

بهبود مدلسازی تخلخل، توسط رویکرد تئوری بیزین ترکیب اطلاعات، در میدان نفتی آزادگان

عطیه مظاهری طرئی^{۱*}، حسین معاریان^۲، بهزاد تخم چی^۳ و بهزاد مشیری^۴

۱-دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی معدن^۲-دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی معدن

۳-دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک^۴-دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

atie_mazaheri@ut.ac.ir

چکیده

تخلخل یکی از سه متغیر مهم در ارزیابی ویژگی‌های یک میدان نفتی است. به طور معمول از نمودارهای چاه‌نگاری به منظور تخمین تخلخل استفاده می‌شود. تخلخلی که از این نگارها به دست می‌آید، تحت تأثیر عواملی همچون دما، فشار، نوع سیال، میزان هیدروکربور و شیل موجود در سازند قرار می‌گیرد و در نتیجه با میزان واقعی تخلخل کمی متفاوت است. بنابراین تخمین‌های توأم با خطا و عدم قطعیت هستند. شاید بهترین و در عین حال عملی‌ترین روش جهت کاهش عدم قطعیت تخمین‌ها، استفاده از منابع مختلف داده جهت تخمین و در واقع استفاده از تکنیک‌های ترکیب اطلاعات باشد. کارکرد اصلی این تکنیک‌ها، افزایش اطمینان و کاهش ریسک در تصمیم‌گیری‌ها است. در این تحقیق، با استفاده از تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) مقادیر تخلخل در ۴ چاه از میدان نفتی آزادگان تخمین زده شده است. برای بررسی قابلیت تعمیم این روش، تخلخل در یک چاه دیگر میدان نیز تخمین زده شده است. از حداکثر هفت متغیر ورودی برای تخمین تخلخل در چاه مورد مطالعه استفاده شده است. نتایج نشان داد که تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) نسبت به روش‌های متداول (رگرسیون چندمتغیره و شبکه عصبی) که همبستگی نتایج با یافته‌های مغزه در این روش‌ها حدود ۰/۷ تا ۰/۸ می‌باشد، تخلخل را به مراتب، بهتر تخمین زده است. به نحوی که همبستگی نتایج با نتایج مغزه حفاری بیش از ۰/۹ به دست آمده است.

کلید واژه: عدم قطعیت، تفکیک، نوفه، ترکیب اطلاعات، تئوری بیزین، تخمین، میدان آزادگان

۱- مقدمه

تخلخل یکی از سه متغیر مهم در ارزیابی ویژگی‌های یک میدان نفتی است. تخلخل یک سنگ را می‌توان به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی کرد. تخلخل اولیه در حین رسوب‌گذاری و تخلخل ثانویه در اثر فرآیندهای پس از رسوب‌گذاری شکل می‌گیرد. تخلخل وابسته به اندازه و نحوه قرارگیری دانه‌ها بوده و همین‌طور به مقدار سیمان یا مواد پرکننده و عمق تدفین بستگی دارد. تخلخل یک سنگ مخزن از مطالعات مغزه، تکنیک‌های چاه‌پیمایی و آزمایش چاه قابل اندازه‌گیری یا تخمین است. اما هنگامی که حجم فضاها خالی یک سنگ ناچیز باشد، اندازه‌گیری تخلخل با روش‌های ذکر شده بسیار دشوار است. در این‌گونه موارد از روش تزریق جیوه به روی مغزه استفاده می‌شود [۱].

تاکنون روش‌های متنوعی برای تخمین تخلخل در یک مخزن نفتی معرفی شده‌اند که دامنه‌ای از روش‌های سنتی تا روش‌های هوشمند را شامل می‌شوند. در مقابل روش‌های سنتی، روش‌های هوشمند، که در اصطلاح محاسبه نرم^۱ نامیده می‌شوند، قرار دارند. از جمله تکنیک‌های محاسبات نرم می‌توان، به شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی اشاره کرد. این روش‌ها نقش پررنگی در پردازش داده‌های پتروفیزیکی ایفا می‌کنند. ممکن است روش‌های سنتی در مخازن همگن پاسخگو باشند ولی در مخازن ناهمگن، اعتبار همبستگی‌ها کاهش می‌یابد [۲].

در سال‌های اخیر توجه روزافزونی بر روی مساله‌ی تلفیق اطلاعات تولید شده از منابع و سنجنده‌های مختلف به‌منظور افزایش قابلیت‌ها و توانای‌های سیستم‌های هوشمند معطوف گردیده‌است [۳].

تکنیک‌های تلفیق اطلاعات، داده‌های اخذ شده توسط سنجنده‌های مختلف، به همراه اطلاعات مربوطه را با هدف حصول به استنتاج بهتر و مشخص‌تر از آنچه که با بکارگیری هر یک از اطلاعات به شکل منفرد و مستقل بدست می‌آید، با یکدیگر ترکیب می‌کنند. از این‌رو موضوع تلفیق اطلاعات، یکی از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران در چند سال اخیر بوده است [۴، ۵ و ۶]. با این‌که تصمیم‌گیری بر مبنای اطلاعات هر منبع به صورت جداگانه، تصمیمات بعضاً مختلفی را نتیجه می‌دهد، تصمیم‌گیری بر مبنای ترکیب اطلاعات نه تنها مشکل اختلاف در تصمیم‌گیری منابع گوناگون را ندارد، بلکه به علت استفاده از تمام منابع اطلاعاتی ممکن، اطمینان و قطعیت تصمیم‌گیری، بیشتر خواهد بود [۵]. در این مقاله از روش نوین ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) جهت تخمین تخلخل استفاده شده‌است.

۲- تخلخل

تخلخل قسمتی از سنگ است که توسط دانه‌ها پر نشده و به صورت ریاضی با رابطه ۱ تعریف می‌شود [۷]:

$$\phi = \frac{V_b - V_{gr}}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \quad (1)$$

که در آن ϕ = تخلخل، V_b = حجم کپه‌ای سنگ مخزن، V_{gr} = حجم دانه‌ها و V_p = حجم فضاها خالی است. تخلخل مخازن ماسه‌ای معمولاً کمتر از درجه تخلخل مخازن آهکی است. اگر تخلخل مخزنی کمتر از ۰.۵٪ باشد، حفاری از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، چون نمی‌تواند نفت زیادی را در خود ذخیره نماید. در جدول ۱ کیفیت مخازن از نظر میزان تخلخل طبقه‌بندی شده‌است.

¹ Soft Computing

جدول ۱- کیفیت مخازن از نظر میزان تخلخل [۸].

کیفیت مخزن	درجه تخلخل (%)
قابل اغماض	۰-۵٪
ضعیف	۵-۱۰٪
متوسط	۱۰-۱۵٪
خوب	۱۵-۲۰٪
خیلی خوب	۲۰-۲۵٪

۳- ترکیب اطلاعات

تلفیق اطلاعات، ترکیب تجمعی اطلاعات به دست آمده از منابع متعدد دانش، نظیر سنجنده‌ها، به منظور فراهم ساختن درک صحیح و بهتر، از موضوع می‌باشد [۹]. تکنیک‌های ترکیب اطلاعات، اطلاعات منابع مختلف و سایر اطلاعات مرتبط را با هم ترکیب می‌کنند، به نحوی که بتوان استنباط‌های خاصی را ارائه کرد که توسط یک منبع اطلاعاتی مستقل قابل ارائه نبوده‌اند [۱۰]. مهمترین مزیت استفاده از ترکیب اطلاعات منابع چندگانه، این است که اطلاعات هر منبع اطلاعاتی یا عدم قطعیت دارد و یا دقیق نیست. همچنین معمولاً یک ویژگی نمی‌تواند به تنهایی هدف مورد نظر را تامین کند و حتی در حقیقت یک منبع اطلاعاتی، معمولاً نمی‌تواند یک نمونه را از بقیه‌ی نمونه‌ها با دقت مورد انتظار تشخیص دهد [۱۱]. به طور کلی، هدف از پردازش داده‌های حاصل از منابع مختلف، تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت می‌باشد [۱۲]. شاید امروزه در دنیای علم، محدود نمودن تکنیک‌های ترکیب اطلاعات میسر نباشد چرا که بسیاری اوقات پژوهشگران، اطلاعات منابع مختلف را ترکیب می‌کنند، بدون این که نام ترکیب اطلاعات را در گزارشاتشان بیاورند. اما از طرف دیگر، محققان ترکیب اطلاعات، سعی در کلاسیک نمودن و طبقه‌بندی مفاهیم ترکیب اطلاعات به عنوان یک علم کاربردی دارند.

از تکنیک‌های متداول در ترکیب اطلاعات می‌توان به روش‌های چندمتغیره آماری، تکنیک احتمالات شرطی بیزین^۱، دمپستر-شایفر^۲، میانگین وزنی مرتبه یافته^۳، فیلتر کلمن^۴، روش‌های کرنل^۵ و غیره اشاره کرد. روش‌های هوشمند نیز نسبت به روش‌های متداول دارای درصد موفقیت بیشتر و سازگاری بیشتر با شرایط مختلف هستند، اما پیچیدگی مدل‌هایشان نیز بیشتر است. پرکاربردترین تکنیک‌های هوشمند در ترکیب اطلاعات عبارت‌اند از شبکه‌های عصبی مصنوعی و فازی [۱۳]. در این مقاله، به دلیل مزایای ذکر شده، پیرامون ترکیب اطلاعات؛ از تئوری احتمالات شرطی بیزین، برای تخمین تخلخل در یکی از مخازن نفتی میدان آزادگان استفاده شده‌است.

¹ Bayesian theory

² Dempster-Shafer

³ Ordered Weighted Averaging (OWA)

⁴ Kalman Filter

⁵ Kernel methods

۳-۱- مبانی تئوری احتمالات شرطی بیزین

توماس بیز یک ریاضیدان انگلیسی بود که روش‌های اساسی را در تئوری احتمالات ایجاد کرد. تئوری بیزین بیانگر رابطه بین احتمالات شرطی در تئوری احتمال است. فرض مهم در بکارگیری آن، این است که، دانش اولیه یا پیشین را بتوان با یک توزیع احتمال مدل کرد [۱۴]. وقتی که یک پدیده خاص و دقیق مشاهده می‌شود، یک دانش ثانویه و یا پسین را می‌توان با بکارگیری توزیع احتمال شرطی بدست آورد. در واقع تئوری بیزین یک روش عددی برای به‌روزرسانی^۱ کردن احتمال یک فرضیه بنا بر یک مشاهده است. احتمال بیز از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$P(W_i|X) = \frac{P(X \cap W_i)}{P(X)} = \frac{P(X|W_i) P(W_i)}{\sum_{j=1}^c P(X|W_j) P(W_j)} \quad (2)$$

در این رابطه X متغیر ورودی، W_i کلاس مورد نظر و $P(W_i|X)$ احتمال پسین صحیح بودن کلاس W_i برای متغیر X می‌باشد [۱۵].

اگر چه تئوری بیز برای پیشگویی استفاده می‌شود، اما نکاتی وجود دارد که استفاده از این تئوری را در ترکیب اطلاعات محدود می‌کند. نقطه ضعف این تئوری آن است که عدم قطعیت منابع اطلاعاتی را در نظر نمی‌گیرد و با توجه به پیچیدگی در اندازه‌گیری احتمالات پسین، می‌تواند خطا داشته باشد [۱۴].

۴- معرفی میدان مورد مطالعه

میدان نفتی مورد مطالعه، یکی از بزرگ‌ترین میادین نفتی ایران است، که در ۸۰ کیلومتری غرب اهواز و نزدیک مرز ایران و عراق، در پهنه آبادان و قسمت غربی فروافتادگی دزفول واقع است. در این میدان چهار سازند سروک، کژدمی، گدوان و فهلیان و سازند نفتی ایلام و لایه ماسه‌سنگی کژدمی به عنوان سازندهای مورد بهره‌برداری شناخته شده‌اند. چاه‌هایی که در این مطالعه مورد بررسی واقع شدند ۵ چاه مربوط به مخزن سروک واقع در این میدان می‌باشند. سازند سروک به ۱۲ بخش تقسیم‌بندی شده است.

بخش‌های مخزنی ($S_1, S_3, S_7, S_9, S_{11}$) دارای تخلخل متوسط تا عالی؛ که بیشتر از نوع حفره‌ای هستند تا درون دانه‌ای؛ می‌باشند. بخش‌های غیرمخزنی (S_2, S_6, S_{10}, S_{12}) دارای تخلخل پایین تا متوسط و گاهاً ضعیف هستند، که بیشتر از نوع حفره‌ای می‌باشد تا درون دانه‌ای؛ سازند حد متوسط (S_5) دارای تخلخل متوسط تا عالی و گاهاً کم می‌باشد که آن نیز بیشتر از نوع حفره‌ای است. بخش‌های غیر مخزنی تا مخزنی متوسط سازند سروک (S_4, S_8) دارای تخلخل پایین تا متوسط و گاهاً خوب و از نوع حفره‌ای می‌باشند. تخلخل از نوع قالبی در این دوازده بخش وجود ندارد. طول کلی مغزه گرفته شده از ۵ چاه از سازند سروک در این میدان ۳۴۹ متر می‌باشد که بیشتر قسمت‌های مغزه‌گیری شده (۳۳۰ متر) مربوط به قسمت‌های بالایی سازند سروک است [۱۶].

¹ Update

۵- تخمین تخلخل با رویکرد ترکیب اطلاعات

متغیرهای ورودی مورد استفاده در این تحقیق، شامل چاه‌نمودارهای صوتی (DT)، نوترون (NPHI)، چگالی (RHOB)، مقاومت ویژه لثرولوگ عمیق (LLD)، مقاومت ویژه لثرولوگ کم عمق (LLS)، پرتو گاما (CGR) و مقاومت ویژه کروی میکرو (MSFL) هستند. در نتیجه، حداکثر از هفت متغیر ورودی جهت تخمین تخلخل به روش تئوری بیزین استفاده شد. در ادامه مراحل کلی که در این تحقیق برای تخمین تخلخل با استفاده از تئوری بیزین به کار بردیم آمده است.

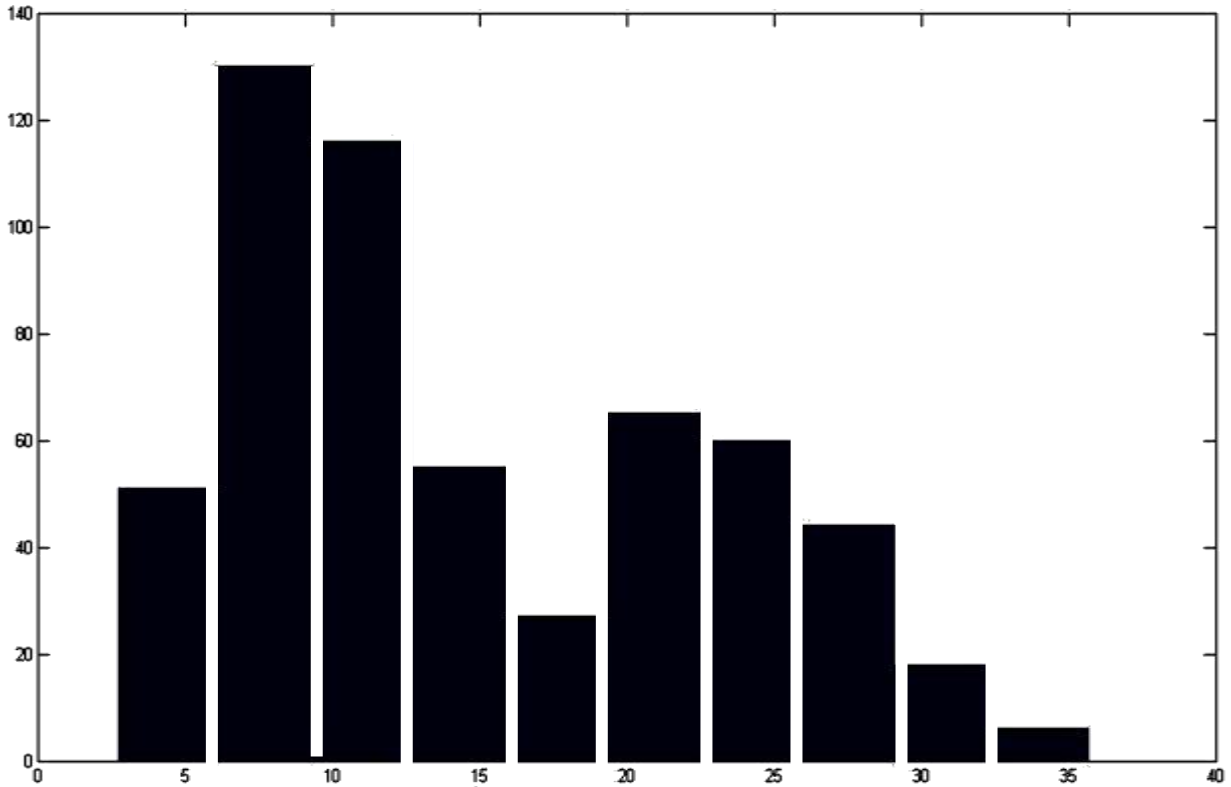
- I. استفاده از داده‌های چاه‌نمودارها و مغزه چهار چاه از میدان مورد مطالعه.
 - II. تقسیم‌بندی تصادفی داده‌های این چهار چاه به ۷۰٪ داده آموزش و ۳۰٪ داده آزمون.
 - III. طراحی طبقه‌بندی کننده بیزین بر مبنای تعداد کلاس‌ها و متغیرهای ورودی در حالت‌های مختلف.
 - IV. کلاسه‌بندی بر مبنای هیستوگرام توزیع فراوانی ۷۰٪ داده‌های تخلخل مغزه (داده‌های آموزش) که نمودار آن در شکل ۲ آمده است، در حالات ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ کلاس با در نظر گرفتن ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ متغیر ورودی برای هر یک از کلاس‌های ذکر شده.
 - V. تخمین تابع توزیع احتمال در هر یک از کلاس‌ها و محاسبه متغیرهای مربوط به آن، یعنی میانگین و کوواریانس.
 - VI. محاسبه احتمال درجه‌ی تعلق هر داده به هر یک از کلاس‌ها با استفاده از رابطه‌ی بیزین.
 - VII. تخمین تخلخل با استفاده از رابطه‌ی امید ریاضی.
 - VIII. تعیین حالات بهینه تخمین از لحاظ تعداد کلاس و متغیرهای ورودی.
- به عنوان مثال رابطه‌ی امید ریاضی برای محاسبه‌ی تخلخل در حالت ۲ کلاس نشان داده شده در شکل ۳، به صورت زیر است:

$$\text{امید ریاضی} = \text{مقدار تخلخل تخمینی} = \text{میانگین کلاس ۱} \times \text{احتمال تعلق به کلاس ۱} + \text{میانگین کلاس ۲} \times \text{احتمال تعلق به کلاس ۲}$$

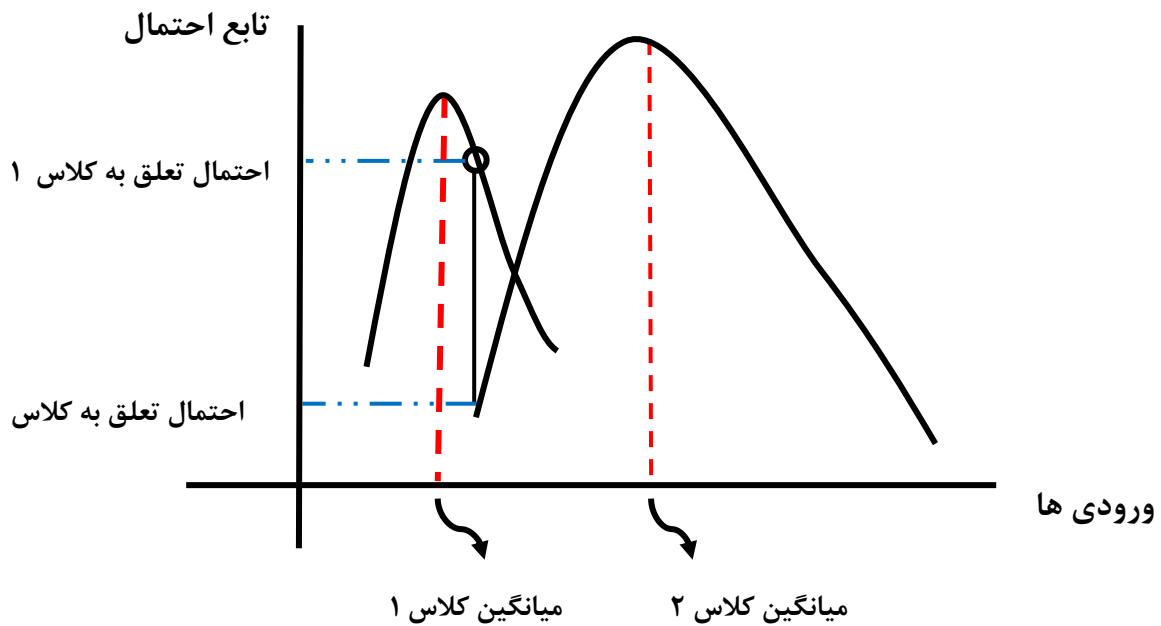
در نهایت پس از استفاده از رابطه ذکر شده، حالات مختلفی حاصل شد. نمونه‌ای از بهترین نتایج حاصل از تخمین به روش بیزین در چاه مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. با بررسی شکل‌های حاصل از تخمین بیزین حالات بهینه‌ای که در جدول ۴ آمده است، انتخاب شد. در دو جدول ۳ و ۴ مقدار CCR ماتریس درهم‌ریختگی؛ بیانگر نرخ صحیح کلاسه‌بندی تکنیک بیزین ترکیب اطلاعات است. نمونه‌هایی از تخمین‌های بهینه در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ آمده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود، هر کدام از این نمودارها، دارای خط برازش شده‌ای بین پاسخ حاصل از تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) و داده‌های چاه‌نمودار هستند. این خط دارای یک شیب و ضریب همبستگی است، که پراکندگی داده‌ها را حول خط برازش شده نشان می‌دهد، هر چه مقدار ضریب همبستگی و شیب خط به عدد ۱، نزدیک‌تر و پراکندگی داده‌ها حول خط برازش کمتر باشد، نشان از پیش‌بینی بهتر این تکنیک دارد. با توجه به ضریب همبستگی بالای بین مقادیر تخمین زده شده و واقعی، به‌خوبی می‌توان دریافت که تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) در تخمین تخلخل موفق بوده است.

جدول ۲- ضریب همبستگی بین تخلخل و سایر متغیرها در چاه مورد مطالعه.

تخلخل	CGR	DT	LLD	LLS	MSFL	NPFI	RHOB	
۱	-۰/۲۴۶	۰/۸۴۸	۰/۳۷۰	۰/۲۸۰	۰/۰۱۲	۰/۷۷۱	-۰/۸۵۵	ضریب همبستگی با تخلخل



شکل ۲- هیستوگرام تخلخل بر مبنای ۷۰ درصد داده‌های تخلخل مغزه (آموزش)، در چاه مورد مطالعه.



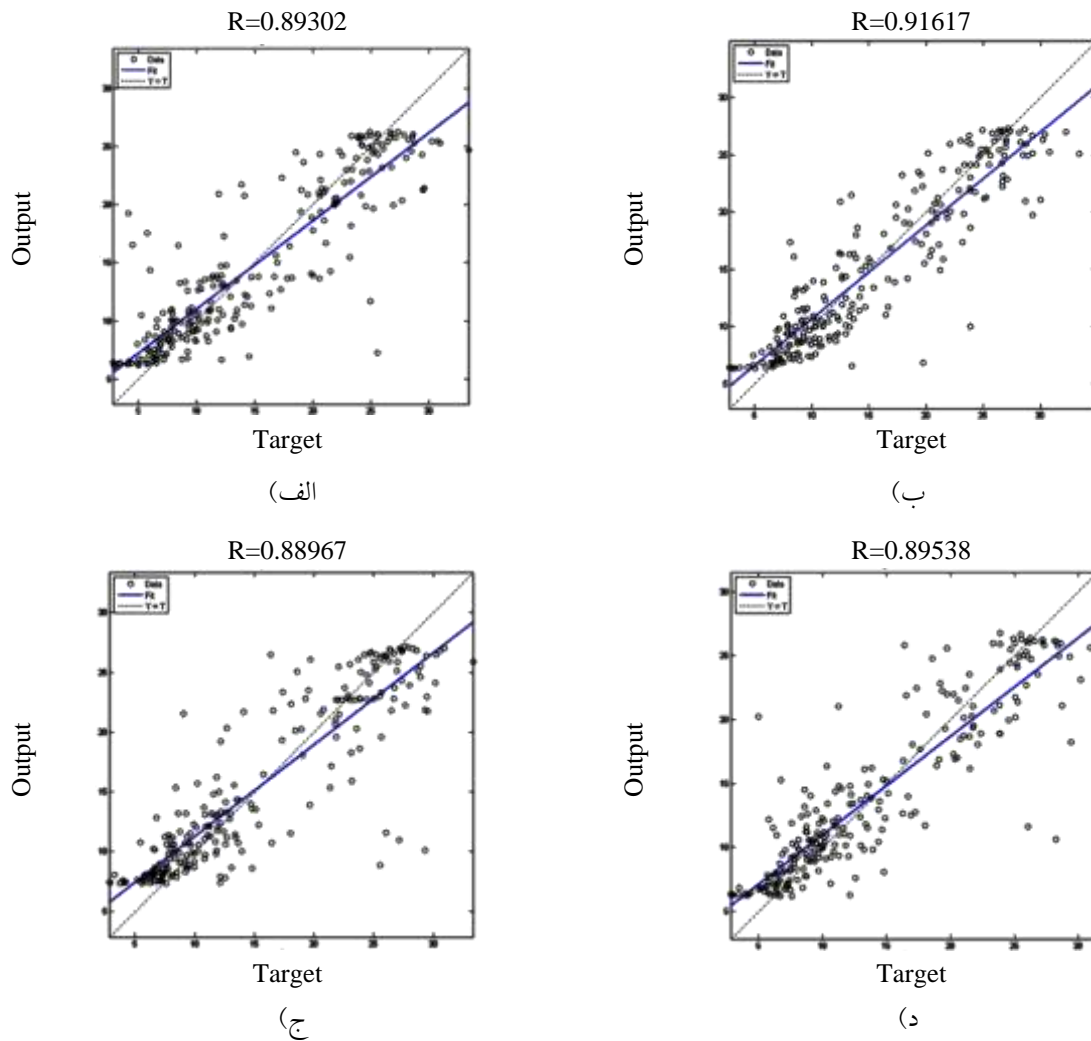
شکل ۳- استفاده از امید ریاضی، برای محاسبه‌ی تخلخل در حالت ۲ کلاس.

جدول ۳- نمونه‌ای از بهترین نتایج حاصل از تئوری بیزین جهت تخمین در ۴ چاه مورد مطالعه.

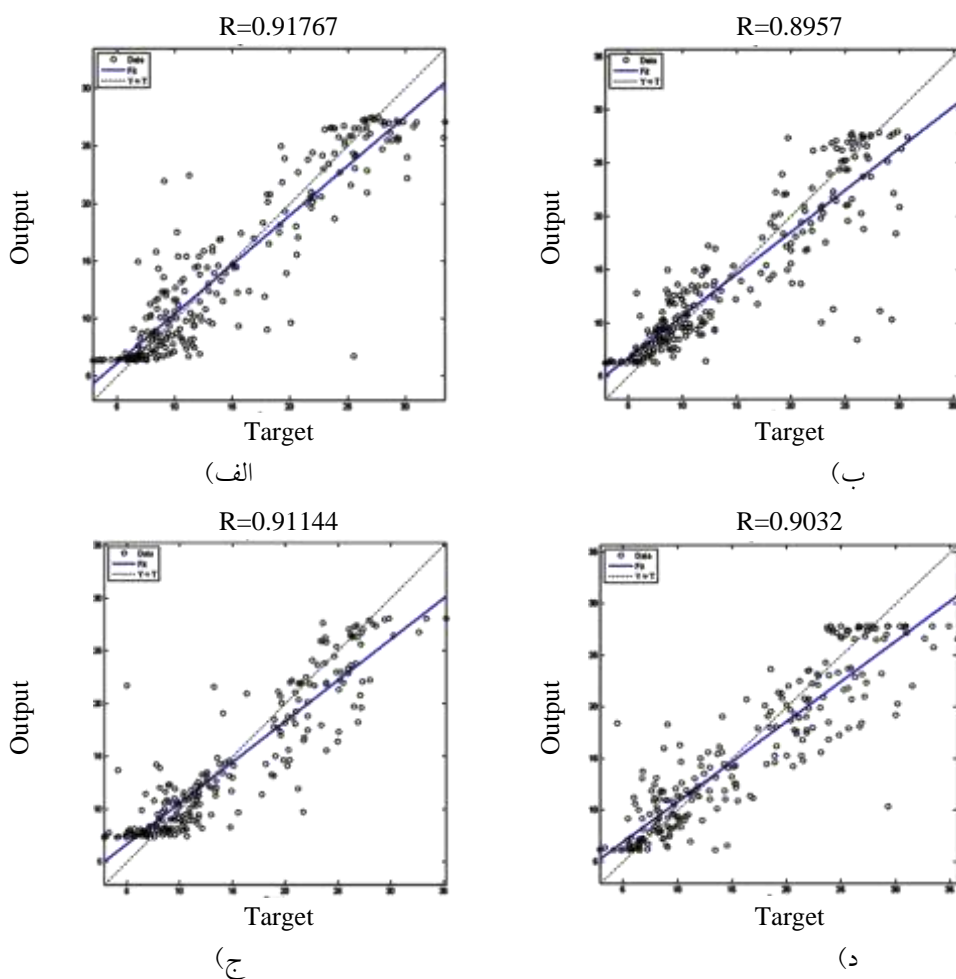
CCR	ضریب همبستگی	حالت مورد بررسی	
		کلاس	متغیر
٪۹۲	٪۸۲	۲	۳
٪۸۲	٪۸۸	۳	۳
٪۶۸	٪۸۹	۴	۳
٪۵۸	٪۸۹	۵	۳
٪۵۶	٪۹۱	۶	۳
٪۹۱	٪۸۷	۲	۴
٪۸۱	٪۸۸	۳	۴
٪۶۹	٪۸۸	۴	۴
٪۵۸	٪۸۹	۵	۴
٪۵۰	٪۹۱	۶	۴
٪۹۱	٪۸۷	۲	۵
٪۸۰	٪۸۸	۳	۵
٪۶۳	٪۸۸	۴	۵
٪۵۷	٪۹۰	۵	۵
٪۵۵	٪۸۹	۶	۵
٪۸۹	٪۸۵	۲	۶
٪۸۰	٪۸۸	۳	۶
٪۶۸	٪۹۱	۴	۶
٪۶۳	٪۹۰	۵	۶
٪۵۴	٪۹۰	۶	۶
٪۹۲	٪۸۸	۲	۷
٪۸۳	٪۹۱	۳	۷
٪۷۰	٪۹۰	۴	۷
٪۶۶	٪۹۳	۵	۷
٪۵۷	٪۹۱	۶	۷

جدول ۴- حالات بهینه تخمین از لحاظ تعداد کلاس و متغیرهای ورودی در ۴ چاه مورد مطالعه.

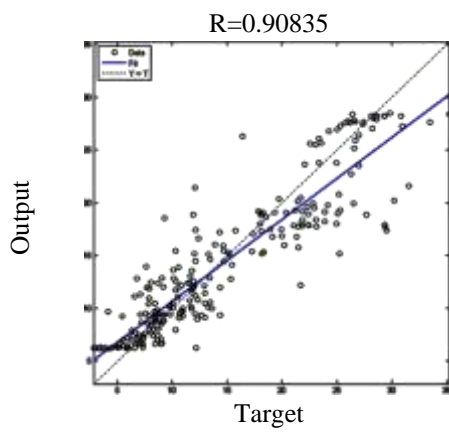
CCR	ضریب همبستگی	حالت مورد بررسی	
		کلاس	متغیر
%۵۸	%۸۹	۵	۳
%۵۶	%۹۱	۶	۳
%۶۹	%۸۸	۴	۴
%۵۸	%۸۹	۵	۴
%۵۰	%۹۱	۶	۴
%۵۵	%۸۹	۶	۵
%۶۸	%۹۱	۴	۶
%۶۳	%۹۰	۵	۶
%۵۴	%۹۰	۶	۶
%۷۰	%۹۰	۴	۷
%۶۶	%۹۳	۵	۷
%۵۷	%۹۱	۶	۷



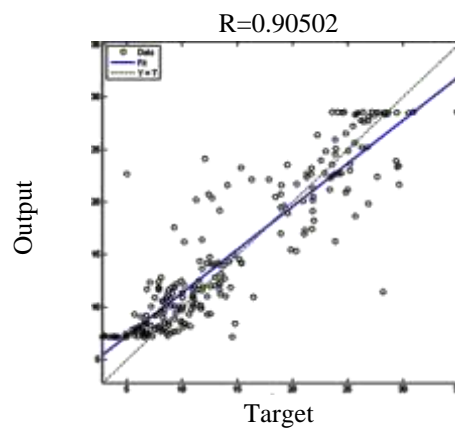
شکل ۴- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیزین در سه حالت، الف) ۳ متغیر و ۵ کلاس ب) ۳ متغیر و ۶ کلاس ج) ۴ متغیر و ۴ کلاس و د) ۴ متغیر و ۵ کلاس برای داده‌های آزمون ۴ چاه مورد مطالعه.



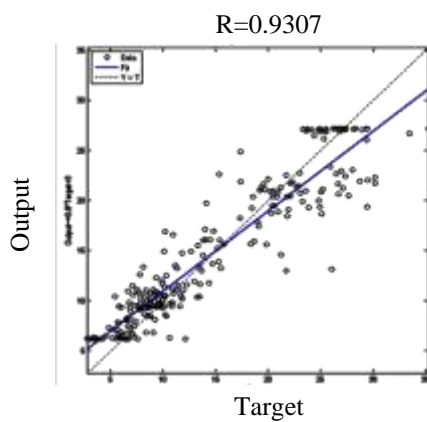
شکل ۵- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیزین در سه حالت، الف) ۴ متغیر و ۶ کلاس ب) ۵ متغیر و ۶ کلاس ج) ۶ متغیر و ۴ کلاس و د) ۶ متغیر و ۵ کلاس برای داده‌های آزمون ۴ چاه مورد مطالعه.



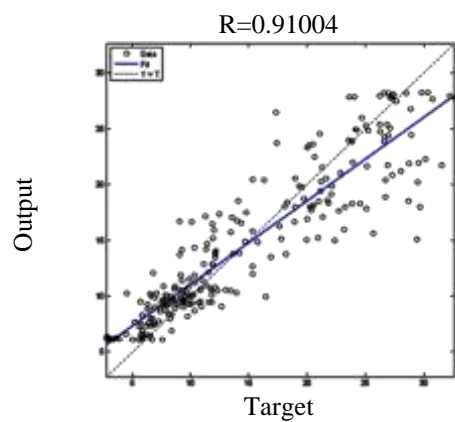
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۶- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیژین در سه حالت، الف) ۶ متغیر و ۶ کلاس ب) ۷ متغیر و ۴ کلاس ج) ۷ متغیر و ۵ کلاس و د) ۷ متغیر و ۶ کلاس برای داده‌های آزمون ۴ چاه مورد مطالعه.

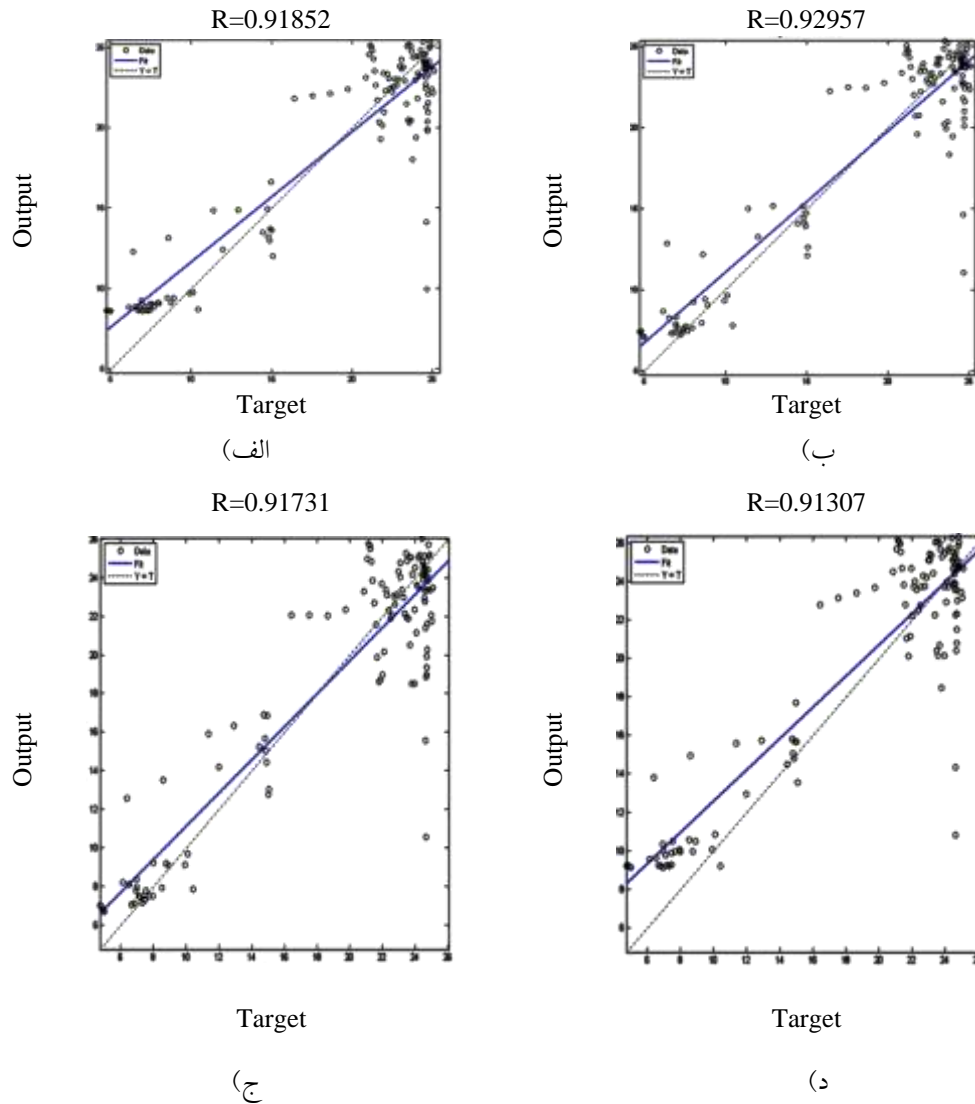
سپس برای بررسی قابلیت تعمیم تخمین روش بیزین، از داده‌های یک چاه دیگر برای تخمین تخلخل استفاده شد. که نتایج این بررسی در جدول ۵ آمده است. با بررسی شکل‌های حاصل، حالات بهینه تخمین انتخاب شد، که نتایج بهینه در جدول ۶ آمده است. نمونه‌ای از تخمین‌های بهینه در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ آمده است. در این شکل‌ها همانند حالت آموزش، با توجه به ضریب همبستگی بالای حاصل بین مقادیر تخمین زده شده و واقعی، در حالت بررسی تعمیم‌پذیری روش، به خوبی می‌توان دریافت که تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) در تخمین تخلخل موفق ظاهر شده است.

جدول ۵- نمونه‌ای از بهترین نتایج حاصل در بررسی تعمیم‌پذیری تخمین به روش بیزین در ۴ چاه مورد مطالعه.

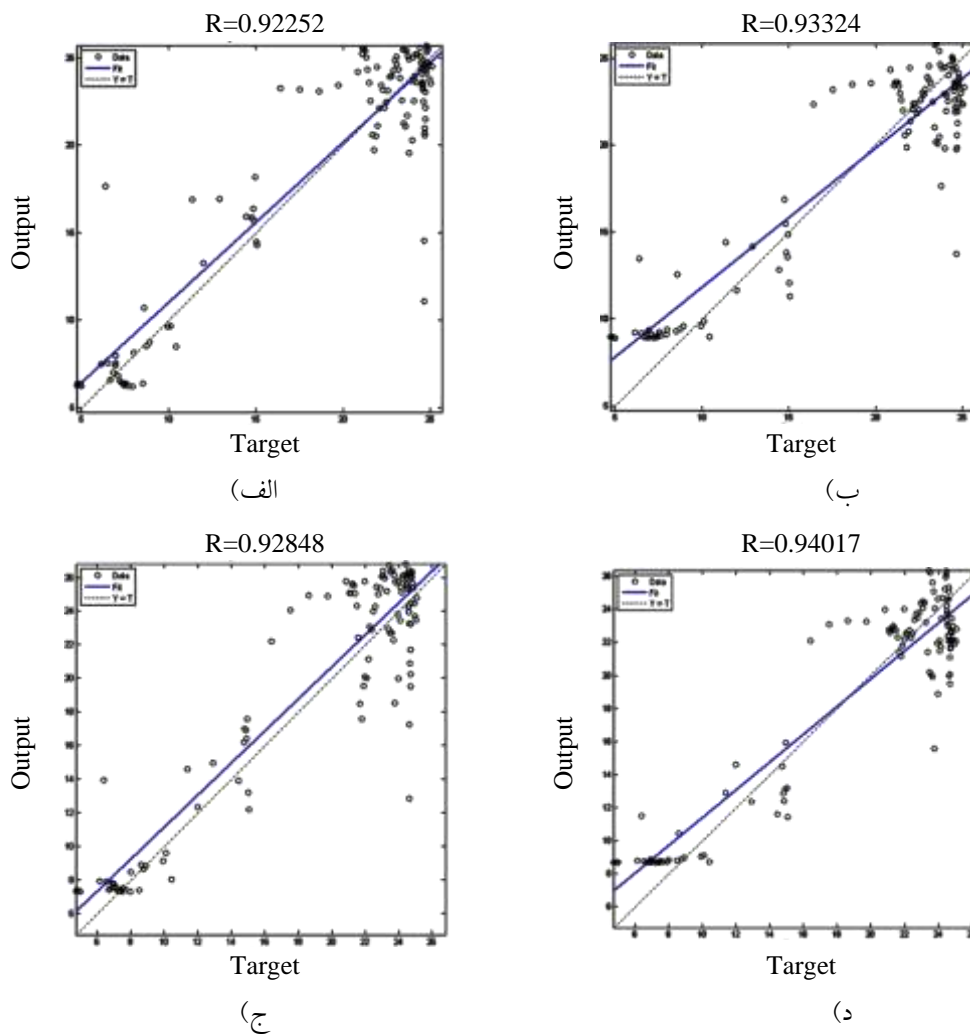
ضریب همبستگی	حالت مورد بررسی	
	متغیر	کلاس
٪۹۱	۳	۲
٪۹۱	۳	۳
٪۹۲	۳	۴
٪۹۱	۳	۵
٪۹۱	۳	۶
٪۹۲	۴	۲
٪۹۱	۴	۳
٪۹۱	۴	۴
٪۹۲	۴	۵
٪۹۱	۴	۶
٪۹۳	۵	۲
٪۹۳	۵	۳
٪۹۲	۵	۴
٪۹۱	۵	۵
٪۹۰	۵	۶
٪۹۳	۶	۲
٪۹۴	۶	۳
٪۹۳	۶	۴
٪۹۴	۶	۵
٪۹۰	۶	۶
٪۹۵	۷	۲
٪۹۲	۷	۳
٪۹۳	۷	۴
٪۹۳	۷	۵
٪۸۸	۷	۶

جدول ۶- حالات بهینه تخمین از لحاظ تعداد کلاس و متغیرهای ورودی در بررسی تعمیم پذیری تخمین به روش بیزین در چاه مورد مطالعه.

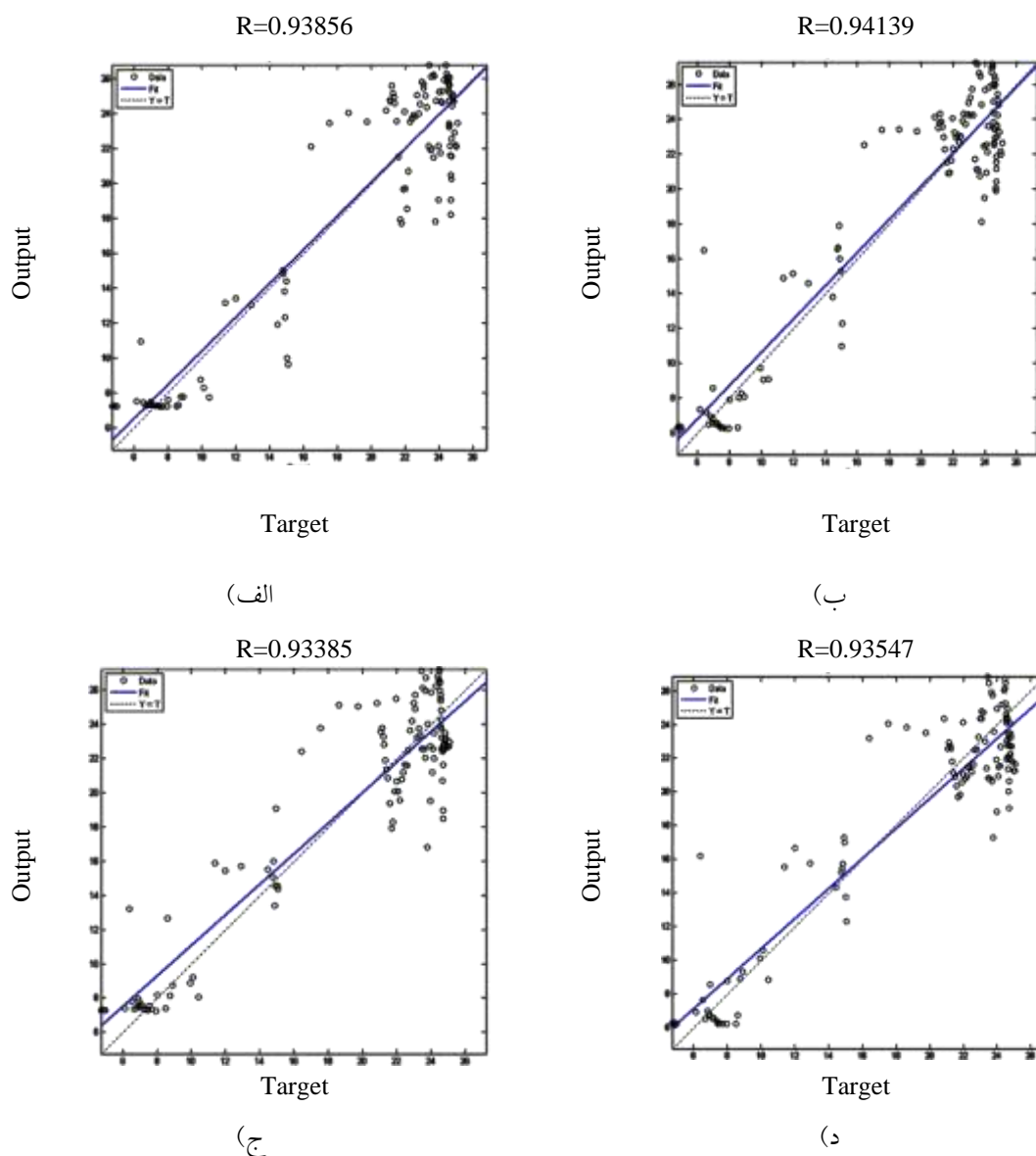
ضریب همبستگی	حالت مورد بررسی	
	کلاس	متغیر
%۹۱	۳	۳
%۹۲	۴	۳
%۹۱	۵	۳
%۹۱	۳	۴
%۹۲	۴	۴
%۹۳	۳	۵
%۹۲	۴	۵
%۹۴	۳	۶
%۹۳	۴	۶
%۹۴	۵	۶
%۹۳	۴	۷
%۹۳	۵	۷



شکل ۷- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیزین در سه حالت، الف) ۳ متغیر و ۳ کلاس ب) ۳ متغیر و ۴ کلاس ج) ۳ متغیر و ۵ کلاس و د) ۴ متغیر و ۳ کلاس برای چاه تعمیم.



شکل ۸- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیزین در سه حالت، الف) ۴ متغیر و ۵ کلاس ب) ۵ متغیر و ۳ کلاس ج) ۵ متغیر و ۴ کلاس و د) ۶ متغیر و ۳ کلاس برای چاه تعمیم.



شکل ۹- همبستگی بین تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط تئوری بیزین در سه حالت، الف) ۶ متغیر و ۴ کلاس ب) ۶ متغیر و ۵ کلاس ج) ۷ متغیر و ۴ کلاس و د) ۷ متغیر و ۵ کلاس برای چاه تعمیم.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله از تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین)، برای تخمین تخلخل در میدان نفتی آزادگان که مقادیر تخلخل مغزه در چاه‌های آن موجود است، استفاده شد. در نهایت با بررسی نتایج حاصل از تخمین در حالت تعمیم‌پذیری روش در چاه دیگر میدان، حالت ۶ متغیر ورودی با ۵ کلاس، با ضریب همبستگی ۹۴٪ به عنوان بهترین حالت تخمین تکنیک ترکیب اطلاعات (تئوری بیزین) انتخاب شد. اما همانطور که مشاهده می‌شود در این مورد و دیگر حالات بهینه تخمین در بررسی تعمیم‌پذیری روش، بر خلاف ضریب همبستگی بالایی که حاصل شد، مقادیر CCR ماتریس درهم‌ریختگی الزاما بالا نبودند و برای بهترین مقادیر CCR الزاما بهترین مقادیر تخلخل حاصل نشد. پس بالا بودن ضریب همبستگی تخمین حاصل از تئوری

بیزین با تخلخل مغزه، دلیلی مبنی بر بالا بودن نرخ صحیح کلاسه بندی توسط این تکنیک نمی باشد. طبق نتایج به دست آمده از روش بیزین ترکیب اطلاعات که همبستگی بیش از ۰/۹ را با تخلخل حاصل از مغزه نشان داد می توان گفت، نسبت به روش های متداول (رگرسیون چندمتغیره و شبکه عصبی) که ضریب همبستگی نتایج با یافته های حاصل از مغزه حدود ۰/۷ تا ۰/۸ می باشد، از اعتبار بالاتری برخوردار بوده و در نتیجه تکنیک های ترکیب اطلاعات از جمله تئوری بیزین می توانند به عنوان ابزاری ساده، ارزان و قدرتمند به منظور تخمین تخلخل به کار روند.

منابع

۱. عاقبتی، رضا، "معرفی یک میدان- طرح توسعه میدان مورد مطالعه"، نشریه فنی تخصصی شرکت ملی نفت ایران- اکتشاف و تولید، شماره ۵۱، آبان ماه ۱۳۸۷
۲. رضایی، محمدرضا، ۱۳۸۵، اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه پیمایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۶۹ صفحه
3. Tarek, A., 1946. "Reservoir rock properties and fluid flow in porous media" London.
4. Rezaee M.R., Kakhodaie A., Barabadi A., (2007), "Prediction of shear wave velocity from petrophysical data utilizing intelligent systems: An example from a sandstone reservoir of Carnarvon Basin, Australia", Journal of Petroleum Science and Engineering, 55, pp. 201-212.
5. Luo, R. C. and Kay, M. G. (1995). "Multisensor integration and fusion for intelligent machines and system", Ablex Publishing Corp.
6. Abidi, M. A. and Gonzalez, R. C. (1992). "Data fusion in robotics and machine intelligence.. Hall, D.L. and Llinas, J., 2001. "Handbook of multisensor data fusion." CRC Press LLC, Boca Raton
7. Worboys, M. and Duckham, M. (2004). GIS: "A Computing Perspective", CRC Press, Lon
8. Djebbar Tiab and Erle C. Donaldson, "Petrophysics"
9. Dasarathy ,B.V., 1991. "Decision fusion strategies in multisensor environments Systems", Man and Cybernetics, 21(5): 1140-1154.
10. .Hall, D. L. and J. Llinas (2001). "Handbook of multisensor data fusion". Boca Raton, CRC Press LLC.
11. .Tahani, H. and J. M. Keller (1990). "Information fusion in computer vision using the fuzzy integrzal. "
12. Russo, F. and G. Ramponi (1994). "Fuzzy methods for multisensor data fusion." Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on 43(2): 288-294.
13. Gros, X.E., 1997, "NDT Data Fusion", John Wiley & Sons, New York, 205 pages.
14. B. Huang, "Beysian methods for control loop monitoring and diagnosis," Jurnal of process Control, Vol. 18, pp. 829-838, Oct 2008.
15. James lines, Dheeraj Talreja, Christopher Bowman, June 2004. "Design of a Performance Evaluation Methodology for Data Fusion – based Multiple Target Tracking Systems": Part 2: Analysis Methodologies.

Porosity estimation with data fusion approach (Bayesian theory) in wells of Azadegan oil field, Iran

A. Mazaheri Torie, H. Memarian, B. Thokhmchi and B. Moshiri

Abstract

Porosity is one of the main variables in evaluating the characteristics of an oil field. Petrophysical data are normally used to determine these variables. Measurements obtained from well logs, contains some errors and uncertainty. This porosity is influenced by different factors, such as temperature, pressure, fluid type, clay content and the amount of hydrocarbons. One of the best, and yet most practical ways to reduce the amount of uncertainty in porosity measurement is using various sources of data and data fusion techniques. Data fusion increase certainty and confidence and reduce risk and error in decision making. In this research, the porosity is estimated in 4 wells of Azadegan oil field, with data fusion method (Bayesian theory). To check the ability of generalization of the method, the porosity was also estimated in one other well of this field. A maximum of 7 input variables were used to estimate porosity in this new approach. The results showed that data fusion technique is more powerfull than traditional techniques for porosity estimation. According to the results, this method has higher credibility than traditional techniques that show 0.7 to 0.8 regressions with log data but data fusion technique showed solidarity over 0.9 with log data.

Keywords: uncertainty, resolution, noise, data fusion, Bayesian theory, estimation, Azadegan oil field, Sarvak formation, Iran.