

---

## شبیه‌سازی مخازن شکافدار با استفاده از مدل ترک گسسته

روح الله درویشی

منوچهر حقیقی

( // // // )

چکیده

واژه‌های کلیدی:

مقدمه

) ( )  
(

[ ] Watson .

( )

[ ] Saunders loze

[ ] Sibson .

[ ] Chew .

Chen .

[ ] Bishop

---

[ ]

( )

[ ] Aziz Edwards

[ ]

Kallmann

[ ] Thallmann Bieri

[ ] George

[ ] Peraire [ ] Lo

( )

[ ] Peraire

[ ] Wu Zienkiewicz

[ ]

[ ]

( ) n

m

)

[ ]

n/m

( m

n/m

[ ]

n/m

Sectoring-Time

( )

( )

m

( ) ( )

دانه بندی مثلثی

( )

سبد بندی

جستجو بر اساس خاصیت دلاونی

( )

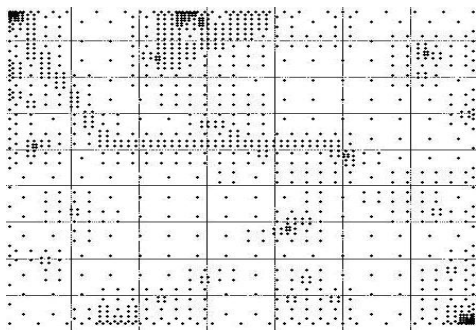
( )

( )

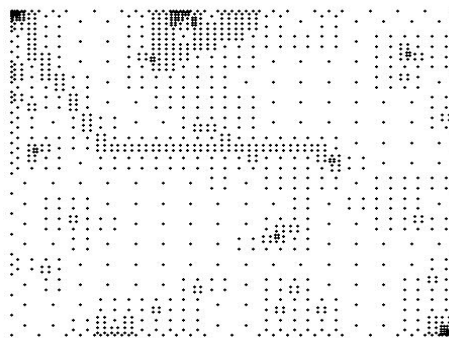
$l_i$

$n_2, n_1$

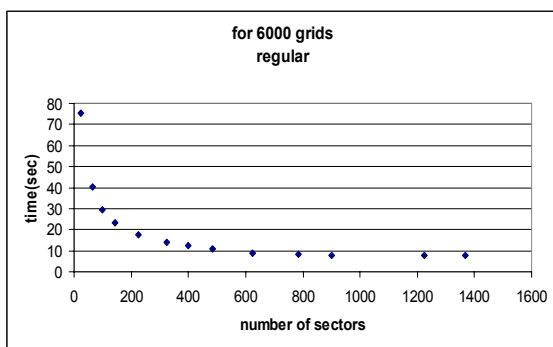
$n_2, n_1$



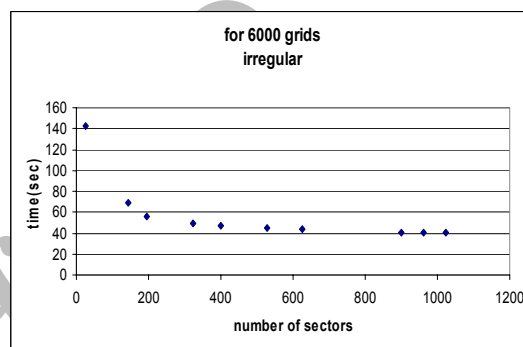
شکل ۲: قلمرو سید بندی شده.



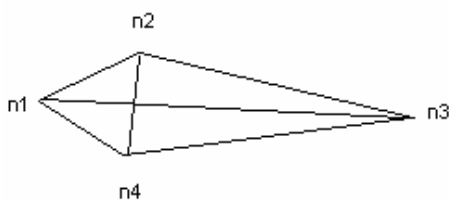
شکل ۱: شبکه نودها.



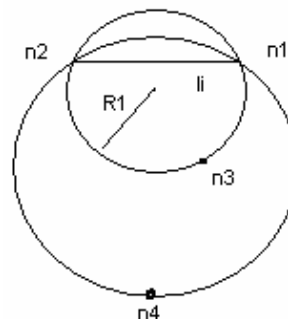
شکل ۴: نمودار تغییرات زمان عملیات دانه بندی بر حسب تغییرات تعداد سبدها برای یک شبکه منظم.



شکل ۳: نمودار تغییرات زمان عملیات دانه بندی بر حسب تغییرات تعداد سبدها برای یک شبکه نامنظم.



شکل ۶: ساخت مثلثهایی با کمترین گسترش سطحی بر اساس خاصیت دلاونی.



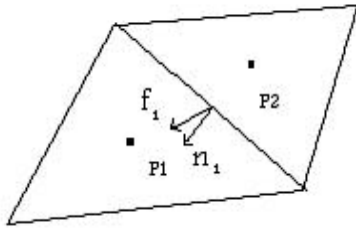
شکل ۵: جستجو بر اساس خاصیت دلاونی.

( )

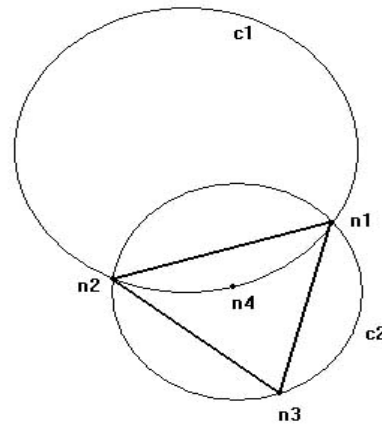
$n_2 n_4$

( )  $n_1 n_3$

$n_1 n_3$



شکل ۸: دو ماتریس کنار هم [۱۳].



شکل ۷: قرار گرفتن نقطه  $n_4$  در درون مثلث  $n_1 n_2 n_3$  [۱۳].

( )

شناسایی مرز دانه بندی

( )

( )

محاسبه شاخص انتقال سیال [ ]

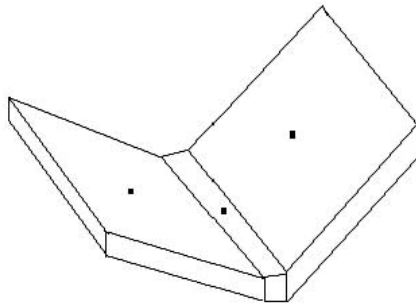
نقاط به تله افتاده

( )

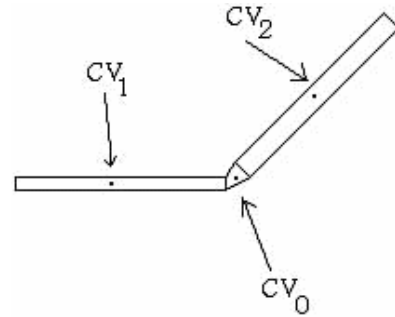
P2 P1

$$Q_{12} = T_{12}(P_2 - P_1)$$

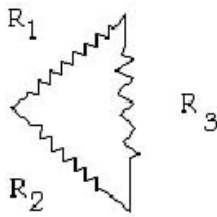
( )



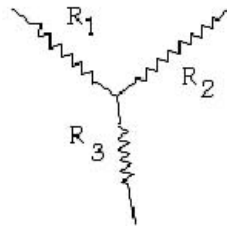
شکل ۱۰: دو ترک در حالت سه بعدی [۱۳].



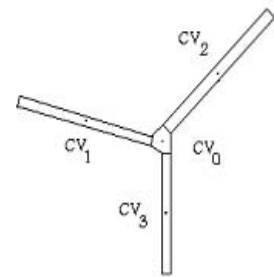
شکل ۹: دو ترک در حالت دوبعدی [۱۳].



شکل ۱۳: اتصال سه مقاومت بصورت مثلث [۱۳].



شکل ۱۲: اتصال سه مقاومت بصورت ستاره [۱۳].



شکل ۱۱: اتصال سه ترک [۱۳].

( )

$$\alpha_1 \quad ; \quad T_{12} ( \quad )$$

$$T_{12} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \alpha_2$$

( )

$$T_{12} = \frac{T_{10} T_{20}}{T_{10} + T_{20}}$$

$$\alpha_i = \frac{A_i K_i \vec{n}_i \cdot \vec{f}_i}{D_i}$$

( )

$$\left. \begin{matrix} D_1 \gg D_0 \\ K_1 \approx K_0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \alpha_1 \gg \alpha_0 \Rightarrow T_{10} \approx \alpha_1$$

( )

$$T_{20} \approx \alpha_2$$

$$T_{12} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

( )

$$\alpha_i = \frac{A_i K_i}{D_i} \quad (1)$$

$$\vec{n}_i \cdot \vec{f}_i = 1$$

تشبیه‌سازی جریان سیال

( )

$$T_{10} = \alpha_1, T_{20} = \alpha_2, T_{30} = \alpha_3 \quad (2)$$

CMG

ft

ft

ft

( )

Psi

STB/day

بحث ونتایج

$$T_{12} = \frac{T_{10} T_{20}}{T_{10} + T_{20} + T_{30}} \approx \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}$$

$$T_{13} = \frac{T_{10} T_{30}}{T_{10} + T_{30} + T_{20}} \approx \frac{\alpha_1 \alpha_3}{\alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_2}$$

$$T_{23} = \frac{T_{20} T_{30}}{T_{20} + T_{30} + T_{10}} \approx \frac{\alpha_2 \alpha_3}{\alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_1} \quad (3)$$

( )

n

CMG

$$T_{ij} = \frac{\alpha_i \alpha_j}{\sum_{k=1}^n \alpha_k}$$

( )

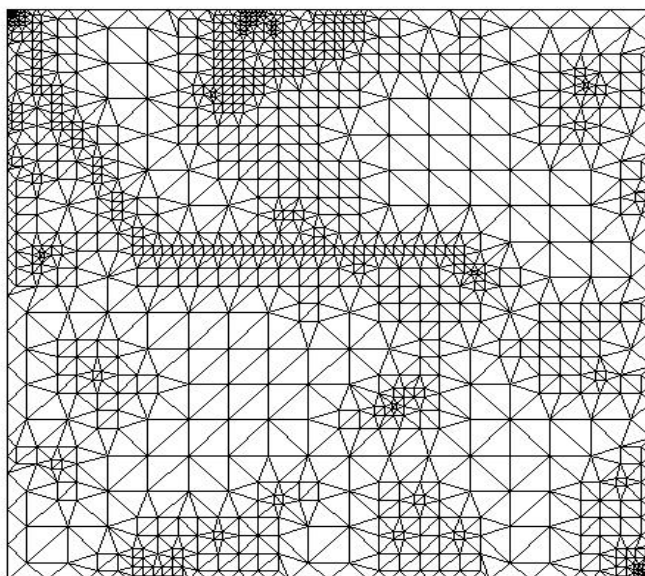
CMG

(( ) ( ) )

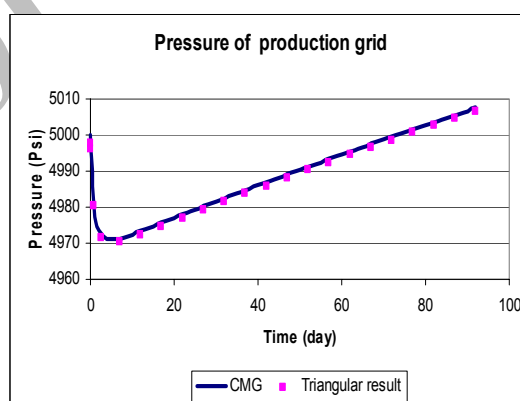
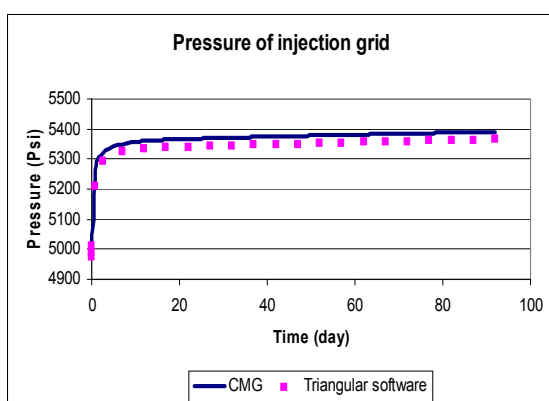
CMG

Fracture Model

تصحیح حجم

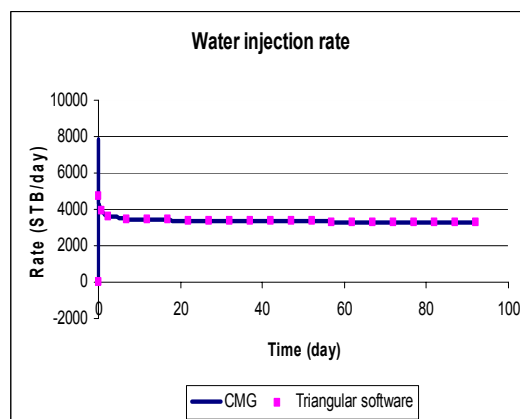
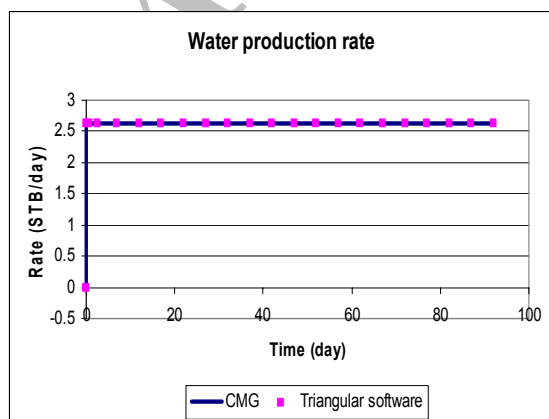


شکل ۱۴: نمایی یک دانه بندی مثلثی انجام شده توسط نرم افزار مثلثی.



شکل ۱۶: مقایسه میان تغییرات فشار گزیدی که در آن چاه تزریقی قرار دارد برای نرم افزار CMG و مثلثی.

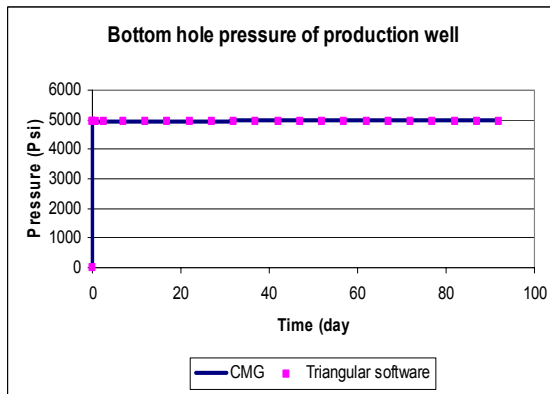
شکل ۱۵: مقایسه میان تغییرات فشار گزیدی که در آن چاه تولیدی قرار دارد برای نرم افزار CMG و مثلثی.



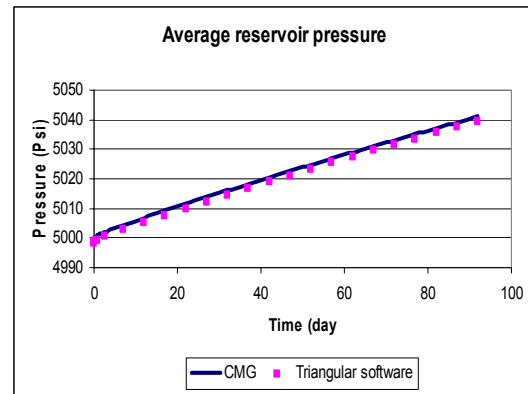
شکل ۱۸: مقایسه میان تغییرات دبی تولیدی آب برای نرم افزار CMG و نرم افزار مثلثی.

شکل ۱۷: مقایسه میان تغییرات دبی تزریقی آب برای نرم افزار CMG و نرم افزار مثلثی.

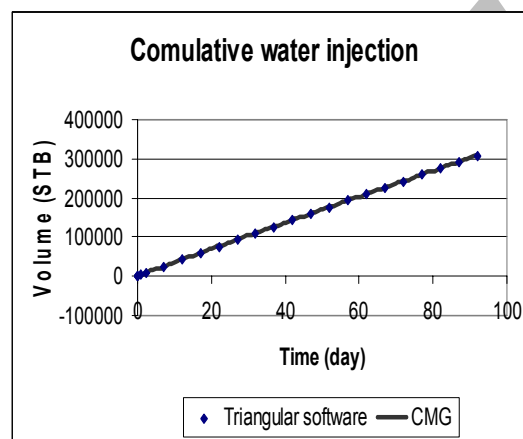




شکل ۲۰: مقایسه میان تغییرات فشار ته چاه تولیدی برای نرم افزار CMG و نرم افزار مثلثی.



شکل ۱۹: مقایسه میان تغییرات فشار متوسط مخزن برای نرم افزار CMG و نرم افزار مثلثی.



شکل ۲۱: مقایسه میان تغییرات تولید تجمعی نفت برای نرم افزار CMG و نرم افزار مثلثی.

## مراجع

- 1 - Watson, D. F. (1981). "Computing the n-dimensional Delaunay tessellation with application to Voronoi polytopes." *Comput. J.*, Vol. 24 , PP. 167–172.
- 2 - Loze, M. K. and Saunders, R. (1993). "Two simple algorithms for constructing a two-dimensional constrained Delaunay triangulation." *Appl. Numer.*, PP. 403–418.
- 3 - Sibson, R. (1973). "Locally equiangular triangulations." *Comput. J.*, Vol. 2, PP. 243–245.
- 4 - Chew, L. P. (1989). "Constrained delaunay triangulations." *Algorithmica*, Vol. 4, PP. 97–108.
- 5 - Chen, H. and Beshop, J. (1997). "Delaunay triangulation for curved surfaces." *6th International Meshing Roundtable, Sandia National Laboratories*, PP.115-127.
- 6 - Edwards, M. G., Li, B. and Aziz, K. (1999). "Modular mesh generation with embedded streamline potential grids." *SPE 51911 presented at the SPE Reservoir Simulation Symposium, Houston, Texas, Stanford University*.
- 7 - Kallmann, M., Bieri, H. and Thalmann, D. (1992). "Fully dynamic constrained delaunay triangulations." *Comput. Geom. Theory Appl.*, Vol. 2, No. 2, PP. 55-80.
- 8 - George, J. A. (1971). *Computer implementation of the finite element method*. Ph.D. Thesis, Computer Science Department, Stanford University, California, USA.

- 9 - Lo, S. H. (1985). "A new mesh generation scheme for arbitrary planar domains." *Internat. J. Numer. Methods Eng.*, Vol. 21, PP. 1403–1426.
- 10 - Peraire, J., Vahdati, M., Morgan, K. and Zienkiewicz, O. C. (1987). "Adaptive remeshing for compressible flow computations." *J. Comput. Phys.*, Vol. 72, PP. 449–466.
- 11- Zienkiewicz, O. C. and Wu, J. (1994). "Automatic directional refinement in adaptive analysis of compressible flows." *Internat. J. Numer. Methods Eng.*, Vol. 37, PP. 2189–2210.
- 12 - Granet, S., Fabrie, P., Lemonnier, P. and Quintard, M. (2001). "A two-phase flow of a fractured reservoir using a new fissure element method." *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 32, No. 1, PP. 35-52.
- 13 - Karimi-Fard, M., Dorlofsky, L. J. and Aziz, K. (2003). "An efficient discrete fracture model applicable for general purpose reservoir simulator." *SPE.*, No. 79699.
- 14 - Pao, W. K. S. and Lewis, R. W. (2002). "Three-dimensional finite element simulation of three-phase flow in a deforming fissured reservoir." *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 191, No. 23-24, PP. 2631-2659.
- 15 - Aziz, K. and Settari, A. (2002). *Petroleum reservoir simulation*. Calgary.
- 16 - Durlofsky, L. J. (2000). *Advanced Techniques for Reservoir Simulation and Modeling of Non-Conventional Wells*. Stanford University.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Discrete Fracture Modeling
- 2 - Sectoring
- 3 - CPU Time
- 4 - Discrete

### ضمیمه الف

Number of grid : X=65 , Y=65 , Z=1 Delta X = 300 , Delta Y = 300 , Thick = 100 , Depth = 5000 ft  
 Poros = 0.12 , Perm (kx=ky=kz) = 20  
 Cw = Co = Cf = 0.000001 (at 14.7 psi)  
 Temp of Res = 150 F  
 Swi for all grid = 0.2 , Sgi = 0  
 Initial Pressure = 5000 psi  
 Bubble Press = 2000 psi  
 W1 = Producing well : X=10 , Y=10 , Z=1  
 W2 = Injection Well : X = 50 , Y= 50 , Z=1  
 Well Radius = 4 inch  
 Wells perforation = 100 ft  
 Oil rate of W1 = 2000 bbl/day (BHP is variable)  
 Water is injecting in W2 with 6000 psi (const Press)  
 Poros = 0.001  
 Perm = 200 md  
 Fracture Spacing in X Direction = Fracture Spacing in y Direction = 20 ft  
 Fracture Spacing in z Direction = 5 ft  
 Compressibility Frac = 0.000001

P Rs Bo EG VisO VisG

300.	97.522	1.109	100.705	0.168	0.01183
500.	147.469	1.134	171.5266	0.166	0.01232
1000.	269.72	1.191	361.011	0.158	0.01341
1500.	394.344	1.248	564.972	0.15	0.01488
2000.	528.25	1.308	769.23	0.142	0.01697
2500.	674.144	1.372	970.874	0.134	0.01977
3000.	834.348	1.442	1162.79	0.127	0.02331
3500.	1008.907	1.517	1333.333	0.122	0.02755
4000.	1183.464	1.593	1449.275	0.12	0.03248

\*DENSITY \*OIL 53.0034  
 \*DENSITY \*GAS 0.06  
 \*DENSITY \*WATER 62.  
 \*CO 1.E-06  
 \*BW 1.  
 \*CW 1.E-06

Sw	Krw	Krow	Pcow
0.120000	0.000000	1.000000	40.000000
0.168889	0.0013363	0.778605	30.498100
0.217778	0.0065335	0.586277	22.874100
0.266667	0.0165321	0.422535	16.840300
0.315556	0.0319441	0.286832	12.138800
0.364444	0.0532448	0.178536	8.540060
0.413333	0.080830	0.0968881	5.841390
0.462222	0.115042	0.0409386	3.865550
0.511111	0.156183	0.0093873	2.459270
0.560000	0.204529	0.000000	1.491720
0.608889	0.260329	0.000000	0.853047
0.657778	0.323814	0.000000	0.452693
0.706667	0.395201	0.000000	0.217844
0.755556	0.474689	0.000000	0.0917137
0.804444	0.562471	0.000000	0.0318128
0.853333	0.658726	0.000000	0.0081241
0.902222	0.763625	0.000000	0.0011864
0.951111	0.877331	0.000000	0.0000442
1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
Sat Liq	krq	krog	Pcog
0.220000	1.000000	0.000000	5.500000
0.300000	0.868086	0.000000	4.681200
0.350000	0.787401	0.000000	4.192470
0.400000	0.708175	0.000000	3.722250
0.450000	0.630511	0.0000077	3.271290
0.500000	0.554530	0.0002062	2.840450
0.550000	0.480377	0.0014071	2.430700
0.600000	0.408229	0.0054967	2.043200
0.650000	0.338307	0.0158169	1.679280
0.700000	0.270900	0.0375116	1.340580
0.750000	0.206394	0.0778502	1.029120
0.800000	0.145354	0.146535	0.747531
0.850000	0.0886775	0.255991	0.499365
0.900000	0.0381004	0.421654	0.289901
0.950000	0.000000	0.662237	0.128265
1.000000	0.000000	1.000000	0.040000

