توان این ارتباط را برای کاهش آستانه‌ها معکوس کرد [۵]:

$$s_1 = G^{-1}[p_{F_1}(x)]$$

$$s_1 = G^{-1}[p_{F_1}(x) + p_{F_2}(x)] \quad (6)$$

$$s_1 = G^{-1}[p_{F_1}(x) + p_{F_2}(x) + \dots + p_{F_i}(x)]$$

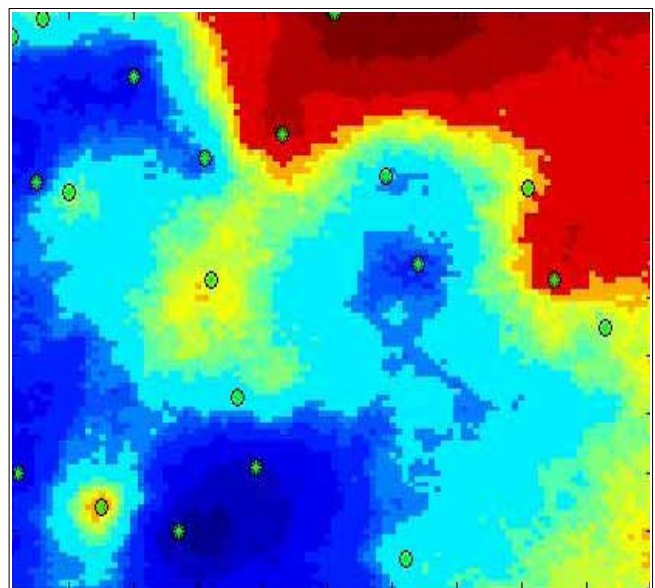
مدل گوسی منقطع (با دو رخساره) با داشتن دو عامل زیر تعریف می‌شود:

الف) یک تابع تصادفی گوسی Y ، که با کوواریانس $\rho(h)$ توصیف شده است

ب) یک مقدار حد آستانه‌ای در تابع احتمال تجمعی (CDF) با احتمال p

برای شبیه‌سازی دو تابع تصادفی گوسی F_1 و F_2 ابتدا نتیجه‌ای از

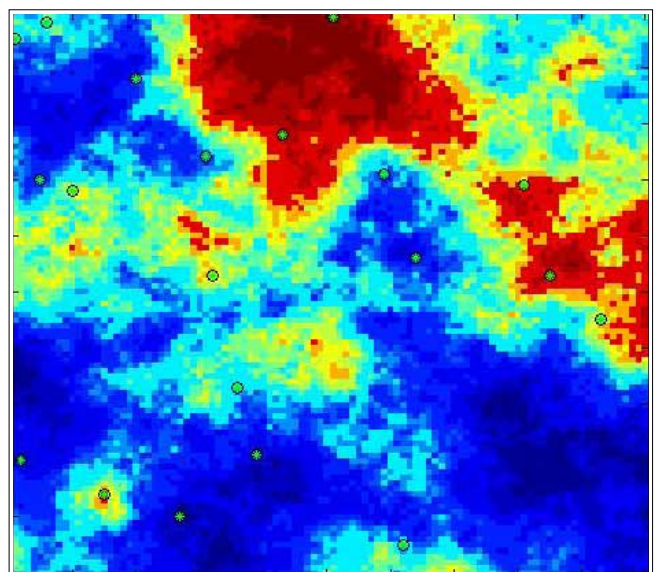
گوسی شبیه‌سازی شده پیوسته است. فرض کنید مطالعه‌ی مقادیر شبیه‌سازی شده برای رفتن از نقطه‌ی x به y در نظر باشد. برای هر مقدار متوسط بین $Z(x)$ و $Z(y)$ باید حداقل یک نقطه وجود داشته باشد. فرض کنید x و y به ترتیب به رخساره‌های متفاوت F_i و F_j تعلق دارند که در اینجا $j < i$ و در نظر باشد تمام رخساره‌های میانی ارزیابی شوند. در تمامی مسیرها، $F_k (i < k < j)$ نقاط x و y را به هم متصل می‌کند. بنابراین تماس‌های ممکن که با استفاده از گوسی منقطع، با مرتب‌سازی حدآستانه‌ها تعریف شده‌اند. تشخیص موقعیت فضایی داده‌ها می‌تواند این تأثیر را کاهش دهد. به‌ویژه هنگامی که نسبت متغیر گوسی



شکل ۵ | تابع تصادفی گوسی با دامنه‌ی بزرگ (Y1)



شکل ۷ | تحقیق از بافت مقیاس ترکیبی



شکل ۶ | تابع تصادفی گوسی با دامنه‌ی کوچک (Y1)

مقدار p محیط‌های قطعی CDF از مقادیر گوسی است. شکل ۳- نقشه‌ی حاصل از الگوریتم گوسی منقطع را نشان می‌دهد.

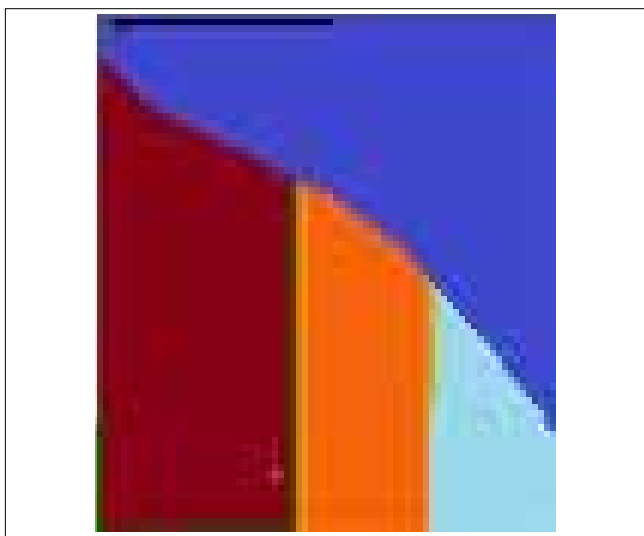
این نوع مدل‌سازی به‌وضوح مسیر کانال‌ها و پیچ‌وخم‌هایی مثل پیچ‌وخم رودخانه‌های پر پیچ‌وخم^{۱۴}، روند ایجاد رسوبات کنار رودخانه‌ها و مواردی از این قبیل را نشان می‌دهد.

روش شبیه‌سازی گوسی منقطع مثل سایر روش‌های زمین‌آماری مانند مدل‌های زمین‌آماري چندنقطه‌ای و کریجینگ نشانگر^{۱۴}، روشی برای شبیه‌سازی توزیع فضایی رخساره‌ها و نوع سنگ است [۷]. این روش که مقادیر مناسبی برای تخلخل و تراوایی نوع سنگ به‌دست می‌آورد برای محیط‌هایی با ساختار لیتولوژی تریبی طراحی شده و در مخازن زیرسطحی هم کاربرد دارد [۵].

هدف مهم در شبیه‌سازی گوسی منقطع، برپایی یک یا چند شبیه‌سازی توابع تصادفی نرمال استاندارد در فضای مورد نظر که برای نوع سنگ یا رخساره‌ها، به مقادیر شبیه‌سازی شده در هر نقطه بستگی دارد. در روش گوسی منقطع، لایه‌ها باید توالی تعریف شده‌ای داشته باشند که این مورد از محدودیت‌های روش گوسی منقطع است.

۳- روش شبیه‌سازی چندگوسی منقطع

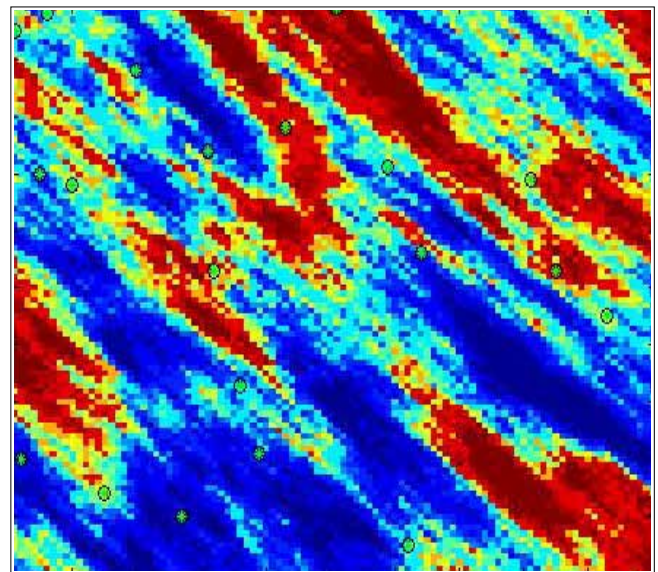
این روش، توسعه‌یافته‌ی روش گوسی منقطع است با این تفاوت که می‌تواند به‌طور هم‌زمان از دو یا چند تابع گوسی استفاده کند و لایه‌ها می‌توانند توالی تعریف شده‌ای نداشته باشند. چهار گام اصلی در شبیه‌سازی چندگوسی بدین شرح است: انتخاب مدل مناسب، تخمین مقادیر متغیرهای، آن به‌دست آوردن مقادیر متناظر با نوع سنگ نقاط نمونه و سرانجام اجرای شبیه‌سازی مشروط با استفاده از مقادیر گوسی حاصل در گام‌های پیشین [۸ و ۹].



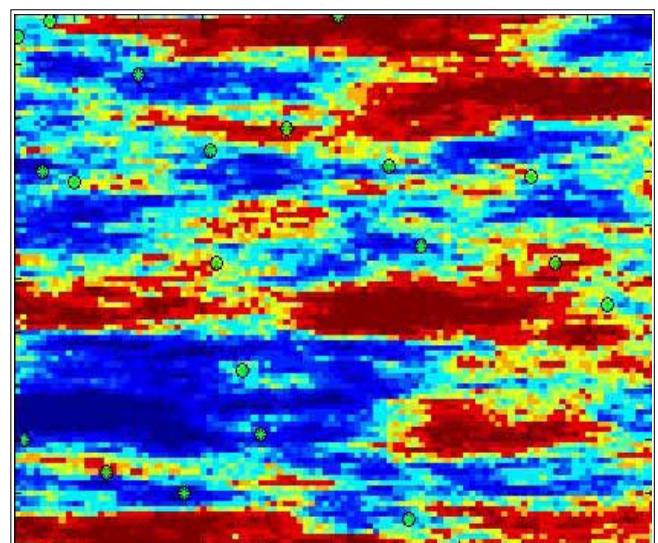
شکل ۱۰ | رخساره‌ی آبی تیره سایر رخساره‌ها را فرسایش داده است

تابع تصادفی گوسی پیوسته محاسبه می‌شود. پس از یافتن نقشه‌ی گوسی ترتیبی (SGS)، نمودار تابع توزیع تجمعی (CDF) مربوطه محاسبه و رسم می‌گردد (شکل ۲-).

روی نمودار CDF مربوطه، مقدار حد آستانه‌ای $s=0.50$ از احتمال کل جدا شده و روی نمودار SGS اعمال گردیده است. این مطلب گویای آنست که اگر مقدار گوسی شبیه‌سازی شده کمتر از s بود رخساره‌ی F1 و در غیر این‌صورت، رخساره‌ی F2 محاسبه شده است. s مقدار آستانه‌ای است. در این مرحله نقشه‌ی گوسی منقطع به‌دست می‌آید. تمامی مقادیر شبیه‌سازی شده‌ی کمتر از s ، به‌رنگ آبی (با دایره‌های درونی) و مقادیر بیش از حد آستانه‌ای به‌رنگ قرمز هستند. مقدار s به‌وضوح مقارن با



شکل ۸ | تابع گوسی تصادفی با جهت ناهمسان‌گردی ۴۵ درجه



شکل ۹ | تابع گوسی تصادفی با جهت ناهمسان‌گردی صفر درجه

با دامنه‌ی کوچک (دامنه = ۵) نشان داده شده است. الگوریتم محاسباتی مثل قبل با برنامه‌ی نوشته شده در محیط متلب برای روش SGS است. در گام بعدی دو تابع حاصل با روش چندگوسی منقطع ترکیب شد که نتیجه در شکل ۷- نشان داده شده است. روند مذکور الگویی جالب با یک بافت مقیاس ترکیبی تولید می‌کند.

این روش می‌تواند توابع گوسی یکسان با ناهمسان‌گردی‌های مختلف را نیز با هم ترکیب کند. برای مشاهده‌ی این حالت، تابع گوسی با ناهمسان‌گردی در جهت ۴۵ درجه (شکل-۸) و تابع گوسی با ناهمسان‌گردی در جهت صفر درجه (شکل-۹) در نظر گرفته شده و با نقشه‌ی برش شکل-۱۰ با روش چندگوسی ترکیب گردیده‌اند که نتیجه‌ی نهایی در شکل-۱۱ ارائه شده است.

در آخرین بخش، توانایی روش چندگوسی منقطع در ترکیب توابع همسان‌گرد و ناهمسان‌گرد بررسی شده است. بدین منظور، تابع تصادفی گوسی همسان‌گرد شکل-۱۲ و تابع تصادفی گوسی ناهمسان‌گرد شکل-۱۳ توسط الگوریتم SGS محاسبه شده‌اند. این دو تابع با نقشه‌ی برش ارائه شده در شکل-۱۴ (که با کدنویسی آن در برنامه‌ی متلب به‌دست آمده)، ترکیب گردیده و نقشه‌ی نهایی شکل-۱۵ با روش چندگوسی منقطع به‌دست آمده است.

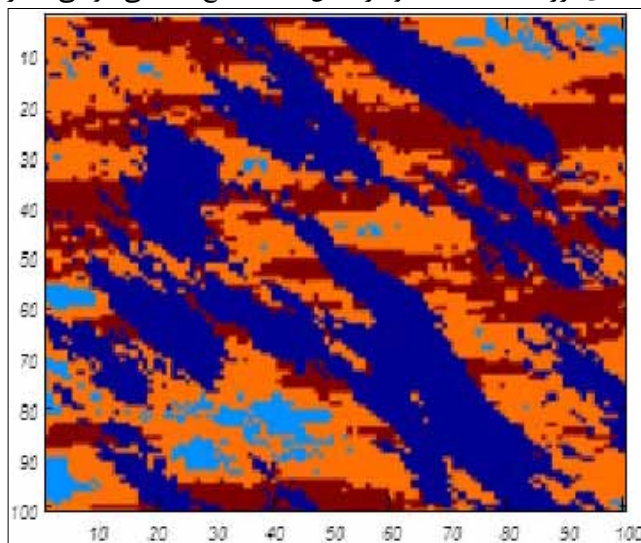
طبق نتایج نقشه‌ی برش حاصل که شبیه به محیطی دلتایی است مقایسه و ارزیابی گردید. توجه شود که در غیر این صورت چنین ساختارهای پیچیده‌ای را باید با روش‌هایی بر اساس فرآیند ایجاد^{۱۵} مدل‌سازی کرد که گاهی بسیار دشوار است.

نتیجه‌گیری

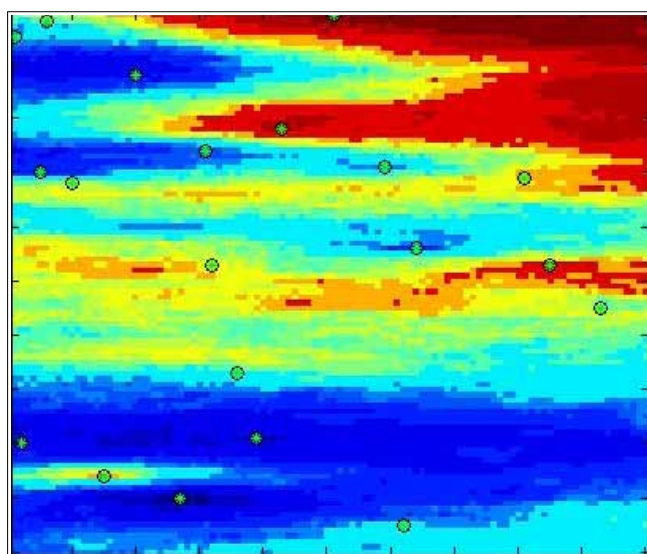
در این تحقیق، روش‌های شبیه‌سازی گوسی منقطع و چندگوسی منقطع جهت شبیه‌سازی محیط‌های ناهمگون

به‌همین منظور با ثابت ماندن تابع تصادفی گوسی، حالت‌های مختلف حدود آستانه‌ای بررسی خواهد شد. در مراحل قبل، برای تابع گوسی به‌کار رفته در شکل-۱ حد آستانه‌ای خطی اعمال شده بود که نتیجه در شکل-۳ مشاهده شد. در اینجا می‌توان حد آستانه‌ای متغیر خطی در نظر گرفت. تأثیر برش خطی در شکل-۴ نشان داده شده است.

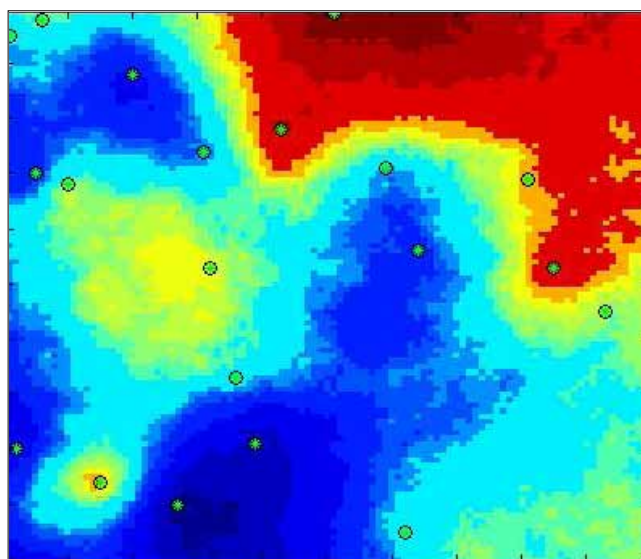
همان‌طور که در شکل-۴ مشاهده می‌شود تغییر حدود آستانه‌ای منجر به ایجاد تحقق‌های متفاوتی از سیستم می‌گردد. بنابراین مدل‌سازی چندگوسی به نسبت رخساره‌های غیرساکن حساس است. در این بخش قابلیت روش چندگوسی منقطع، در ترکیب توابع گوسی مختلف نشان داده شده است. در شکل-۵ یک تابع تصادفی گوسی با دامنه‌ی بزرگ (دامنه = ۵۰) و در شکل-۶ یک تابع تصادفی گوسی دیگر



شکل ۱۱ | شبیه‌سازی چند رخساره با برش دو تابع گوسی تصادفی

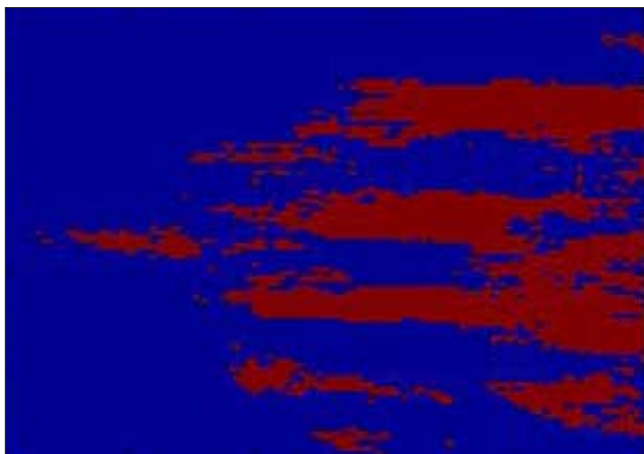


شکل ۱۳ | تحقیق از تابع تصادفی گوسی ناهمسان‌گرد



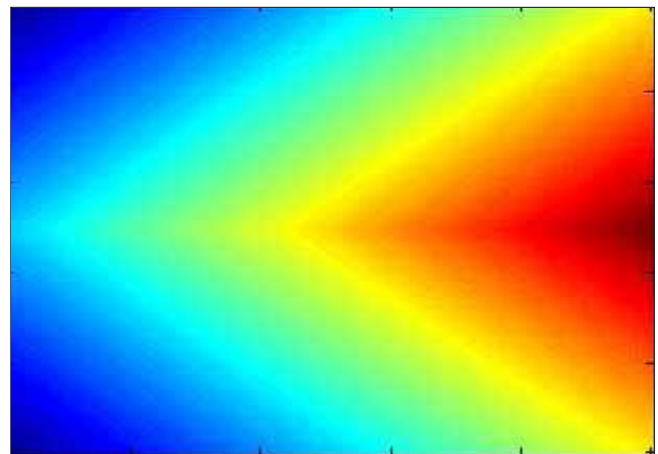
شکل ۱۲ | تحقیق از تابع تصادفی گوسی همسان‌گرد

به طور خاص الگوریتم مدل‌های مذکور با داشتن داده‌های تخلخل و مدل واریوگرام (مانند مدل گوسی) از نقاط معلوم در محیط برنامه‌نویسی متلب نوشته شدند. این الگوریتم‌ها به نحوی هستند که می‌توان با تغییر داده‌های ورودی، آنها را برای هر محیط و مخزن دیگر نیز به کار برد و به نتایج مورد نظر دست یافت. این روش می‌تواند در حوزه‌های مختلف مانند مدل‌سازی پدیده‌های جانبی در محیط‌های رسوبی (مانند سطح تماس رخساره‌ها و تغییرات محیطی دیگر) و شبیه‌سازی مخازن شکافدار توسعه داده شود. ■



شکل ۱۵ | نمونه‌ی نقشه‌ی برش یک محیط دلتایی

مرور گردید. با توجه به محدودیت اطلاعات اندازه‌گیری شده، معمولاً در برخی بخش‌های مخزن اطلاعات مورد نیاز موجود نیست. بنابراین با مدل‌سازی مناسب احتمال‌گرا می‌توان به تخمین‌های مورد نیاز دست یافت. یکی از روش‌های احتمال‌گرای مناسب برای توصیف برخی پدیده‌ها که در این تحقیق بررسی شده، روش چندگوسی منقطع است. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های گوسی منقطع و چندگوسی منقطع برای شبیه‌سازی ساختارهای ناهمگون امکان‌پذیر بوده و می‌توانند با موفقیت برای شبیه‌سازی چنین ساختارهایی استفاده شوند. در این تحقیق،



شکل ۱۴ | نقشه‌ی نسبت‌های رخساره‌ها

پانویس‌ها

1. masihi@sharif.edu
2. truncated plurigaussian
3. Carbonate reservoirs
4. Sequential Gaussian simulation
5. Kriging
6. Realization
7. Curvilinear
8. Multipoint statistics
9. Training image
10. Outlier
11. Thresholds
12. gaussian random function
13. Meandering river
14. Indicator kriging
15. Process based model

منابع

- [1] Van Golf-Racht, T.D., Fundamentals of Fractured Reservoir Engineering, Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam, 1982.
- [2] Turgay Ertekin, Jamal H. AbouKassem, Gregory R.King, Basic Applied Reservoir Simulation, Society of Petroleum Engineering Inc., 2001.
- [3] Xu C, Dowd PA, Mardi K, Fowler R, A flexible true plurigaussian code for spatial facies simulations. Comput Geosci 32:1629-1645, 2006.
- [4] Emery X, Gonzalez KE, Probabilistic modelling of mineralogical domains and its application to resources evaluation. J South African IMM 107(12):803-809, 2007a.
- [5] Emery X, Silva DA Conditional co-simulation of continuous and categorical variables for geostatistical applications. Comput Geosci 35:1234-1246, 2009.
- [6] Didier Renard, New trends in the truncated plurigaussian simulations used for reservoir descriptions, Journées de Géostatistique, 2005.
- [7] Richard W., Margaret A., Geostatistics for Environmental Scientists, Second Edition, Statistics in Practice, 2007
- [8] Didier R., New trends in the truncated plurigaussian simulations used for reservoir descriptions, J.Journées de Géostatistique, 2005.
- [9] Grammer GM, Eberli GP, Van Buchem FSP, Stevenson GM, Homewood PW., Application of high resolution sequence stratigraphy in developing an exploration and production strategy for a mixed carbonate/siliciclastic system (Carboniferous), Paradox Basin, USA. In: Homewood PW, Eberli GP (eds) Genetic Stratigraphy on the Exploration and Production Scales: Case Studies from the Pennsylvanian of the Paradox Basin and the Upper Devonian of Alberta, Elf Aquitaine Memoir 24, pp 29-69, 2000.