

نرم افزاری برای طراحی مجاری آبکشی در معادن (غنو)

حسن مدنی، استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت
عبدالهادی نظری، دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در قسمت های مختلف معدن، آبکشی با استفاده از مجاری روباز (غنو) و خط لوله انجام می گیرد. برای آبکشی در معادن، آب را به کمک غنو به مخزن هدایت می کنند تا از آن جا به کمک خط لوله، آب را پمپاژ کرده به بیرون از معدن انتقال دهند. طراحی و انتخاب ابعاد و مشخصات مناسب برای غنو بسیار مهم است. برای طراحی مسائل مربوط به غنو، رابطه های مختلفی وجود دارد که استفاده ی دستی از آن ها وقت گیر و با خطا همراه است. برای افزایش سرعت و دقت در طراحی غنو می توان از رایانه استفاده کرد. در این مقاله برنامه ای ارائه شده است که با استفاده از آن می توان طراحی غنو را به سادگی انجام داد. برای نوشتن این برنامه از نرم افزار *MATLAB* استفاده شده است.

کلمات کلیدی: مجاری روباز، غنو، *MATLAB*

۱- مقدمه

در بسیاری از مسائل آبکشی-در معادن روباز، آبکشی در تونل ها و آبکشی های سطحی، با حرکت آب در مجاری باز سرو کار داریم. به طور کلی در تمام مواردی که سطح آزاد آب تحت فشار ثابت معینی (عموماً فشار اتمسفر) قرار داشته باشد، حرکت آب را می توان به عنوان حرکت در مجرای باز در نظر گرفت [۱]. عامل اصلی حرکت آب در مجرای باز، شیب کف بستر، و به عبارت دیگر، مؤلفه ی نیروی ثقل در امتداد مجراست و در ضمن حرکت، نیروی گرانروی نیز در خلاف جهت نیروی ثقل عمل می کند و برآیند آن دو، حرکت آب را سبب می شود [۲].

در این مقاله پس از بیان و معرفی جریان یکنواخت و رابطه ها و روش های محاسباتی در این گونه جریان ها به همراه شناسایی پارامترهای مربوط به این رابطه ها، با ارائه ی مثال هایی نحوه ی اجرا و استفاده از برنامه نشان داده خواهد شد. (۱)

۲- جریان یکنواخت در کانال های روباز

اگر مطابق شکل شماره ۱، جریان یکنواخت در یک کانال منشوری با مقطع دلخواه برقرار باشد، سرعت از رابطه چزی (۲) به شرح زیر به دست می آید:

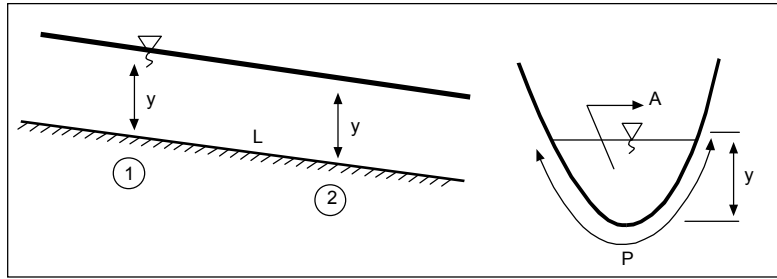
$$V = C\sqrt{RS} \quad (1)$$

و یا

$$Q = VA = CA\sqrt{RS} \quad (2)$$

در این فرمول *C* ضریب چزی نامیده می شود که دارای بعد $\frac{L^{1/2}}{T}$ است و در سیستم بین المللی آحاد (SI) واحد $m^{1/2}/s$ را دارد. *R* شعاع هیدرولیکی (A/P) و *S* شیب هیدرولیکی (شیب بستر مجرا) است [۲].

برای تعیین ضریب *C* فرمول ها و جداول مختلفی ارائه شده



شکل شماره ۱- جریان یکنواخت در یک کانال منشوری [۲]

که مهم ترین آنها به شرح زیر است [۱]:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$$C = \frac{1.486}{n} R^{1/6}$$

ب- در سیستم انگلیسی (۸)

۴-۲ - فرمول دارسی (۴)

در سیستم انگلیسی (۹)

$$C = \frac{1}{\sqrt{a + \frac{b}{R}}}$$

در این فرمول ها: "S" شیب بستر مجرا، "R" شعاع هیدرولیکی آن، "n" ضریب زبری سطح کانال یا "ضریب زبری مانینگ"، "m" ضریب زبری سطح مجرا (ضریب بازن)، و "a" و "b" ضرایب دارسی [۱] است. مقادیر n و m و a و b را می توان از جداول مربوط به آن ها به دست آورد [۱] و [۲] و [۳].

۳ - روش حل مسائل مجاری روباز:

مسائل مربوط به مجاری باز به یکی از سه حالت زیر مطرح می شوند:

۱-۳ - حالتی که مشخصات مجرا معلوم باشد و بخواهیم شدت جریان حداکثر آن را محاسبه کنیم (مسئله ی نوع اول): این مطلب در مسائل آبکشی معدن هنگامی پیش می آید که مجرای با مشخصات معینی موجود باشد. به عنوان مثال، وقتی که بخواهیم آب تونل ها را به وسیله ی لوله های سیمانی به خارج یا به مخزن آب هدایت کنیم [۱].

۱-۲ - فرمول گانگیه - کوتر (۱)

الف - در سیستم انگلیسی (۳)

$$C = \frac{41.65 \left| \frac{0.00281}{S} \right|^{1.811}}{1 + \left(41.65 + \frac{0.00281}{S} \right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

ب - در سیستم متریک (۴)

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 - \frac{0.00155}{S} \right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

۲-۲ - فرمول بازن (۲)

الف - در سیستم انگلیسی (۵)

$$C = \frac{157}{1.81 \left| \frac{m}{R} \right|}$$

ب - در سیستم متریک (۶)

$$C = \frac{1}{\sqrt{a + \frac{b}{R}}}$$

۳-۲ - فرمول مانینگ (۳)

الف - در سیستم متریک (۷)

1- Ganguilet- Kutter

2-Bazin

3-Maning

4-Darcy

۳-۲ - حالتی که بخواهیم مجرا را برای عبور شدت جریان معینی، بدون محدودیت طراحی کنیم (مسئله نوع دوم):

در مورد آبکشی از تونل‌ها، از آنجا که شیب تونل معمولاً ۳ تا ۵ در هزار است لذا در صورتی که از نظر عرض یا عمق مجرا محدودیتی وجود نداشته باشد، می‌توان ابعاد مقطع را به گونه‌ای انتخاب کرد که شعاع هیدرولیکی آن ماکزیمم شود [۱].

۳-۳ - حالتی که در طراحی مجرا محدودیتی وجود داشته باشد (مسئله نوع سوم):

در پاره‌ای موارد لازم است مجرا را برای عبور جریان معینی طراحی کنیم و در عین حال محدودیتی از نظر عمق یا عرض مجرا وجود دارد. به عنوان مثال، در طراحی غنوتونل‌ها، معمولاً محدودیتی از نظر عرض وجود دارد، زیرا وجود دورشته راه آهن و بعضی تأسیسات دیگر، مانع از آن است که عرض دلخواه را برای غنو در نظر گیریم. در این موارد، دیگر نمی‌توان شعاع هیدرولیکی را ایده‌آل در نظر گرفت بلکه باید ابعاد آن را طوری محاسبه کرد که بتواند شدت جریان مورد نظر را از خود عبور دهد. باید به این نکته توجه داشت که چون با مشخص نبودن ابعاد، سطح مقطع و شعاع هیدرولیکی هر دو نامعلوم است، بنابراین نمی‌توان مستقیماً این دو را محاسبه کرد بلکه باید از روش آزمون و خطا و روش‌های حل عددی کمک گرفت [۱].

۴- الگوریتم برنامه نویسی

با توجه به این که به طور کلی، برای هر سه نوع مقطع مستطیل، دوزنقه و نیم‌دایره از یک نوع الگوریتم استفاده شده، این الگوریتم‌ها را به صورت مسائل نوع اول، نوع دوم و نوع سوم مورد بحث قرار می‌دهیم. این برنامه هم در سیستم متریک و هم در سیستم انگلیسی کاربرد دارد، یعنی هنگامی که معلومات مسئله را به برنامه می‌دهیم، در بخشی از برنامه از کاربر خواسته می‌شود که نوع سیستم (متریک و یا انگلیسی) را انتخاب کند و البته برنامه جواب را نیز در هر دو سیستم به کاربر می‌دهد. همچنین با توجه به این که چهار رابطه‌ی گانگیه - کوتر، بازن، مانینگ و داریسی برای حل این مسئله وجود دارد، لذا برای افزایش دقت برنامه، علاوه بر جواب انحصاری به دست آمده از هر یک از

این رابطه‌ها، برنامه میانگین جواب‌ها را نیز محاسبه می‌کند.

۴-۱- مسئله نوع اول و نوع دوم:

برای حل مسائل نوع اول و دوم، با توجه به این که این نوع مسائل، با در نظر گرفتن فرمول‌های مربوطه، یک مسئله با یک مجهول (Q شدت جریان برای مسئله نوع اول و ابعاد مقطع بهینه برای مسئله نوع دوم) است، لذا با توجه به قدرت MATLAB در حل معادلات ریاضی، ابتدا داده‌های مسئله وارد شده و آنگاه فرمول‌های مربوطه به برنامه داده می‌شود، و در نهایت جواب مجهول مورد نظر به دست می‌آید.

۴-۲- مسئله نوع سوم:

در این نوع مسائل با توجه به این که با مشخص نبودن ابعاد، سطح مقطع و شعاع هیدرولیکی هر دو نامعلوم است. بنابراین حل این مسئله با MATLAB به طور مستقیم مشکل است. به همین منظور برای حل این مسئله از روش‌های محاسبات عددی استفاده شده است. یعنی برنامه به گونه‌ای طراحی شده که با وارد کردن داده‌های مسئله، رابطه‌های مربوطه به برنامه داده می‌شود و با استفاده از روش ریشه‌یابی، مقدار میانی جواب مسئله به دست می‌آید.

۵- نحوه‌ی اجرای برنامه

برای اجرای برنامه ابتدا باید وارد محیط MATLAB شد و برنامه را اجرا کرد. صفحه‌ای در اختیار کاربر قرار می‌گیرد و از او می‌خواهد که نوع مقطع و نوع مسئله را انتخاب کند و دکمه‌ی EXECUTE را فشار دهد. در شکل شماره‌ی ۲ این صفحه نشان داده شده است. پس از آن، صفحه‌ی مربوط به نوع مسئله و شکل مربوطه در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. با ورود داده‌های مسئله و استفاده از دکمه‌ی EXECUTE، جواب‌های مسئله ارائه می‌شود.

اکنون با ارائه‌ی مثال‌هایی نحوه‌ی اجرای برنامه را نشان می‌دهیم:

مثال ۱- می‌خواهیم حداکثر شدت جریان آب در یک مجرای دایره‌ای با پوشش داخلی آجری و به قطر ۵ فوت به حالت نیمه پر را محاسبه کنیم. شیب کف مجرا ۰/۰۰۱ است.

به این مسأله ظاهر شود (شکل شماره ی ۸) سپس داده های مسأله را مطابق شکل شماره ی ۹ در جاهای خود می نویسیم و دکمه ی EXECUTE را فشار می دهیم تا مسأله حل شود (شکل شماره ی ۱۰). با توجه به این که ضرایب فرمول های بازن و دارسی موجود نبود، در نتیجه جوابی نیز در مقابل این فرمول ها آورده نشده است.

نتیجه گیری

با استفاده از زبان برنامه نویسی MATLAB، یکی از مسائل مهم مربوط به معدن کاری یعنی طراحی غنو - حل می شود. از آنجا که فرمول های زیادی درباره ی طراحی غنو وجود دارد و نیز حل این مسائل به روش دستی وقت گیر است و احتمال خطای بیشتری وجود دارد، استفاده از MATLAB، هم دقت کار طراحی غنو و هم سرعت آن را افزایش می دهد. با توجه به این که MATLAB قدرت بسیار زیادی در طراحی و حل مسائل ریاضی دارد، استفاده از این زبان برنامه نویسی در قسمت های مختلف طراحی و محاسبات معدن کاری می تواند کمک بزرگی در این زمینه باشد.



شکل شماره ی ۳- انتخاب مسأله ی نوع اول با مقطع نیم دایره

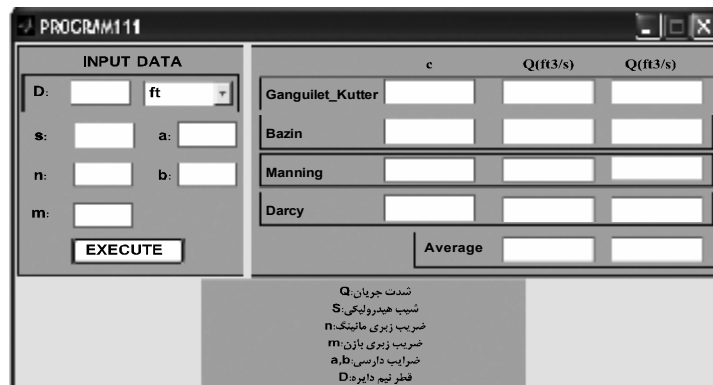
حل: ابتدا مقادیر ضرایب a, m, n و b را از جداول مربوطه استخراج می کنیم: $a = 0.000058$, $m = 0.29$, $n = 0.012$ و $b = 0.000122$ ، حال با توجه به اینکه مقطع از نوع نیم دایره و مسأله از نوع اول است، در صفحه ی اصلی برنامه این قسمت را انتخاب کرده (شکل شماره ی ۳) و دکمه ی EXECUTE را می زنیم تا صفحه مربوط به این مسأله ظاهر شود (شکل شماره ی ۴).

پس از این که صفحه ی مربوط به این مسأله ظاهر شد، داده های مسأله را با توجه به این که قطر بر حسب فوت است، در جای خود قرار می دهیم (شکل شماره ی ۵) و با فشار دکمه ی EXECUTE مسأله حل می شود (شکل شماره ی ۶). مثال ۲- مجربایی به شکل مستطیل، به عرض ۱۸ فوت و شیب 0.0001 مفروض است. اگر ضریب زبری مجرا 0.15 باشد، عمق آن را به گونه ای حساب کنید که بتواند شدت جریان 216 فوت مکعب در ثانیه را از خود عبور دهد.

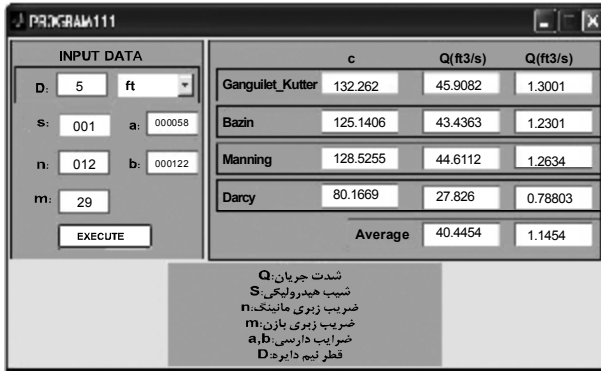
حل: این مسأله از نوع سوم با مقطع مستطیل است. در برنامه ی اصلی این قسمت را انتخاب می کنیم (شکل شماره ی ۷) و دکمه ی EXECUTE را فشار می دهیم تا صفحه ی مربوط



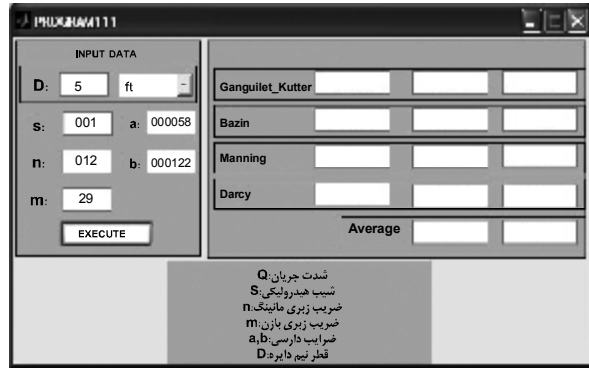
شکل شماره ی ۲- صفحه اجرایی اصلی برنامه



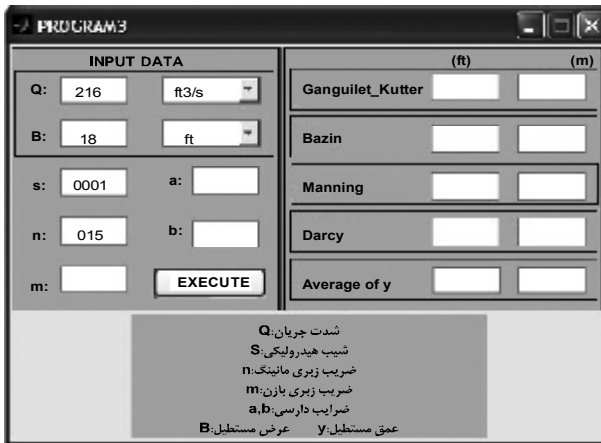
شکل شماره ی ۴- صفحه ی اجرایی مربوط به مسأله ی نوع اول با مقطع نیم دایره



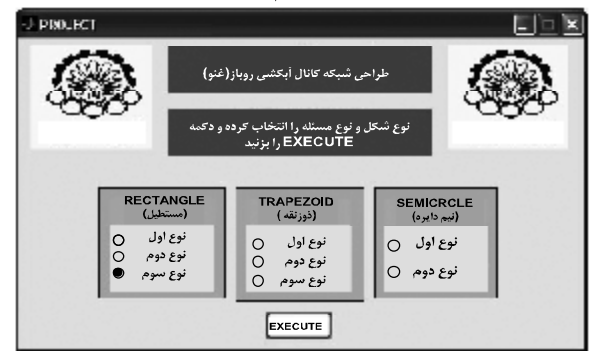
شکل شماره ۶- حل مثال ۱



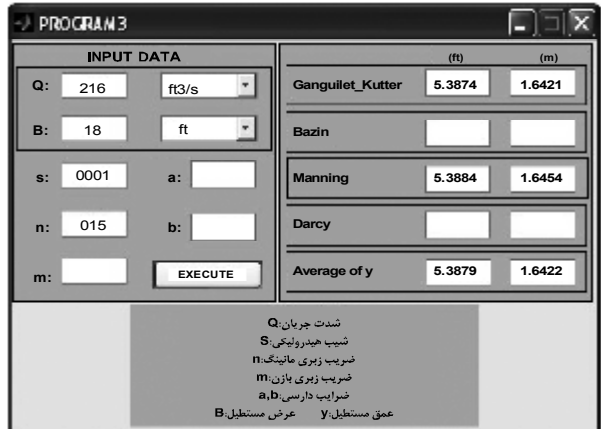
شکل شماره ۵- جاگذاری معلومات مثال ۱ در رابطه با مسأله‌ی نوع اول با مقطع نیم دایره



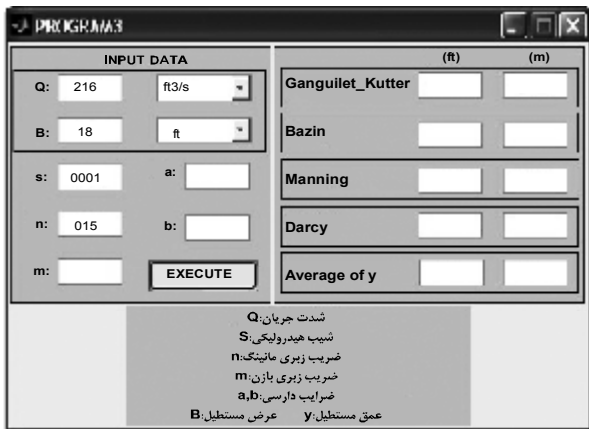
شکل شماره ۸- صفحه‌ی اجرایی مربوط به مسأله‌ی نوع سوم با مقطع مستطیل



شکل شماره ۷- انتخاب مسأله‌ی نوع سوم با مقطع مستطیل



شکل شماره ۱۰- حل مثال ۳



شکل شماره ۹- جاگذاری معلومات مثال ۳ در رابطه با مسأله‌ی نوع سوم با مقطع مستطیل

منابع:

- ۱- مدنی، حسن (۱۳۸۲)، "آبکشی و آبرسانی در معادن" انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۲- حسینی، سید محمود - ابریشمی، جلیل (۱۳۸۲)، "هیدرولیک کانال های روباز" انتشارات دانشگاه امام رضا (ع) - مشهد
3. Russell, George, E.(1996), "Hydraulics" Oxford and IBH Publishing co