

## ارائه روش نرم افزاری جهت پیش بینی کارایی جدایش روشهای ثقلی به جای روش سنتی ترسیمی میر (Mayer)

مصطفی مالکی مقدم<sup>۱</sup> و صمد بنیسی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۰۹۱۳۳۸۷۰۳۴۶ m.mareki@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان. Banisi@mail.uk.ac.ir

### چکیده

در کارخانه‌های فرآوری مخلوط کردن هوشمندانه انواع مختلف خوراک و محصول با روش‌هایی مانند منحنی میر (Mayer) جهت دستیابی به محصولی با کارایی بالاتر و کیفیت مورد نظر بازار انجام می‌شود. در این تحقیق صحت استفاده از روش منحنی میر با تحلیل ریاضی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجائیکه روش ترسیمی بدست آوردن داده‌های قابلیت شستشو همواره با خطا همراه است در این تحقیق، روش کارتزینی رسم منحنی میر پیشنهاد شد. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و بر اساس مفاهیم منحنی میر، خصوصیات قابلیت شستشوی زغال و بهترین نسبت مخلوط کردن انواع زغال قابل دستیابی است. بکارگیری این روش در یک سیستم سه محصولی برای زغال معین منجر به زغال شسته شده‌ای با خاکستر ۸٪ و راندمان ۶۱٪، محصول میانی با خاکستر ۳۵٪ و راندمان ۱۸/۳٪ و باطله ای با خاکستر ۶۵/۳٪ شد. جهت بدست آوردن محصولی با خاکستر ۱۰/۵٪، زغال شسته شده با خاکستر ۸/۵٪ و راندمان ۶۳/۴٪ با زغال شسته نشده با خاکستر ۱۸٪ ترکیب شده و راندمان ۸۰/۳٪ بدست آمد. این نتایج سازگاری کامل با روش ترسیمی سنتی داشت.

کلمات کلیدی: مخلوط کردن، قابلیت شستشو، منحنی میر، خاکستر.

## A Software Based Method To Predict The Gravity Concentration Methods Efficiency Replacing The Traditional Graphical Mayer Method

Mostafa Maleki Moghaddam & Samad Banisi

### Abstract

In mineral processing plants, the intelligent blending of different types of feed and product to prepare a desired product is common. This task is performed using a graphical method known as Mayer curve. In this research, the accuracy of this method is compared through a mathematical analysis. Since obtaining the coal washability by the graphical method is prone to errors, to lessen the problem the Cartesian method of Meyer curve drawing was proposed. Using the MATLAB software along with the Mayer curve concepts, the washability and the optimum blending ratio is achievable. To compare the proposed method with the traditional graphical method in a three-product system, for a certain coal a washed coal with 8% ash with the yield of 61%, middling with the ash content of 35% and yield of 18.3% and tailing with 65.3% ash was obtained which was in a close agreement with the traditional method. Using this method, a product with the ash content of 10.5% with the yield of 80.3% by blending of washed coal with the ash content of 8.5% with an unwashed coal with the ash content of 18% was prepared.

**Keywords:** Blending, Washability, Mayer curve, ash.

## ۱- مقدمه

عدم نوسان در تناژ و کیفیت خوراک ورودی از عوامل مهم در افزایش کارایی کارخانه‌های فرآوری است و مخلوط کردن خوراک در ابتدای ورود به کارخانه به همین منظور صورت می‌گیرد. این مسأله یکی از مسائل اساسی در روشهای فرآوری ثقلی و بخصوص کارخانه‌های زغالشویی است. از طرف دیگر در بازار تقاضا، زغال با خاکستر و خواص معینی باید عرضه شود، بنابراین مخلوط کردن هوشمندانه دو یا چند نوع زغال از منابع معدنی مختلف که خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مختلفی دارند، شرایط رسیدن به حداکثر کارایی را توأم با ثابت بودن کیفیت محصول فراهم می‌سازد. در چنین شرایطی کارخانه می‌تواند محصولی با خواص معین تولید کند و با مخلوط کردن زغالهایی با کیفیت پایین با زغالهای مرغوب کارایی کلی را افزایش دهد [۱].

آزمایش‌هایی از جمله آزمایش‌های غرق و شناوری جهت تعیین قابلیت شستشوی زغال مورد استفاده قرار می‌گیرند که نتایج حاصل از این آزمایش‌ها بصورت جداول استاندارد و منحنی‌های قابلیت شستشو ارائه می‌گردند. از جمله این منحنی‌ها منحنی میر (Mayer curve) است که بدلیل سهولت و سرعت کار با آن مورد توجه زیادی قرار گرفته است. منحنی میر در Bocham آلمان و توسط D.F.W. Mayer طراحی شده است و نسبت به سایر منحنی‌های شستشو پذیری قبلی مزیت‌هایی دارد که باعث جایگزینی و کاربرد آن در حل خیلی از مسائل کلی تکنولوژی زغالشویی مخصوصاً در زمینه‌های مخلوط کردن زغال خام و مخلوط کردن محصولات شسته شده و انتخاب بهترین ترکیب شده است.

از آنجا نیکه استفاده از این منحنی، با استفاده از کاغذهای استاندارد و به شکل ترسیم با استفاده از جمع برداری و کشیدن مماس بر منحنی شرایط بهینه و بهترین انتخاب صورت می‌گیرد بررسی صحت و دقت استفاده از این روش اهمیت فراوانی دارد. به همین منظور در این مقاله با استفاده از تحلیل ریاضی صحت استفاده از این روش مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که استفاده از روش ترسیم همواره با خطا همراه می‌باشد لازم بود که این منحنی در دستگاه کارتزینی و با استفاده از نرم افزارهای موجود رسم و مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله خصوصیات قابلیت شستشو با دو روش سنتی ترسیم و با استفاده از نرم افزار MATLAB، تعیین شد و مشخص شد نتایج بدست آمده از روش ترسیم مشابه نتایج بدست آمده از دستگاه کارتزینی است.

## ۲- روش تحقیق

اغلب افراد اعتقاد دارند که شرح رسم منحنی میر و توضیحات آن، نسبت به استفاده از منحنی بسیار مشکل‌تر و پیچیده‌تر است. قبل از توضیح نحوه رسم منحنی میر، برای فهم بیشتر ترکیب برداری منحنی با استفاده از جمع برداری، خاکستر میانگین از سه خاکستر فرضی تعیین می‌شود. در این مثال فرض شده یک زغال خام از سه قسمت مختلف I، II و III تشکیل شده و خاکستر هر جزء بترتیب  $a_1$ ،  $a_2$  و  $a_3$  و سهم هر قسمت  $P_1$ ،  $P_2$  و  $P_3$  درصد باشد. حال میانگین خاکستر زغال خام را بطور برداری مشخص می‌کنیم. در شکل ۱، محور عمودی درصد وزنی را از صفر تا صد درصد نشان می‌دهد و محور عرضی خاکستر محتوی را نمایش می‌دهد. شرح انجام کار مطابق زیر است:

الف) خاکستر هر کدام از بخش‌ها در روی محور افقی وبا نقاط J, H, E مشخص می‌شوند. این نقاط به نقطه مبدأ وصل می‌شوند و خطهای OJ, OH, OE بدست می‌آیند.

ب) درصد وزنی I ( $P_1\%$ ) روی محور عمودی مشخص شده و امتداد داده می‌شود تا بردار OE در نقطه B قطع شود و به این ترتیب بردار OB بدست می‌آید.

پ) از نقطه B خطی موازی OH کشیده، نقطه D از اتصال درصد وزنی بخش II ( $P_2\%$ ) با این خط بدست می‌آید BD بردار خاکستر جزء II است.



است. به همین ترتیب سایر نقاط نیز مشخص می‌شوند و منحنی مورد نظر با وصل این نقاط به یکدیگر بدست می‌آید. پس اگر آزمایش‌ها در فواصل کمتری از دانسیته انجام گیرند منحنی میر با دقت کافی به روش ترسیمی می‌تواند رسم شود [۳]. روش ساده دیگر رسم با استفاده از داده‌های جداول غرق و شناوری در دستگاه کارت‌زینی است که در این مقاله پیشنهاد شد، به این ترتیب است که خاکستر تجمعی مواد شناور (ستون ۶) در محور افقی و درصد تجمعی وزنی مواد شناور (ستون ۴) در محور عمودی قرار می‌گیرد و پس از مشخص شدن نقاط، منحنی کشیده می‌شود (شکل ۲).

جدول ۱- داده‌های آزمایشهای غرق و شناوری جهت رسم منحنی میر

(1) دانسیته	$p_i$	$a_i$	$\sum p_i$	$a.p_i/100$	$\sum a.p_i/100$	$\sum a.p_i/p_i$
-۱/۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱/۳-۱/۴	۱۹	۶/۸	۱۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۶/۸
۱/۴-۱/۵	۳۴/۶	۷/۳	۵۳/۶	۲/۵۳	۳/۸۲	۷/۱۲
۱/۵-۱/۶	۱۱/۱	۱۶/۶	۶۴/۷	۱/۸۴	۵/۶۶	۸/۷۵
۱/۶-۱/۷	۶/۱	۲۷/۹	۷۰/۸	۱/۷	۷/۳۶	۱۰/۴
۱/۷-۱/۸	۸/۴	۴۱	۷۹/۲	۳/۴۴	۱۰/۸۱	۱۳/۶۴
+۱/۸	۲۰/۸	۶۷/۳	۱۰۰	۱۴	۲۴/۸	۲۴/۸
مجموع	۱۰۰			۲۴/۸		

#### ۲-۱-۱- تعیین مقدار تئوری زغال شسته شده به ازای خاکستر معین

هر خط راستی که از نقطه صفر منحنی میر را قطع کند در تقاطع با محور افقی خاکستر محتوی زغال را و در تقاطع با محور عمودی سمت راست، میزان راندمان را به ازای این خاکستر می‌دهد. به عنوان مثال در شکل ۲ منحنی میر نوعی از زغال معدن هسونی زرد رسم شده است. برای تعیین راندمان زغالی با خاکستر مطلوب به این ترتیب عمل می‌کنیم: مقدار خاکستر را از محور افقی انتخاب نموده و این نقطه را به نقطه صفر وصل می‌کنیم جایی که منحنی میر قطع شد (نقطه A) بموازات محور افقی حرکت کرده و نقطه تقاطع روی محور عمودی، راندمان به ازای این خاکستر است. که در اینجا با در نظر گرفتن خاکستر مطلوب برابر ۱۰/۵٪، راندمان تئوری زغال شسته شده ۷۱٪ بدست می‌آید.

#### ۲-۱-۲- تعیین خاکستر نقاط مرزی

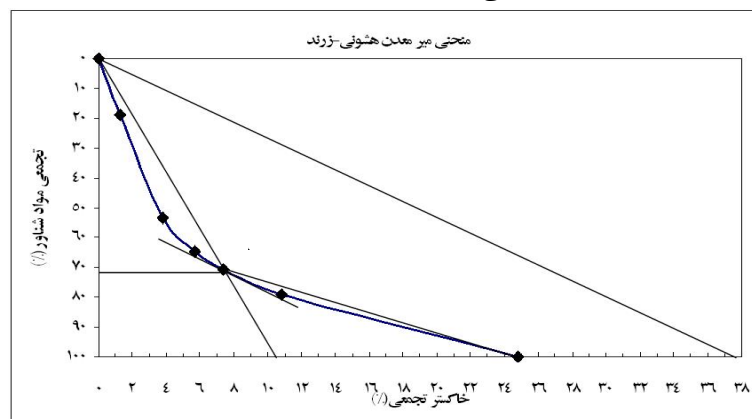
هر مماسی که بر منحنی میر رسم می‌شود نقطه تقاطع خط موازی این مماس، که از نقطه صفر می‌گذرد، با محور عمودی سمت راست خاکستر آن نقطه را می‌دهد. بنابراین مماس در مرز زغال شسته شده و باطله، خاکستر مرزی را می‌دهد که نشان دهنده بالاترین مقدار خاکستر در زغال شسته شده و پایین ترین خاکستر باطله است. به عنوان مثال در شکل ۲ با کشیدن مماس در نقطه A بر روی منحنی و سپس موازی این خط از نقطه صفر خاکستر نقطه مرزی می‌تواند از منحنی عمودی خوانده شود که برابر ۳۷/۵٪ بدست می‌آید.

#### ۲-۱-۳- تعیین خاکستر محصول میانی

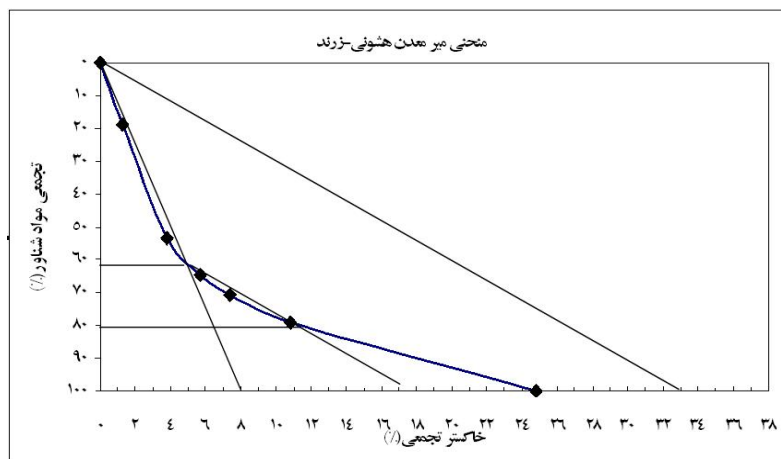
شکل ۳ منحنی میر زغالی است که مواد میانی زیادی دارد، از این منحنی می‌توان زغال شسته شده ای با خاکستر ۸٪ و راندمان ۶۲٪ بدست آورد. اگر محصول میانی با خاکستر ۳۵٪ مطلوب باشد می‌توان ۱۹٪ (۶۲-۸۱) محصول میانی و ۱۹٪ (۸۱-۱۰۰) باطله بدست آورد و با این شیوه از هدر روی زغال جلوگیری می‌شود.

## ۲-۱-۴- مخلوط کردن یک زغال شسته شده با زغال شسته نشده [۱]

همانطور که شکل ۴ نشان می دهد اگر زغال قابل فروش دارای خاکستر  $10/5\%$  باشد مقدار راندمان متناظر با این خاکستر برابر با  $71\%$  است. خاکستر همین زغال در اندازه  $1\text{mm}$  برابر با  $18\%$  می باشد. می توان کل زغال زیر  $1\text{mm}$  را به باطله فرستاد که در این صورت راندمان کل حاصل از این زغال همان  $71\%$  می باشد.

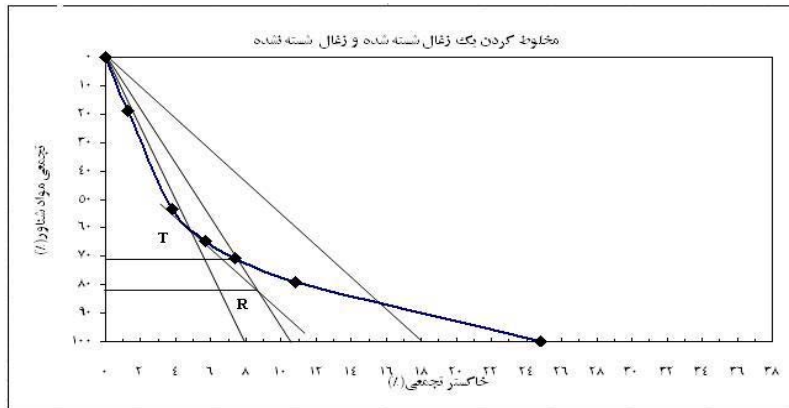


شکل ۲- کاربرد منحنی میر برای تعیین خاکستر و راندمان نوعی زغال معدن هشونی زرنند



شکل ۳- بدست آوردن زغال میانی با استفاده از منحنی میر

به طریق دیگر می توان زغال زیر  $1\text{mm}$  را با محصول زغال شسته شده با خاکستر کمتر به گونه ای ترکیب کرد که خاکستر کل مخلوط آنها برابر با  $10/5\%$  شود و بالاترین راندمان را دارا باشیم. بدین ترتیب که ابتدا خط خاکستر  $18\%$  رسم می شود سپس مماسی بر منحنی میر موازی این خط رسم می شود. این مماس بر منحنی میر در نقطه T رسم می شود. از نقطه T به نقطه مبدأ وصل و ادامه داده می شود تا محور خاکستر متوسط را قطع کند. در این صورت، خاکستر محصول زغال شسته شده به دست می آید که برابر با  $8\%$  می باشد. از نقطه T خطی عمود بر محور Y (راندمان تجمعی) رسم می شود که در این صورت راندمان برابر با  $62\%$  به دست می آید. سپس خط مماس را ادامه داده تا خط خاکستر  $10/5\%$  را در نقطه R قطع کند. از R خطی عمود بر محور Y (راندمان تجمعی) رسم می گردد تا راندمان کل حاصل از مخلوط زغال با خاکستر  $8\%$  با زغال زیر  $1\text{mm}$  با خاکستر  $18\%$  بدست آید که برابر  $81\%$  می شود. اما سهم زغال زیر  $1\text{mm}$  برابر با  $19\%$  (۶۲-۸۱) است.



شکل ۶- مخلوط کردن یک زغال شسته شده با زغال شسته نشده

## ۲-۲- تعیین قابلیت شستشو با استفاده از نرم افزار MATLAB

تاکنون نحوه تعیین قابلیت شستشو با استفاده از روش منحنی میر مورد بحث قرار داده شد. در اینجا برای انجام مقایسه، این داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار بدست می‌آید. در این شیوه بر پایه مفاهیم منحنی میر، عملیات‌های زیر صورت می‌گیرد.

- تعیین معادله دقیق حاکم بر منحنی میر
- تقاطع دادن خط خاکستر مورد نظر و منحنی کلی
- قرار دادن عرض تقاطع بدست آمده در معادله منحنی جهت تعیین راندمان
- تعیین خاکستر و میزان باطله با استفاده از موازنه خاکستر
- تعیین میزان و خاکستر مواد میانی در سیستم سه محصولی
- مخلوط کردن زغال شسته شده و شسته نشده جهت بدست آوردن راندمان بهینه

### ۲-۲-۱- بدست آوردن معادله منحنی با استفاده از نرم افزار MATLAB

پس از ورود به نرم افزار، ابتدا در قسمت workspace داده های بدست آمده از آزمایشهای غرق و شناوری که شامل ستونهای X (درصد تجمعی خاکستر مواد شناور) و Y (درصد تجمعی مواد شناور) است وارد می‌شود. سپس جهت رسم منحنی میر و بدست آوردن معادله، فرمان cftool اجرا می‌شود. در پنجره Curve fitting tool در قسمت Data داده ها برای نرم افزار تعریف می‌شود و منحنی مورد نظر رسم می‌شود. سپس در قسمت Fitting روی گزینه New fit کلیک کرده و مجدداً داده ها تعریف می‌شود. بر اساس منحنی بدست آمده نوع معادله ای که کمترین خطای برازش را دارد انتخاب می‌شود فرمان اجرا شده و ضرایب معادله به همراه خطای برازش داده می‌شود.

### ۲-۲-۲- تعیین مقدار تئوری زغال شسته شده و باطله به ازای خاکستر معین

جهت بدست آوردن راندمان به ازای خاکستر مورد نظر، معادله منحنی میر، با معادله خط خاکستر مطلوب، تلاقی داده می‌شود. عرض نقطه حاصل از تلاقی، در معادله منحنی قرار داده می‌شود تا راندمان بدست‌آید. شرایطی که در قسمت ۱-۲ ذکر شد در نرم‌افزار قرار داده و به این شکل عمل می‌شود:

```
>> solve ('-0.0018*x^4 + 0.1085*x^3 - 2.3164*x^2 + 22.1998*x - 3.7236 = (100/10.5)*x')
ans =          0.311,  7.66
```

جواب معقول ۷/۶۶ است که با قرار دادن آن در معادله منحنی، راندمان بدست می‌آید:

```
>> y1 = interp1 (x,y,7.66)      y1=71.54
```

چون خاکستر کل زغال برابر ۸/۲۴ است با موازنه خاکستر باطله را در این سیستم دو محصولی بدست می‌آوریم:

```
>> solve ('24.8 = 10.5*0.7154 + (1-0.7154)*x') ans=60.74
```

### ۲-۲-۳- بدست آوردن خاکستر نقاط مرزی با تحلیل ریاضی منحنی

جهت بدست آوردن خاکستر در مرز میان زغال شسته شده و باطله، معادله مماس بر منحنی، با مشتق گرفتن از معادله منحنی

میر بدست می آید؛ با قرار دادن عرض نقطه تقاطع (نقطه مرزی) در معادله مماس، شیب منحنی در این نقطه بدست می آید:

```
>> pd = polyder(p) pd= -0.0072 0.3254 -4.6328 22.1998
```

```
>> t = polyval(pd,7.66) t= 2.58
```

با بدست آوردن شیب خط خاکستر می توان خاکستر در نقطه مرزی را بدست آورد:

```
>> b.ash = 100/2.58 b.ash = 38.65
```

### ۲-۲-۴- محاسبه میزان مواد میانی به ازای خاکستر معین

ابتدا با تلاقی دادن خط خاکستر ۸٪ و منحنی میر راندمان زغال شسته شده را بدست می آید:

```
>> solve ('-0.0018*x^4 + 0.1085*x^3 - 2.3164*x^2 + 22.1998*x - 3.7236 = (100/8)*x')
```

```
ans= 0.426 ,4.88
```

```
y1=interp1(x,y,4.88) y1=61.03
```

در ادامه معادله خط خاکستر مواد میانی (۳۵٪) را که از نقطه تلاقی در بالا می گذرد بدست می آید و با منحنی میر تلاقی داده

می شود با قراردادن عرض نقطه حاصل از تلاقی در معادله منحنی میر مجموع راندمان زغال شسته شده و مواد میانی بدست می آید:

```
>> solve ('-0.0018*x^4 + 0.1085*x^3 - 2.3164*x^2 + 22.1998*x - 3.7236 = 100/35*(x-4.88) + 61.03')
```

```
ans= 4.87 , 10.86
```

```
y1=interp1(x,y,10.86) y1= 79.29
```

```
79.29-61.03=18.26
```

در نتیجه راندمان مواد میانی:

خاکستر باطله با موازنه خاکستر بدست می آید:

```
>> solve ('24.8=0.1826*35+0.6103*x') ans= 65.32
```

### ۲-۲-۵- تحلیل ترکیب کردن زغال شسته شده و زغال شسته نشده

بر اساس توضیحاتی که در بخش ۲-۱-۴ آمد اگر خاکستر زغال شسته شده را  $a_1$  با راندمان  $y_1$  و خاکستر زغال شسته نشده را

$a_2$  با راندمان  $y_2$  در نظر بگیریم. هدف ما از مخلوط کردن این دو زغال به دست آوردن زغال با خاکستر  $a$  و راندمان حداکثر است

که داریم:  $a = y_1 * a_1 + y_2 * a_2 / (y_1 + y_2)$

که باید:  $y_1 + y_2 = y_{max}$

از رابطه بالا داریم:

$$a(y_1 + y_2) = y_1 a_1 + y_2 a_2 \Rightarrow y_2 = y_1 (a - a_1) / (a_2 - a) \quad (2)$$

خاکستر زغال شسته نشده ۱۸ درصد است و هدف ما به دست آوردن زغالی با خاکستر ۱۰/۵ درصد است. در نتیجه:

$$y_2 = y_1 (10.5 - a_1) / (18 - 10.5) = y_1 (1.4 - a_1 / 7.5) \quad (2)$$

ابتدا معادله مماس بر منحنی بدست می آید و با شیب خط خاکستر ۱۸٪ تلاقی داده می شود تا نقطه مماس خط خاکستر

۱۸٪ و منحنی میر بدست آید:

```
>> pd = polyder(p) pd= -0.0072 0.3254 -4.6328 22.1998
```

```
>> solve ('-0.0072*x^3 + 0.3254*x^2 - 4.6328*x + 22.1998 = 100/18') ans = 5.39
```

```
y1=interp1(x,y,5.39) y1 = 63.42
```

راندمان را به ازای این زغال شسته شده بدست می آید:

```
>> 100*5.39/63.42 ans=8.49
```

و خاکستر زغال شسته شده در این نقطه برابر:

این مقدار خاکستر ( $a_1$ ) را در رابطه (۲) قرار می دهیم تا میزان زغال شسته نشده اضافه شده بدست آید:

$$y_2 = 63.42 * (1.4 - 8.49 / 7.5) \quad y_2 = 16.92$$

$$16.92 + 63.42 = 80.34$$

و راندمان کلی بدست می آید:

بنابراین با استفاده از روش ترسیمی در سیستم دو محصولی، اگر خاکستر مطلوب زغال شسته شده نوعی از زغال معدن هشونی زرد ۵/۱۰٪ باشد، راندمان تئوری زغال شسته شده ۷۱٪ بدست می آید و درصد باطله ۲۹٪ و خاکستر باطله ۶۱٪ است. با استفاده از نرم افزار، راندمان این زغال ۷۱/۵، درصد باطله ۲۸/۴ و خاکستر باطله ۶۰/۷ است.

خاکستر در نقطه مرزی میان زغال شسته شده و باطله در روش اول ۳۷/۵٪ و در روش دوم ۳۸/۶٪ است.

در سیستم سه محصولی زغال شسته شده ای با خاکستر ۸٪ و راندمان ۶۲٪، محصول میانی با خاکستر ۳۵٪ و راندمان ۱۹٪ و باطله ای با خاکستر ۶۵٪ بدست آمد. با استفاده از نرم افزار، زغال شسته شده با خاکستر ۸٪ و راندمان ۶۱٪ محصول میانی با خاکستر ۳۵٪ و راندمان ۱۸/۲۶٪ و باطله ای با خاکستر ۶۵/۳۲٪ بدست آمد.

اگر در روش ترسیمی از این زغال محصول شسته شده ای با خاکستر ۸٪ و راندمان ۶۲٪ تهیه شود و با زغال شسته نشده ای با خاکستر ۱۸٪ مخلوط شود راندمان ۸۱٪ و خاکستر مطلوب ۱۰/۵٪ حاصل می شود. که این بمعنای افزایش ۱۹٪ راندمان است. در روش دوم زغال شسته شده، با خاکستر ۸/۴۹٪ و راندمان ۶۳/۴٪ با زغال شسته نشده با خاکستر ۱۸٪ ترکیب شده و راندمان ۸۰/۳٪ بدست می آید.

## ۲- نتیجه گیری

- منحنی میر در مقایسه با سایر منحنی های قابلیت شستشو سهولت و کاربرد بیشتر و احتیاج به داده های کمتری دارد در این مبحث با تحلیل ریاضی نشان داده شد استفاده از این منحنی تا حد زیادی بهترین نسبت مخلوط کردن زغال های مختلف برای به دست آوردن راندمان بهینه را ارائه می دهد. اشکال این روش در خطاهای ناشی از روش ترسیمی است.
- از آن جا که نتایج حاصل از آزمایش های غرق و شناوری داده های رسم منحنی های قابلیت شستشو را تشکیل می دهند بایستی این آزمایش ها به صورت دقیق و حتی الامکان در تعداد دانسیته بیشتر با فواصل محدودتر انجام گیرند تا نتایج با دقت بالاتری به دست آیند.
- استفاده از نرم افزار MATLAB بدون رسم منحنی های قابلیت شستشو، با صرف وقت کمتر و به نحو ساده تری بر مبنای مفاهیم منحنی میر، قادر به تعیین کارایی جدایش و انتخاب بهترین نسبت مخلوط کردن انواع است و استفاده از این نرم افزار و نرم افزارهای مشابه به جای روش های سنتی ترسیمی می تواند مفید باشد.

## ۳- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاریهای پرسنل مرکز تحقیق و توسعه شرکت زغالسنگ کرمان که داده های لازم جهت انجام این تحقیق را فراهم کردند تشکر و قدردانی می شود.



#### ۴- مراجع

- [۱] محمدی، مریم؛ (دی ماه ۱۳۸۱)؛ بررسی تأثیر ترکیب خوراک ورودی به کارخانه زغالشویی زرنند و کارایی آن؛ پایان نامه کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [2] Osborne, D. G.; 1988; "Coal Preparation Technology"; Kilborn Engineering (B.C) Ltd., Vancouver.
- [3] Josepm L.W. and Yronc H. B.; 1991; "Coal Preparation"; Littleton, Colorado.