

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (GAN)

مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



آموزش استفاده از وب آو ساینس

کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی



تعیین تابع شکست مواد معدنی با استفاده از نرم افزار BFDS

علی اصغر یوسفی^{۱*}، مهدی ایران نژاد^۲، اکبر فرزنانگان^۳

۱- کارشناس ارشد استخراج معدن - پایگاه ملی داده‌های علو زمین کشور

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه کاشان

E-mail: yousefi@ngdir.ir

چکیده

پارامترهای اصلی در مدل‌سازی آسیا عبارتند از توابع شکست (Breakage Function)، توزیع زمان ماند (RTD) و انتخاب (Selection Function) که تعیین آنها برای شبیه‌سازی توزیع دانه‌بندی محصول آسیا لازم است. نرم‌افزار BFDS (Breakage Function Determination Software) به منظور تسهیل انجام محاسبات مربوط به تخمین تابع شکست و انتخاب توسعه داده شده است. این نرم‌افزار بر مبنای روش‌های محاسباتی بقویه (Berube)، هرست و فیورستنا (Herbst & Fuerstenau) و روش اصلاح شده H&F توسعه داده شده است. در این روش‌ها که بر میزان مواد باقی‌مانده روی سرنده یا میزان تجمعی باقی مانده یا عبور کرده از سرنده در زمان‌های معین مبتنی هستند، پارامترهای نرخ تولید ذرات نرمه، تابع انتخاب و پارامترهای رگرسیونی بدست می‌آید که با استفاده از این پارامترها تابع شکست محاسبه می‌شود. نرم افزار BFDS که در محیط ویندوز اجرا می‌شود دارای قابلیت‌هایی نظیر سرعت اجرای بالا، کاربری آسان، راهنمای جامع، جستجوی پارامترهای رگرسیونی غیر خطی و امکانات پیرینت نتایج به صورت انتخابی می‌باشد. این نرم‌افزار با نرم‌افزارهای OLD BREAK و Excel مقایسه شده است که نتایج بدست آمده نشان‌گر صحت و دقت این نرم‌افزار است.

کلمات کلیدی فارسی: تابع شکست، تابع انتخاب، آسیا، خردایش

۱- مقدمه

عملیات آسیاکردن یکی از مهمترین و در عین حال پر هزینه‌ترین مراحل فرآوری مواد معدنی است که حدود ۷۰٪ از انرژی مصرفی کارخانه را به خود اختصاص می‌دهد. از سوی دیگر به دلیل تأثیر بسیار زیاد دانه‌بندی

* فلکه دوم صادقیه - بلوار شهدای صادقیه شمالی - شماره ۶ کد پستی: ۱۴۶۱۶۵۵۶۹۴



محصول آسیا بر فرآیندهای بعدی، غالباً این محصول بایستی دارای خصوصیات از پیش تعیین شده‌ای از نظر توزیع دانه‌بندی باشد. بنابراین بهینه‌سازی آسیاها برای دستیابی به محصول با کیفیت مورد نظر می‌تواند از اولین اهداف در بالابردن کیفیت عملکرد در کارخانه باشد. از عواملی که در کارایی آسیاها دخالت دارند و در بهینه‌سازی باید مورد توجه قرار گیرند می‌توان به گلوله‌ها (تعداد، ابعاد و دانسیته)، نوع آستر، نرخ خوراک‌دهی و دبی پالپ اشاره کرد. بررسی تأثیر این پارامترها بصورت “درخط” (online) بسیار وقت گیر و پرهزینه است. از این رو برای بهینه‌سازی آسیاها از تکنیک‌های مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی کامپیوتری استفاده می‌گردد. در همین رابطه برای انجام محاسبات تعیین تابع شکست که از ملزومات شبیه‌سازی ریاضی است استفاده از رایانه ضروری است. در این راستا نرم‌افزار BFDS توسعه داده شده است. نتایج به دست آمده از این نرم‌افزار با نرم‌افزارهای OLD BREAK (که توسط محققین کانادایی تهیه شده است)، Excel و Quatro pro مقایسه شده است. نتایج بدست آمده از مقایسه BFDS با این نرم‌افزارها نشان می‌دهد نتایج چهار نرم‌افزار کاملاً با یکدیگر مطابقت دارد.

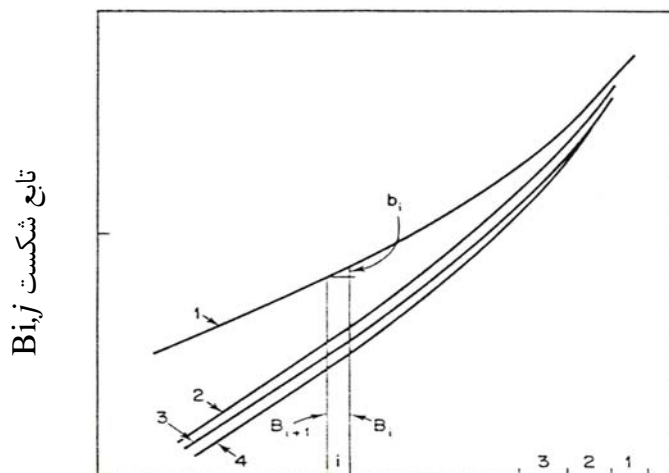
۲- روش تحقیق

۲-۱- تعریف تابع توزیع شکست

تابع شکست تجمعی که با $B_{i,j}$ نشان داده می‌شود، نسبتی از مواد با ابعاد j است که وقتی یک‌بار شکسته می‌شوند به ابعاد کوچک‌تر از i می‌رسند. i, j معرف طبقات سرنندی هستند و بنابراین بازه‌ای از اندازه ذره به جای اندازه یک ذره خاص در نظر گرفته می‌شود. $B_{i,j}$ به عنوان تابع شکست تجمعی (Cumulative Breakage Function) نامیده می‌شود و در مقابل تابع شکست غیر تجمعی (Non-Cumulative Breakage Function)، $b_{i,j}$ ، بصورت نسبتی از مواد که پس از شکسته شدن از اندازه j در طبقه اندازه i ظاهر می‌گردد تعریف می‌شود. بنابراین مقدار $b_{i,j}$ از رابطه (۱) قابل محاسبه است [۱].

$$b_{i,j} = B_{i-1,j} - B_{i,j} \quad (1)$$

تغییرات تابع شکست نسبت به ابعاد ذرات در شکل (۱) برای مواد معدنی مختلف نشان داده شده است. مقادیر تابع شکست در مقیاس نیمه لگاریتمی رسم شده است. همان‌طور که در این شکل معلوم است، شکل کلی منحنی تابع شکست برای مواد مختلف نسبت به ابعاد ذرات در تمام موارد مشابه است.



شکل ۱- تغییرات تابع شکست نسبت به اندازه ذرات ۱-کلینکر سیمان
۲- سیلیکون کاربید ۳- آنتراسیت ۴- کوارتز [۱]

برخی شواهد تجربی وجود دارد که نشان می دهد در بسیاری از موارد تابع شکست نرمال شونده (Normalizable) است، بدین معنی که تابع شکست متناسب با نسبت اندازه های بالایی فاصله های ابعادی i, j است و داریم [۱]:

$$B_{i,j} = B_{i+1,j+1} = B_{i+k,j+k} \quad (2)$$

همچنین نشان داده شده است که تابع توزیع شکست مستقل از متغیرهای قطر آسیا، چگالی گلوله ها و مقدار بار گلوله ها (دامنه محدود) است. بنابراین تابع شکست تقریباً مستقل از شرایط عملیاتی است و می توان مقادیر محاسبه شده در آزمایشگاه را مستقیماً در شرایط واقعی به کار برد.

۲-۲- نمایش ریاضی تابع شکست

معادله ای که به بهترین صورت می تواند تابع شکست را برازش کند، به صورت زیر توسط برادبنت و کلکات (Broadbent & Collcott) ارائه شد [۲]:

$$B_{i,j} = \Phi \left(\frac{x_{i-1}}{x_j} \right)^\alpha + (1 - \Phi) \left(\frac{x_{i-1}}{x_j} \right)^\beta \quad (3)$$

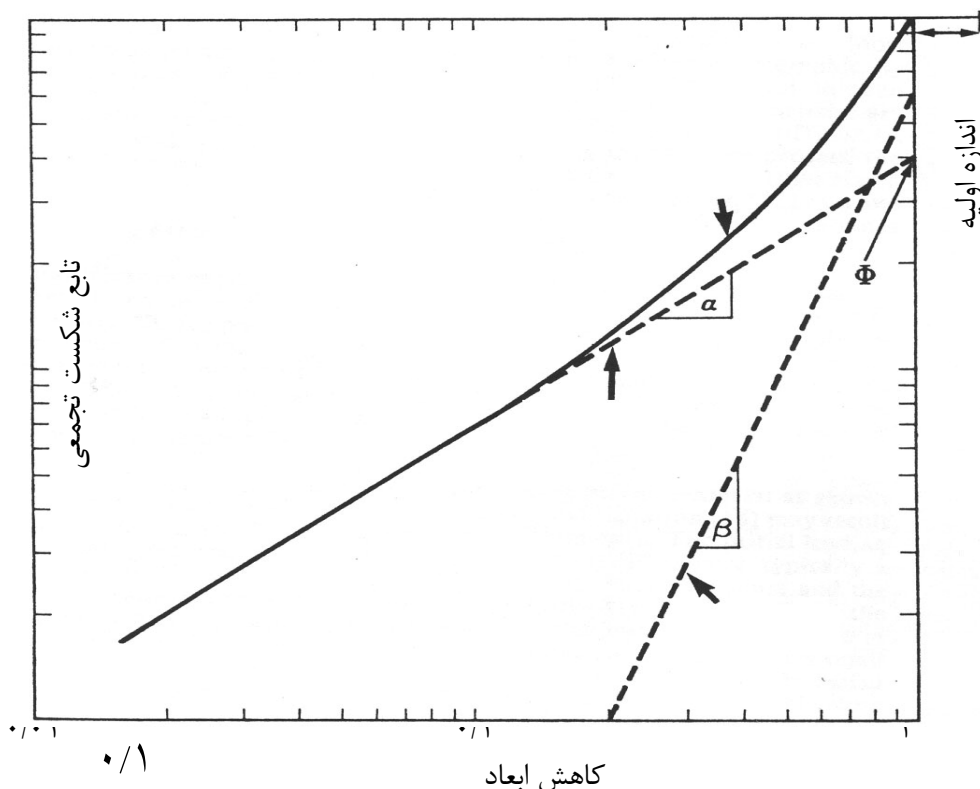
که در آن: x_j, x_{i-1} اندازه ذرات به ترتیب در طبقه $i-1$ ام و i ام و $0 \leq \Phi \leq 1$ و $j \leq i \leq n$ و



معادله (۳) در شکل (۲) نمایش داده شده است. منحنی از ترکیب دو خط راست با شیب‌های α, β به وجود آمده است. محل تقاطع خط با شیب α با خط قائمی که از ماکزیمم R می‌گذرد مقدار Φ را

$$R = \frac{x_{i-1}}{x_j}$$

مشخص می‌کند که در آن



شکل ۲- نمایش تابع توزیع شکست معادله (۳) [۲]

۳-۲- تعیین تابع شکست

روش‌های محاسباتی زیر برای تعیین تابع شکست استفاده می‌شود:

الف - روش بقوبه

این روش برای اولین بار توسط بقوبه (Berube) استفاده شد و به همین نام نیز معروف گردید. روش بقوبه در حقیقت رگرسیون از درصد ذرات درشت‌تر از چشمه سرند \bar{z} و زمان است. معادله رگرسیون آن به صورت زیر نوشته می‌شود [۳]:



$$\ln(M_i) = b_0(i) + b_1(i).t + b_2(i).t^2 \quad (4)$$

که در آن، M_i درصد جرم ذرات درشت‌تر از سرنده i و $b(i)$ ها پارامترهای رگرسیون و t زمان است. تابع شکست تجمعی نیز از رابطه (۵) قابل محاسبه است:

$$B_{i,1} = \frac{b_1(i)}{b_1(1)} \quad (5)$$

ب - روش هرBST و فیورستنا (H & F)

هرBST و فیورستنا (Herbst & Fuerstneau) روشی را برای تعیین تابع شکست توسعه دادند. این روش از خوراک محدود شده به درشت‌ترین طبقه ابعادی استفاده می‌کند و فرض بر این است که تابع شکست نرمال شونده است. این روش بر مبنای ثابت نرخ تولید نرمه در آسیای گلوله‌ای می‌باشد. در این سیستمها تغییرات در تجمع ذرات با معادله (۶) می‌تواند تشریح شود [۴].

$$\frac{dY_i(t)}{dt} = F_i \quad (6)$$

که در آن $Y_i(t)$ نرخ تولید ذرات نرمه و F_i ثابت نرخ می‌باشد. ارتباط تابع شکست و تابع انتخاب (S_j) به صورت زیر پیشنهاد شده است [۴]:

$$B_{ij}S_j = F_i \quad j = 1, 2, \dots, i-1 \quad (7)$$

بنابراین برای تخمین تابع شکست، با رگرسیون خطی $Y_i(t)$ نسبت به زمان، شیب خط که برابر $B_{i,1}S_1$ است تعیین شده و با تقسیم بر تابع انتخاب طبقه اول، تابع شکست بدست می‌آید، یعنی:

$$B_{i,1} = \frac{F_i}{S_1} \quad (8)$$

ج - روش اصلاح شده هرBST و فیورستنا (Modified H & F)

هرBST و فیورستنا اصلاحاتی را در روش قبلی خود انجام دادند و روش جدید را روش اصلاح شده هرBST و فیورستنا (M.H&F) نامیده و در سال ۱۹۶۸ معرفی کردند.

در این روش داریم [۴ و ۵]:

$$\frac{dY_i(t)}{1 - Y_i(t)} = F_i dt \quad (9)$$

از حل معادله فوق F_i به صورت زیر محاسبه می‌شود:



$$\ln[1 - Y_i(t)] = -F_i t \Rightarrow F_i = -\frac{\ln[1 - Y_i(t)]}{t} \quad (10)$$

و بنابراین تابع شکست برابر است با :

$$B_{i,1} = -\frac{\ln[1 - Y_i(t)]}{S_1 \cdot t} \quad (11)$$

بنابراین برای تخمین تابع شکست باید با رگرسیون خطی نیمه لگاریتمی $1 - Y_i(t)$ نسبت به زمان، شیب خط را که برابر $B_{i,1} S_1$ است تعیین و با تقسیم بر تابع انتخاب طبقه اول، تابع شکست را بدست آورد (معادله ۸).

۲-۴- تعیین تابع انتخاب

عبور مواد از داخل یک طبقه سردی در مورد آسیای گلوله‌ای در بیشتر موارد از سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کند و نرخ عبور مواد متناسب با مقدار موادی است که شکسته می‌شوند. بنابراین می‌توان رابطه (۱۲) را برای فرآیند خردایش نوشت :

$$-\frac{d}{dt} M_j(t) = S_j M_j(t) \quad (12)$$

اگر S_j نسبت به زمان ثابت باشد، معادله فوق را به صورت زیر می‌توان حل کرد :

$$\ln \left[\frac{M_j(t)}{M_j(0)} \right] = -S_j * t \quad (13)$$

یا :

$$M_j(t) = M_j(0) * \exp(-S_j * t) \quad (14)$$

بنابراین اگر لگاریتم نپرین $M_j(t) / M_j(0)$ نسبت به t رسم شود خطی با شیب منفی بدست می‌آید. شیب این خط (بدون علامت منفی) بیان کننده تابع انتخاب مربوط به آن طبقه سردی خواهد بود.

۳- نتایج، بحث و بررسی

نرم‌افزار BFDS به زبان دلفی (Delphi) نگارش ۶ نوشته شده است. این نرم‌افزار در محیط ویندوز اجرا می‌شود ، کار با آن بسیار ساده بوده و دارای تمام امکانات برنامه‌های ویندوز نظیر ذخیره، بازیابی، امکانات "کمک (Help)" ، چاپ و ... است.

شکل (۳) صفحه اولیه نرم افزار را نشان می‌دهد. در این صفحه مقادیری از قبیل تعداد زمان‌هایی (دفعاتی) که خردایش صورت می‌گیرد و مقادیر این زمان‌ها (بر حسب ثانیه)، تعداد و شماره سرندهای مورد استفاده (سری تایلر (Tyler) یا سرندهای استاندارد دیگر)، نوع داده‌های آنالیز سرندي (جرم باقی مانده روی سرندي، درصد باقی مانده روی هر سرندي و درصد تجمعی عبور کرده) و در صورت نیاز وزن مواد اولیه را باید وارد نمود. شکل (۴) صفحه ورود اطلاعات آنالیز سرندي و انتخاب روش محاسبه تابع شکست را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در این نرم افزار این است که در هنگام ورود اطلاعات توسط کاربر اجازه وارد کردن کاراکترهای نادرست مثل حروف، اعداد بیشتر از ۱۰۰ درصد، مقادیر وزن بیشتر از مقدار اولیه، ممیزهای نابجا و ... را نمی‌دهد.

از مقادیر این جدول، جداول درصد تجمعی مواد درشت تر از سرندي، درصد تجمعی عبور کرده از سرندي، و درصد مواد باقی مانده روی سرندي محاسبه می‌شود که با دکمه More Info قابل دسترسی است.

The screenshot shows the 'BFDS Ver 1.0 - koromit.BFDS' software window. It features a menu bar (File, Options, Help) and a toolbar. The main interface is divided into several sections:

- Number of Times and Screens:** Number of grinding times: 6, Number of screens: 11.
- Screens Set:** Radio buttons for 'Tyler series' and 'Custom Size Screen'. Under 'Tyler series', there are dropdowns for 'Mesh From: 14' and 'Micron From: 1180'. Under 'Custom Size Screen', there is a 'Micron' input field.
- Type of Size Distribution Data:** A dropdown menu set to 'Mass On Screen'.
- Initial weight (gr):** 466.
- Buttons:** 'Next' and 'Exit' buttons.

Three data tables are displayed in the center:

Time [s]		Screen [μm]		Geomean	
					Size [μm]
1	0	1	1400	1	1400
2	5	2	1180	2	1285
3	15	3	600	3	841
4	30	4	355	4	462
5	60	5	212	5	274
6	90	6	150	6	178
		7	125	7	137
		8	90	8	106
		9	75	9	82
		10	63	10	69
		11	45	11	53
				12	22

شکل ۳- صفحه اولیه نرم‌افزار BFDS [Y]

BFDS Ver 1.0 - Screen Analysis Results

File Edit

Input Mass On Screen Values

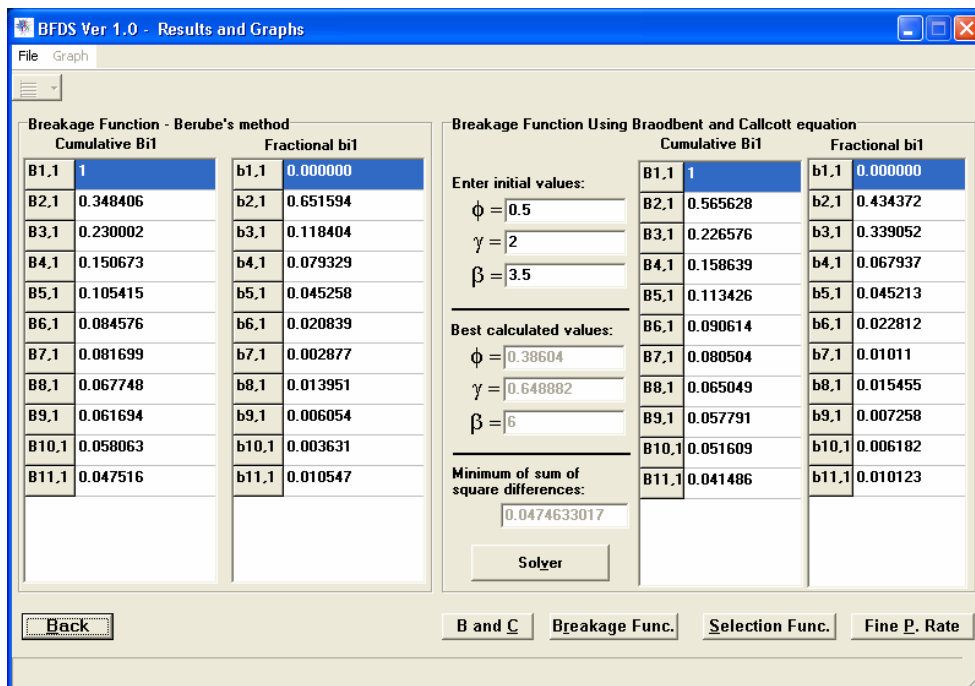
Time	0	5	15	30	60	90
Screen						
1400	439.85	392.84	353.76	302.38	235.78	176.66
1180	24.17	57.96	77.8	106.87	132.67	152.36
600	0.41	5.12	11.46	17.6	28.98	37.71
355	0.43	3.33	7.77	12.85	21.46	29.78
212	0.37	2.06	4.81	7.99	14.26	21.2
150	0.28	1.02	2.32	3.78	7.1	10.67
125	0.15	0.3	0.71	1.02	1.78	3.45
90	0.1	0.47	1.09	2	3.44	4.19
75	0.08	0.26	0.6	1.01	2.61	3.97
63	0.01	0.2	0.44	0.85	2.94	5.3
45	0.1	0.37	0.96	1.55	2.96	3.85

Back Next More Info Choose the method : Berube's method

شکل ۴- صفحه ورود اطلاعات آنالیز سرندی و انتخاب روش محاسبه [۷]

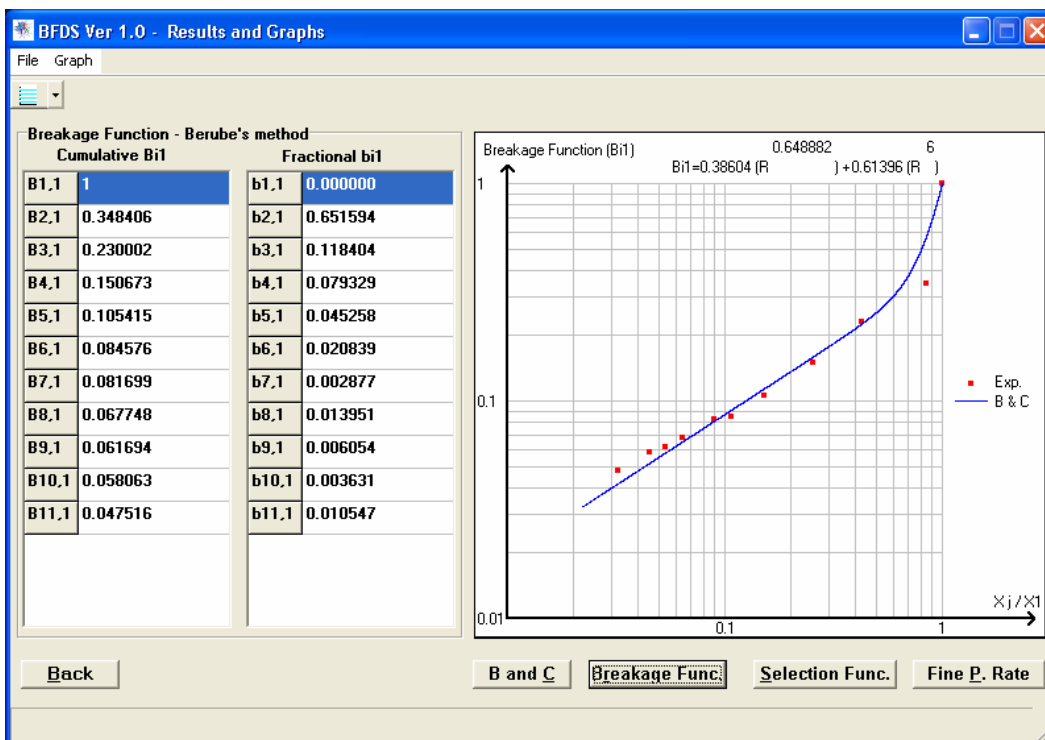
شکل (۵) نیز صفحه نهایی نرم‌افزار را نشان می‌دهد. در این پنجره اطلاعات نشان داده شده عبارتند از: تابع شکست تجمعی و غیر تجمعی و مقادیر بهینه α, β, Φ محاسبه شده از برازش منحنی به رابطه برادبنت و کالکات با روش بهینه سازی رزنبراک (که بر مبنی محاسبات عددی است) [۶].

مقادیر پارامترهای α, β, Φ برای اولین بار با مقادیر اولیه نشان داده شده در قسمت Enter initial value محاسبه می‌شوند. دکمه Solver برای تعیین مجدد مقادیر پارامترها با مقدار اولیه دلخواه در نظر گرفته شده است.



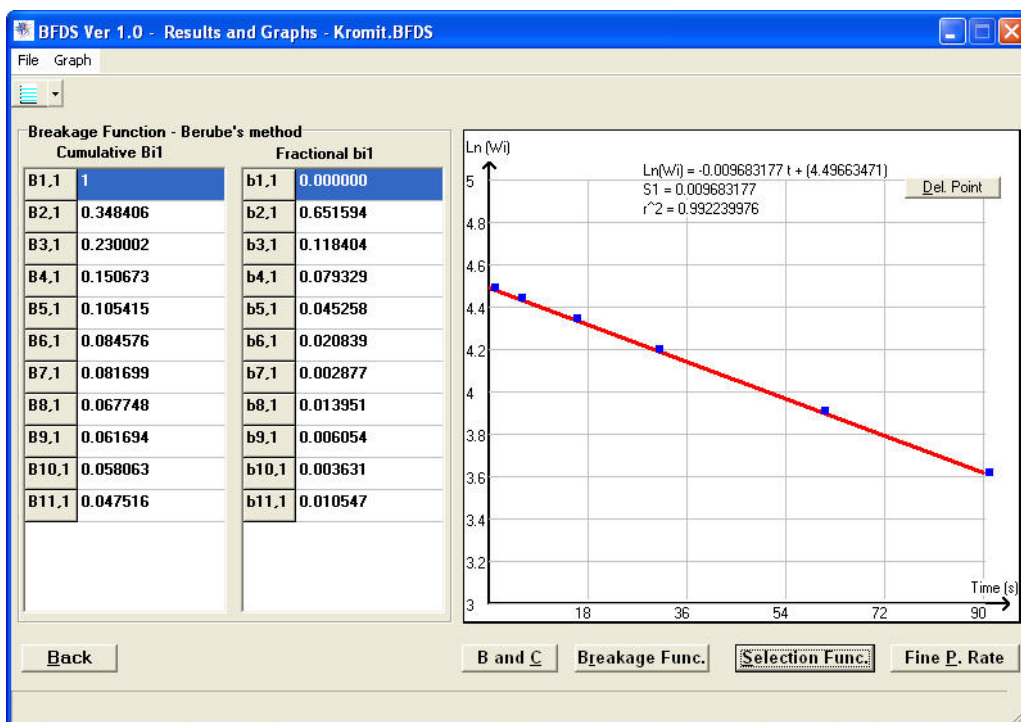
شکل ۵- صفحه نهایی نرم افزار BFDS [Y]

با کلیک بر Breakage Func نمودار تابع شکست رسم می شود. در این نمودار نقاط قرمز رنگ مقادیر محاسبه شده در آزمایشگاه و خط آبی رنگ نمودار برازش شده به این نقاط است. معادله خط برازش شده نیز نمایش داده شده است.



شکل ۶- نمودار تابع شکست رسم شده توسط نرم افزار BFDS [۷]

با کلیک بر دکمه Selection Func. نمودار تابع انتخاب برای اولین طبقه سرنندی رسم می شود که در شکل (۷) نمایش داده شده است. در کنار نمودار مقدار تابع انتخاب و معادله رگرسیون آن نیز نشان داده شده است.

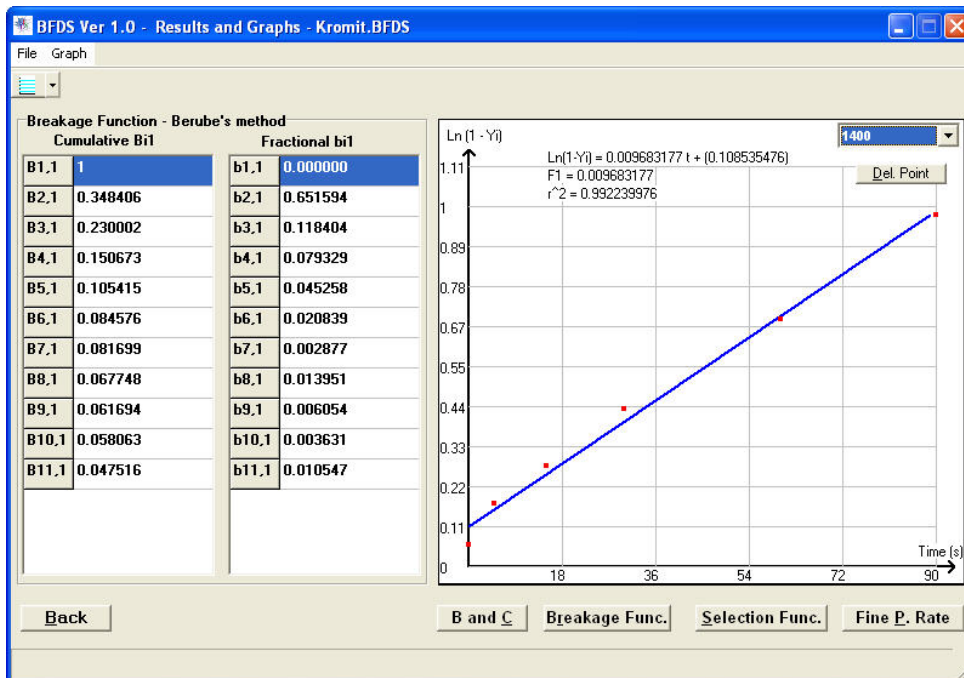


شکل ۷- نمودار تابع انتخاب رسم شده توسط نرم افزار BFDS [۷]

گاهی در آزمایشات خطاهایی وجود می کند که به صورت به آنومالی در نمودار تابع انتخاب نمایان می گردد و باعث می شود که خط رگرسیون با خطای بالایی رسم شود. برای حذف این آنومالی در هنگام مشاهده نتایج Del. Point در نظر گرفته شده است که با استفاده از آن می توان نتایج آنتالیز سردندی را در یکی از زمان های دلخواه حذف کرد.

شکل (۸) نمودار نرخ تولید ذرات نرمه را با زمان که توسط نرم افزار رسم شده است برای یکی از طبقات سردندی نشان می دهد. این نمودار با کلیک بر دکمه Fine P. Rate از صفحه پایانی قابل مشاهده است. همچنین این نمودار برای تمامی طبقات سردندی وجود دارد که با انتخاب طبقه سردندی از قسمت بالا سمت راست می توان آن را مشاهده نمود. گزینه Del Point در اینجا نیز همان کاربرد توضیح داده شده قبلی را دارد.

معادله خط رگرسیون و ثابت نرخ تولید ذرات نرمه در بالای نمودار نمایش داده می شود. تمامی نمودارها قابلیت نمایش به صورت تمام صفحه و پرینت جداگانه دارند. همچنین می توان خطوط شبکه بندی را نیز حذف نمود.



شکل ۸- نمودار نرخ تولید ذرات نرمه رسم شده توسط نرم افزار BFDS [Y]

در جداول ۱ و ۲ نتایج بدست آمده از این نرم افزار با نرم افزار OLD BREAK و Excel درج شده است و تابع شکست با هر سه نرم افزار محاسبه گردیده است. داده های آنالیز سرندي که درصد روی سرندي است مطابق جدول (۱) می باشد.

جدول ۱- داده های آنالیز سرندي مربوط به تعیین تابع شکست (زمان و ابعاد بر حسب ثانیه و میکرون)

		درصد باقیمانده روی سرندي					
زمان	→	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
سرندي	↓						
۱۵۰	۹۷/۳۳۵	۹۴/۹۸۲	۹۲/۹۲۶	۸۹/۴۹۶	۸۵/۸۳۲	۸۲/۶۹۴	۷۹/۴۶۱
۱۰۵	۲/۶۶۵	۳/۶۷۷	۴/۸	۶/۱۷۳	۷/۷۵۲	۸/۹۲۶	۱۰/۱۹۱
۷۵	۰	۰/۴۲۴	۰/۷۷۳	۱/۴۳۴	۲/۲۴۱	۲/۹۳۱	۳/۵۴۴
۵۳	۰	۰/۳۸۹	۰/۶۴۸	۱/۰۰۹	۱/۷۱	۲/۳۳۷	۳/۱۲
۳۸	۰	۰/۱۷۲	۰/۳۴۹	۰/۹۶۳	۱/۰۹۹	۱/۳۷۴	۱/۵۵۵



نتایج تابع شکست بدست آمده از سه نرم افزار در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- مقایسه نتایج بدست آمده از طریق نرم افزارهای Excel , OLD BREAK , BFDS

نرم افزار Excel		نرم افزار OLD BREAK		نرم افزار BFDS		روش
B_{il}	b_{il}	B_{il}	b_{il}	B_{il}	b_{il}	
۱	۰	۱	۰	۱	۰	روش Berube
۰/۵۱۱۶۲۸	۰/۴۸۸۳۷۲	۰/۵۳۸۹۲۲	۰/۴۶۱۰۷۸	۰/۵۱۲۷۴	۰/۴۸۷۲۶	
۰/۳۲۵۵۸۱	۰/۱۸۶۰۴۷	۰/۳۴۵۰۶	۰/۱۹۳۸۶۲	۰/۳۳۳۰۸۳	۰/۱۷۹۶۵۷	
۰/۲۳۲۵۵۸	۰/۰۹۳۰۲۳	۰/۱۸۷۱۲۶	۰/۱۵۷۹۳۴	۰/۲۳۲۲۰۹	۰/۱۰۰۸۷۴	
۰/۱۱۶۲۷۹	۰/۱۱۶۲۷۹	۰/۱۰۴۷۹	۰/۰۸۲۳۳۶	۰/۱۱۰۱۰۶	۰/۱۲۲۱۰۳	
۱	۰	۱	۰	۱	۰	روش H&F
۰/۵۱۰۷۲۹	۰/۴۸۹۲۷۱	۰/۵۱۰۷۳	۰/۴۸۹۲۷	۰/۵۱۰۷۳۴	۰/۴۸۹۲۶۶	
۰/۳۳۳۰۸۴	۰/۱۷۷۶۴۵	۰/۳۳۳۱۷	۰/۱۷۷۵۵	۰/۳۳۳۱۷۹	۰/۱۷۷۵۵۵	
۰/۱۸۳۶۳۳	۰/۱۴۹۴۵۱	۰/۱۸۳۷۱	۰/۱۴۹۴۷	۰/۱۸۳۷۱۲	۰/۱۴۹۴۶۷	
۰/۱۰۳۵۴۳	۰/۰۸۰۰۹	۰/۱۰۳۵۶	۰/۰۸۰۱۵۳	۰/۱۰۳۵۵۹	۰/۰۸۰۱۵۳	
۱	۰	-	-	۱	۰	روش اصلاح H & F F
۰/۵۳۸۹۲۲	۰/۴۶۱۰۷۸	-	-	۰/۵۳۸۹۵۳	۰/۴۶۱۰۴۷	
۰/۳۴۵۰۶	۰/۱۹۳۸۶۲	-	-	۰/۳۴۵۰۲	۰/۱۹۳۹۳۳	
۰/۱۸۷۱۲۶	۰/۱۵۷۹۳۴	-	-	۰/۱۸۷۲۴۷	۰/۱۵۷۷۷۳	
۰/۱۰۴۷۹	۰/۰۸۲۳۳۶	-	-	۰/۱۰۴۶۸	۰/۰۸۲۵۶۷	



۴- نتیجه گیری

- ✓ محاسبه تابع شکست اغلب بسیار زمان‌بر است و استفاده از نرم‌افزارها برای تعیین آن ضروری است.
- ✓ نرم‌افزار BFDS برای محیط ویندوز تهیه شده و تمام قابلیت‌های محیط ویندوز را دارا می‌باشد.
- ✓ BFDS قابلیت رسم نمودارهای تابع انتخاب و شکست و نرخ تولید ذرات نرمه را دارا می‌باشد.
- ✓ BFDS برای تمامی صفحات دارای راهنما می‌باشد که از بروز خطاها جلوگیری می‌کند.
- ✓ BFDS برخلاف نرم‌افزار OLD BREAK (که دو روش محاسبه دارد) از هر سه روش استفاده می‌کند.
- ✓ BFDS پارامترهای رابطه برادبنت و کلکات را با روش جستجوی عددی و با سرعت بسیار بالا تعیین می‌کند.
- ✓ در BFDS امکان تغییر پارامترهای رابطه برادبنت و کلکات و مشاهده هم‌زمان تغییرات نمودار تابع شکست وجود دارد.
- ✓ در BFDS امکان پرینت داده‌های ورودی و نتایج به صورت انتخابی وجود دارد.
- ✓ امکان حذف نتایج آزمایشگاهی نادرست در حین محاسبات وجود دارد.
- ✓ نرم‌افزار از ورود داده‌های نادرست در هنگام ورود اطلاعات توسط کاربر جلوگیری می‌کند.



مراجع

- [۱] Prasher, C.L., (۱۹۸۷), "*Crushing and Grinding Process Handbook*"
- [۲] Kelly, E.G. and D.J. Spottiswood., (۱۹۸۹), "*The Breakage Function ; What is it Really?*", Minerals Engineering Vol. ۳, pp ۴۰۵-۴۱۴
- [۳] D. Hodouin and M.A. Berube and M.D. Everell, (۱۹۷۸) "*Modelling Industrial Grinding Circuit And Application In Design*", CIM Bulletin ۷۹۷, PP ۱۳۸-۱۴۶
- [۴] Herbst, J.A., and D.W. Fuerstenau, (۱۹۶۸) "*The Zero Order Production of Fine Sizes in Comminution and its Implication in Simulation*", Transaction, SME, AIME. Colorado ۲۴۱, PP ۵۳۸-۵۴۸
- [۵] Banisi, S. and A.R. Laplante, (۱۹۹۱) "*The Behaviour of Gold in Hemlo Mines LTD. Grinding Circuit*", Dept. of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University.
- [۶] RosenBrock, H.H., (۱۹۶۰) "*An Automatic Method for finding the greatest r least value of a function*" The Computer Journal, Vol. ۳, pp ۱۷۵-۱۸۴
- [۷] یوسفی، علی اصغر، (۱۳۸۱)، "توسعه نرم‌افزاری به منظور تعیین توابع شکست مواد معدنی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی