کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی
۲۴ آذر ماه ۱۳۸۴

مقدمه‌ای بر مدل و کاربردهای آن در آبیاری و زهکشی

سید حسن طباطبائی[۱]، هومن خالدی[۲]

چکیده

مدل شرحی ساده از هویت یا فرآیندی پیچیده است. به عبارت دیگر مدل‌سازی به معنای استخراج روابط بین پدیده‌های مرتبط با هم و ارایه یک سیستم پویا است، تا امکان پیشگویی تغییرات پدیده یا پدیده‌ها نسبت به زمان، مکان و غیره به وجود آید. ساخت مدل بر پایه کشف روابط منطقی و شناخت و تفسیر این روابط امکان پذیر می‌گردد. در شرایط حاضر استفاده از مدل تقریبا در تمامی علوم، کاری متعارف می‌باشد به طوری که امروزه از شبیه‌سازی انفجارهای اتمی گرفته تا علوم انسانی، از مدل استفاده می‌شود. در علوم مهندسی با پیشرفت محاسبات عددی و ساخت کامپیوترهای پرسرعت طی چند دهه اخیر، زمینه لازم برای ساخت و ارایه مدل، بیش از پیش فراهم گردیده است. در علوم مختلف کشاورزی و از آن جمله آبیاری و زهکشی نیز مدل‌سازی در حال توسعه می‌باشد. استفاده از مدل‌ها، زمینه لازم را برای پاسخهای سریع، دقیق و اقتصادی به بسیاری از سوالات فراهم آورده است. در این مقاله که براساس مطالعات کتابخانه‌ای تهیه گردیده است، ابتدا به تشریح مفهوم مدل پرداخته شده و در ادامه چند نوع از تقسیم‌بندی‌های رایج مدل ارایه گردیده است.

کلمات کلیدی: مدل - آبیاری - زهکشی

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

شهرکرد - دانشگاه شهرکرد - دانشکده کشاورزی - گروه مهندسی آب- ص.پ. ۱۱۵ فاکس: ۴۴۲۴۴۲۸-۰۳۸۱

stabaei@hotmail.com

۲ - کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و عضو بخش جوان کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران- خیابان وحید دستگردی- خیابان تخارستان- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس- صندوق پستی ۶۸۷۵-۱۹۳۹۵

homankhaledi@yahoo.com

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

جهان هستی و پدیده‌های موجود در آن در قیاس با توانایی‌های علمی و ذهنی بشر دارای پیچیدگی‌های فراوانی می‌باشند. اما انسان بر اساس نیاز و یا کنجکاوی خود نیاز دارد که بسیاری از این پدیده‌های طبیعی را کشف و تحلیل نماید. بدین لحاظ لازم است که از وسیله‌ای استفاده شود تا ضمن حفظ واقعیتهای موجود در پدیده طبیعی، امکان تحلیل آن توسط ذهن انسان وجود داشته باشد. این وسیله مدل[1] نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، مدل شرحی ساده از هویت یا فرآیندی پیچیده است (شکل ۱). مدل سازی به ما اجازه می‌دهد، پدیده‌های طبیعت را درک کرده و در هر مورد پیش بینی لازم را انجام دهیم.

شکل ۱- مدل، واسطه‌ای بین پدیدهای طبیعی و ذهن انسان

به عنوان مثال می‌توان گفت که کره زمین در واقعیت بیرون از ذهن بشر تقریبا بشکل یک پرتقال می‌باشد حال اگر ما بخواهیم یک سد کوچک احداث کنیم می‌توان سطح زمین را مسطح فرض کرده و یا به عبارت دیگر از «مدل زمین مسطح» استفاده کنیم. اما اگر منظور ما احداث خط لوله‌ای طولانی باشد می‌توانیم زمین را کروی فرض کنیم و یا به عبارت دیگر از «مدل کروی زمین» استفاده کنیم. در این دو مثال واقعیت کره زمین یکی است اما به دو صورت در ذهن انسان مدل شده است.

در طی چند دهه اخیر با ظهور کامپیوترهای قدرتمند این امکان فراهم شده است که پدیده‌های بسیار پیچیده همچون هواشناسی و یا حتی انفجارهای اتمی بصورت مدل کامپیوتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

۱-۲- سابقه و منافع بکارگیری مدل

می‌توان گفت از ابتدای خلقت بشر، انسان پدیده‌های طبیعی را بصورت مدل در ذهن خود ایجاد کرده و از آن بهره می‌برده است. با پیدایش انقلاب صنعتی در چند صده قبل و پیشرفت چشمگیر در علومی همچون ریاضی و فیزیک، استفاده از مدل وارد مرحله جدیدی شد به طوری که با این پیشرفت، مدل کردن پدیده‌های طبیعی با استفاده از علوم ریاضی، فیزیک و غیره بسیار متعارف گردید.

---

1 -Model

در قرن بیستم با پیدایش کامپیوتر، استفاده از مدل وارد مرحله نوینی شد، به طوری که بسیاری از مدل‌های پیچیده با استفاده از کامپیوتر قابلیت تحلیل پیدا کردند. این روند با ورود کامپیوترهای جدید هر روز در حال گسترش بوده و امروزه این امکان بوجود آمده است که بسیاری از مدل‌های پیچیده حتی بوسیله کامپیوترهای خانگی قابل تحلیل شوند.

استفاده از مدل در طی دوران مختلف تاریخ توانسته است منافع بسیاری را برای انسان به ارمغان بیاورد که برخی از موارد آن بشرح ذیل می‌باشد:

- کم کردن هزینه‌ها
- سریع شدن دسترسی به نتایج
- دسترسی به نتایج دقیقتر

۱-۳- تعریف نمونه واقعی و مدل

معمولا در ایجاد پدیده‌های طبیعی، عوامل گوناگونی دخالت دارند. در تهیه مدل این‌گونه پدیده‌ها سعی می‌شود که عوامل کم اهمیت جهت ساده شدن کار حذف گردند. این موضوع باعث می‌شود که یک پدیده پیچیده طبیعی، تبدیل به یک پدیده ساده‌تر شده و مدل کردن و تحلیل آن سهل‌تر شود. البته بایستی توجه داشت که حذف این عوامل باید بر اساس منطق صورت گیرد چرا که در غیر این صورت نتایج دریافتی از مدل با نتایج دریافتی از پدیده طبیعی، تفاوت فاحشی پیدا خواهد کرد.

به طور کل می‌توان گفت دقیقترین مدل یک پدیده طبیعی خود آن پدیده می‌باشد، اما مسایلی همچون پیچیدگی، هزینه و یا وقت‌گیر بودن موجب می‌شود که انسان از مدل استفاده کند. در علم مدل به نمونه واقعی یا اصلی، پروتوتیپ[1] و به نمونه تهیه شده از روی نمونه واقعی، مدل گویند. شکل ۲ نمونه‌ای از مدل یک سد و نمونه واقعی آن را نشان می‌دهد.

شکل ۲ – مدل و نمونه واقعی یک سد

۱-۴- مقیاس مدل

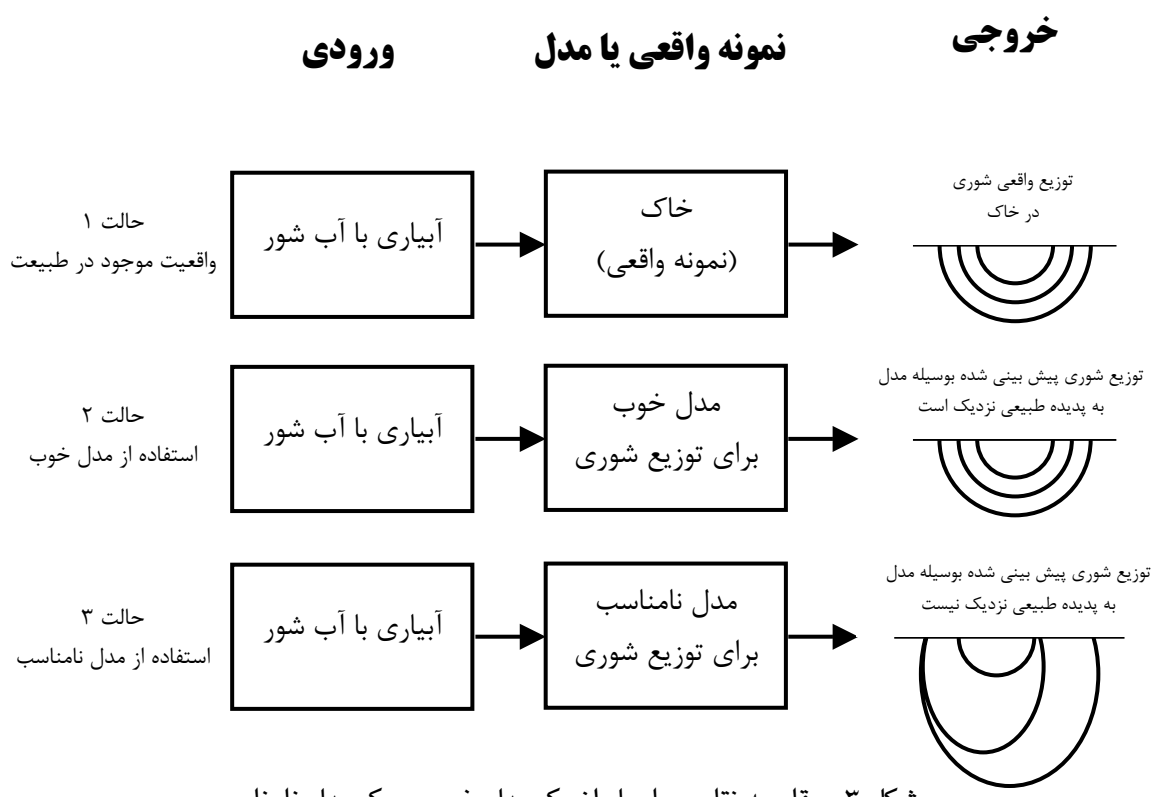
در عمل ممکن است مقیاس عوامل در نمونه واقعی در حدی باشد که انجام آزمایش در آن مقیاس غیر ممکن یا غیر اقتصادی باشد. در این صورت لازم است که مقیاس مدل مورد مطالعه در قیاس با نمونه اصلی تغییر (بزرگتر یا کوچکتر) نماید. به طور مثال ساختن یک مدل از سرریز سد در مقیاس واقعی ممکن است غیر اقتصادی باشد اما ساختن مدل کوچک آن می‌تواند هزینه‌ها را تا حد زیادی کاهش دهد. این تغییر

1- Prototype

مقیاس می‌تواند در زمینه زمان هم کاربرد داشته باشد. بطور مثال تحلیل فرآیند رسوب در طبیعت زمان‌بَر می‌باشند، اما می‌توان مدل‌هایی برای تحلیل رسوب تهیه نمود که بتوان سریعتر به نتایج دست یافت.

۱-۵- استفاده از مدل

بعد از اینکه برای تحلیل یک فرآیند طبیعی، مدل تهیه شد می‌توان با اعمال ورودیهای مختلف نتیجه آن فرآیند طبیعی را پیش‌بینی نمود. در این مرحله هرچه مدل بهتر تهیه شده باشد نتایج خروجی آن نیز به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. شکل ۳ به صورت شماتیک نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه نتایج حاصل از یک مدل خوب و یک مدل نامناسب

۲- تقسیم‌بندی مدل‌ها

به طور کل مدل‌ها را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف تقسیم‌بندی نمود. در زیر چند نمونه رایج برای تقسیم‌بندی مدل‌ها آورده شده است.

۲-۱- تقسیم‌بندی مدل‌ها از نظر قابل فهم بودن

بر اساس قابل فهم بودن، مدل‌ها را می‌توان به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

مدل جعبه سفید

در مدل‌های جعبه سفید، فرآیندی که در مدل طی می‌شود مشخص می‌باشد.

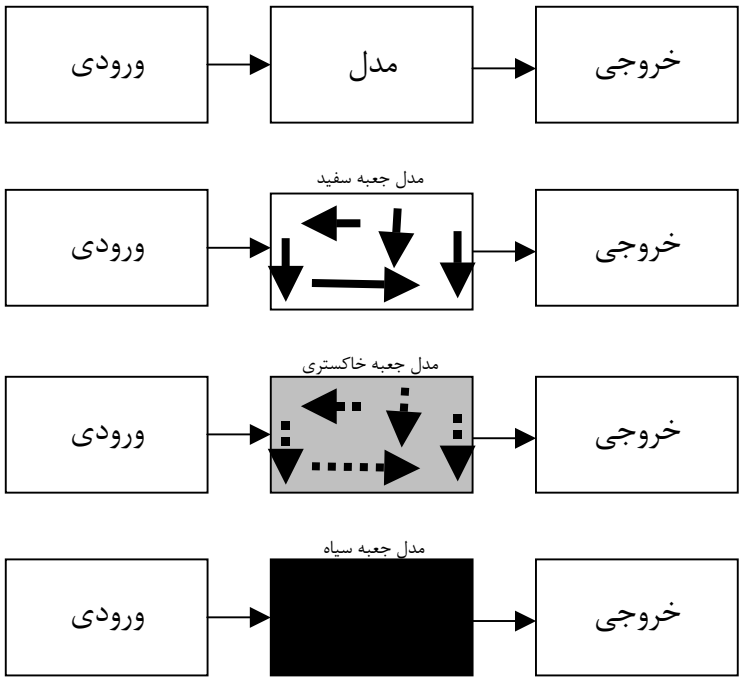
مدل جعبه خاکستری

در این نوع مدل اتفاقاتی که در مدل می‌افتد بطور واضح مشخص نیست. مدل‌های جعبه خاکستری حالتی بینابین مدل‌های جعبه سفید و جعبه سیاه دارند.

مدل جعبه سیاه

در مدل‌های جعبه سیاه، اتفاقاتی که در مدل می‌افتد مشخص نمی‌باشد.

شکل ۴ بصورت شماتیک مقایسه‌ای از سه دسته مدل فوق‌الذکر را نشان می‌دهد.



شکل ۴- مقایسه مدل‌های جعبه سیاه، خاکستری و سفید
(خطهای فلش دار نمایی شماتیک از اتفاقاتی است که در مدل می‌افتد)

۲-۲- تقسیم‌بندی مدل‌ها از نظر ماهیت

مدل‌هایی که معمولا برای مطالعه و بررسی آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سه نوع می‌باشد:

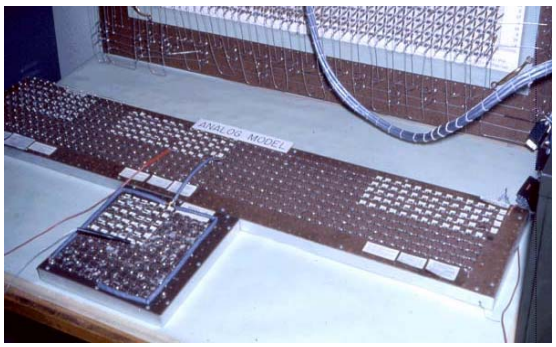
۲-۲-۱- مدل فیزیکی

در مدل فیزیکی، مدل از نظر فیزیکی شبیه نمونه واقعی می‌باشد، اما در مقیاسی متفاوت. برای مثال مدل فیزیکی یک سد یا رودخانه که در آزمایشگاههای هیدرولیک تهیه می‌شوند نمونه‌هایی از مدل‌های فیزیکی هستند. این مدل‌ها در حال حاضر در دنیا جایگاه ویژه‌ای خود را دارند. این نوع از مدل‌ها معمولا پر هزینه می‌باشند. شکل ۵ نمونه‌ای از مدل فیزیکی یک سرریز سد را نمایش می‌دهد.

شکل ۵– مدل فیزیکی سرریز یک سد

۲-۲-۲- مدل قیاسی

نوع دیگری از مدل‌ها وجود دارند که می‌توان آنها را نوع خاصی از مدل‌های فیزیکی دانست. مبنای منطقی اینگونه مدل‌ها این است که در طبیعت پدیده‌های گوناگونی وجود دارند که از نظر فیزیکی و معادلات ریاضی شبیه هم هستند. به طور مثال حرکت جریان الکتریسته و یا حرکت حرارت در بسیاری موارد شبیه فیزیک حرکت آب می‌باشد. بر این اساس می‌توان فرض کرد که ولتاژ معادل فشار، هدایت الکتریکی معادل ضریب نفوذپذیری، شیب پتانسیل الکتریکی معادل شیب هیدرولیکی و بردار شدت جریان الکتریکی معادل بردار سرعت آب می‌باشد. در چنین شرایطی فرمول اهم هم بجای فرمول دارسی مورد استفاده واقع خواهد شد. بنابراین در برخی موارد می‌توان به جای استفاده از مدل‌های فیزیکی از مدل‌های الکتریکی، حرارتی و غیره استفاده نمود تا بدین وسیله امکان تهیه مدل و آزمایش سهل‌تر شود. شکل ۶ نمونه‌ای از مدل قیاسی می‌باشد که برای یک آبخوان تهیه شده است.



شکل۶ – مجموعه‌ای از خازن و مقاومت الکتریکی که هیدرولیک جریان آب زیرزمینی را در یک آبخوان بوسیله مدل قیاسی نشان می‌دهد

۲-۲-۳- مدل ریاضی

در علم آبیاری و زهکشی، مدل‌های ریاضی در حقیقت به معنای حل معادلات اصلی حاکم بر فیزیک آب و خاک می‌باشند. مراحلی که برای ایجاد و اجرای یک مدل ریاضی طی می‌شود عموما شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف- درک رفتار فیزیکی سیستم

در این مرحله روابط و اثرات متقابل عوامل موجود در یک سیستم تعیین می‌شوند.

ب- تعیین معادلات ریاضی

در این مرحله، روابط فیزیکی حاکم که در مرحله قبل شناسایی شده‌اند به صورت عبارات ریاضی تفسیر می‌شوند. در این قسمت باید فرضیات ساده‌ای را در نظر گرفت و معادلات حاکم بر جریان را بدست آورد. نتایج حاصله از این مرحله عموما شامل یک یا تعدادی معادله دیفرانسیل همراه با شرایط اولیه[۱] و مرزی[۲] مناسب می‌باشد.

ج- حل معادلات ریاضی

در این مرحله بایستی روش حل مناسبی جهت فرمول ارایه شده در مرحله قبل بدست خواهد آید. عموما دو روش اساسی برای حل معادلات ریاضی در این مرحله وجود دارد که عبارتند از روش تحلیلی و روش عددی. بر همین مبنا دو نوع مدل ریاضی قابل تعریف می‌باشد:

- **مدل‌های ریاضی تحلیلی**

مدل‌های ریاضی تحلیلی معمولا برای مسایل ساده کاربرد دارند. به عبارت دیگر اگر از این نوع مدل برای مسایل پیچیده استفاده شود لازم است که با فرضیات مختلف معادلات را ساده نموده تا امکان حل مسئله با مدل‌های ریاضی تحلیلی فراهم آید. بدیهی است که این ساده‌سازی، خطاهایی را در جواب نهایی موجب خواهد شد. برای مثال در آبهای زیرزمینی یا زهکشها، معادلات جریان را می‌توان با اعمال فرضیاتی، به شکلی درآورد که حل تحلیلی داشته باشند. اینگونه مدل‌ها مجموعه‌ای را تشکیل می‌دهند که مدل‌های ریاضی تحلیلی نام گرفته‌اند.

- **مدل‌های ریاضی عددی**

در مورد پدیده‌های پیچیده[۳] امکان استفاده از مدل‌های ریاضی تحلیلی وجود ندارد یا بسیار مشکل است. دلیل این امر این است که تحلیل اینگونه سیستم‌ها با مدل‌های ریاضی تحلیلی، نیاز به ساده‌سازی‌های زیادی داشته و بدون اعمال این ساده‌سازیها امکان حل وجود نخواهد داشت و در

1- Initial condition

2- Boundary condition

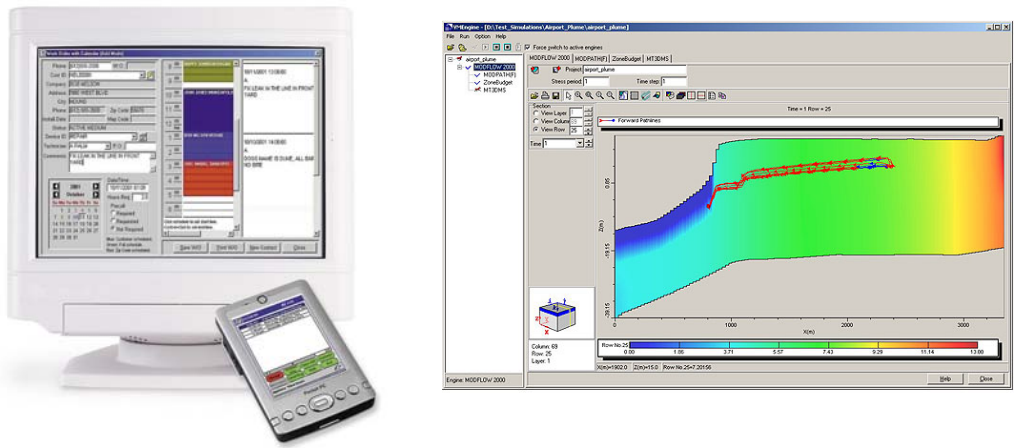
۳- بطور مثال سیستم‌هایی که دارای شرایط مرزی پیچیده بوده و یا پارامترهای محیطی، تغییرات و پیچیدگی‌های زیادی داشته باشند.

صورتی که این ساده‌سازی‌ها انجام شود نتایج صحیح و قابل اعتماد نخواهند بود. در چنین شرایطی برای تحلیل اینگونه پدیده‌ها از روشهای عددی استفاده می‌شود. مدل‌های ریاضی عددی عموما با حل معادلات دیفرانسیل همراه است. جهت استفاده از روشهای عددی، متغیرهای پیوسته بوسیله متغیرهای ناپیوسته جانشین می‌شوند. بنابراین یک سری معادلات جبری بدست می‌آید. معادلات حاصل عموما با استفاده از روشهای مستقیم و یا روشهای تکراری حل می‌شوند.

۲-۲-۴- مدل‌های کامپیوتری

امروزه معمولا جهت تحلیل مدل‌های ریاضی از برنامه‌های مختلف کامپیوتری استفاده می‌شود. مدل‌های کامپیوتری در حقیقت همان مدل‌های ریاضی هستند اما به دلیل اینکه این نوع مدل‌ها با کامپیوتر تحلیل می‌شوند به آنها مدل‌های کامپیوتری می‌گویند. امروزه استفاده از این نوع مدل‌ها بطور وسیعی در حال گسترش می‌باشد. از دلایل این امر سادگی و کم هزینه‌بودن این نوع از مدل‌ها است (شکل ۷).

امروزه انواع مختلفی از مدل‌های کامپیوتری در زمینه حل مسایل آبیاری و زهکشی تولید شده‌اند. بطور مثال Drainmod[1], Sirmod[2] , SRFR و Infilt از جمله این مدل‌ها می‌باشند. امروزه اینگونه مدل‌ها به طور وسیعی در حال گسترش می‌باشند.



شکل ۷ – نمونه هایی از مدلهای کامپیوتری

۲-۳- تقسیم‌بندی مدل‌ها از نظر ساختاری

بر اساس ساختاری می‌توان مدل‌ها را به سه دسته شامل مدل‌های تجربی، مدل‌های مکانیسمی و مدل‌های نیمه تجربی تقسیم‌بندی نمود. مشخصات اینگونه تقسیم‌بندی بشرح زیر می‌باشد:

۱- Drainmod یکی از مدل‌های معروف در زمینه زهکشی می‌باشد. این مدل توسط اسکگز در دانشگاه کارولینای شمالی نوشته شده است و تاکنون نسخه‌های مختلفی از آن با قابلیتهای زیادتر به بازار آمده است. نسخه جدید این مدل کامپیوتری مدل Drainmod-5.1 می‌باشد که علاوه بر سایر قابلیتها، امکان شبیه سازی حرکت نیترات و شوری را نیز در سیستم آب و خاک دارد.

۲- یکی از مدل‌های معروف در زمینه آبیاری سطحی مدل Sirmod می‌باشد. این مدل توسط واکر در دانشگاه یوتا توسعه داده شده است.

۲-۳-۱- مدل‌های تجربی

مدل‌های تجربی مبتنی بر روابط مشتق شده از آنالیز اعداد[۱] بوده و معمولا به مقدار زیادی داده[۲] برای ساخت نیاز دارند. عیب این نوع مدل‌ها آن است که قابلیت استفاده در خارج از محدوده داده‌های ساختاری خود را ندارند. این مدل‌ها در واقع توصیف ریاضی از داده‌ها بوده و قادر به افزایش شناخت ما از داده‌ها نیستند. برای مثال فرض کنید در یک منطقه خاص عملکرد دانه سورگوم همبستگی زیادی با مقدار آب ذخیره شده در خاک در زمان کاشت دارد. لذا آب خاک در هنگام کاشت پیشگویی خوبی از عملکرد است. اما از این مدل نمی‌توان برای پیش‌بینی عملکرد در مناطق دیگر استفاده کرد زیرا همه داده‌های مورد استفاده جهت پردازش این مدل از یک منطقه خاص گرفته شده و قادر به درنظر گرفتن تفاوتهای بین مناطق مختلف نیست.

به عنوان مثال دیگر می‌توان از معادله نفوذ کوستیاکوف[۳] نام برد. این معادله معمولا برای هر منطقه بطور جداگانه تعیین می‌گردد و برای تهیه آن تعداد زیادی داده جمع‌آوری می‌شود و بوسیله روشهایی همچون رگرسیون معادله‌ای برای اعداد جمع‌آوری شده تهیه می‌گردد. بدیهی است که این معادله فقط برای آن محدوده از اعداد و فقط برای منطقه مورد آزمایش کاربرد دارد.

۲-۳-۲- مدل‌های شبیه سازی مکانیسمی

در این نوع مدل‌ها، ساختار مدل مبتنی بر فرآیندهای واقعی است، که در سیستم مورد نظر رخ می‌دهد. به عبارت دیگر در چنین مدل‌هایی تلاش بر توصیف، مبتنی بر شناخت از سیستم است. برای مثال می‌توان از فرآیند تولید محصول در گیاهان نام برد. در این فرآیند سطح برگ، انرژی خورشید را جذب کرده و ریشه نیز از طرف دیگر مواد غذایی را جذب می‌کند و در نهایت در گیاه محصول تولید می‌شود حال اگر چنانچه تمام و یا حتی تعدادی از مراحل طی شده برای تولید محصول در فرآیند تهیه مدل وارد شوند از یک مدل مکانیسمی استفاده شده است.

به عنوان مثال دیگر می‌توان از مدل پیشنهادی پنمن برای تعیین نیاز آبی گیاه نام برد. در این مدل فرض شده است که نیاز آبی گیاه تابع دو فرآیند شامل فرآیند توازن انرژی و فرآیند آیرودینامیک می‌باشد. بدین منظور در مدل پنمن ابتدا با استفاده از فرمولهای توازن انرژی، مقدار انرژی را که می‌تواند برای تبخیر و تعرق مهیا شود، محاسبه شده و سپس با استفاده از فرمولهای آیرودینامیک نیاز آبی تعیین می‌گردد. با توجه به این که در این مدل اجزای مکانیسم تبخیر و تعرق در تهیه مدل وارد شده است می‌توان نام مدل مکانیسمی را بر آن نهاد.

۱- به طور مثال رگرسیون اعداد

2- Data
3- Kostiakov

۲-۳-۳- مدل‌های نیمه تجربی

مدل‌هایی که بین مدل‌های تجربی و مدل‌های مکانیسمی، قرار دارند مدل‌های نیمه تجربی نامیده می‌شوند.

مراجع

۱- بنایان، م.، ۱۳۸۱، ساخت و کاربرد مدل‌های شبیه سازی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول.

۲- حیدری نژاد، ق.، ۱۳۷۶، مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی، انشارات دانشگاه شهید چمران.

۳- طباطبائی،س. ح.، ۱۳۷۷، مدل ریاضی- مدیریتی سفره آب زیرزمینی دشت دامنه با تاکید بر جنبه تغذیه مصنوعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- نوری امامزاده، م. ر.، ۱۳۸۳، شبیه سازی اثرات تنش آب و میزان نیتروژن بر فرآیند رشد و نمو گندم، رساله دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز.

5- France, J. and J. H. M. Thornley, 1984, mathematical model in agriculture, the quantities approach to problems in agriculture and related science, Butterworth, London.

6- McClymont, D. J. and R. J. Smith, 1995, INFILTv3.01, National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba, Australia.

7- Strelkoff, T., 1990, SRFR: A computer program for simulating flow in surface irrigation furrow-basin and borders, WCL report #17, US water conservation laboratory, Phoenix, AZ.

8- Utah Stat University, 1989, SIRMOD, surface irrigation simulation software user's guide, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah Stat University, Logan, Utah.

9- www.bae.ncsu.edu/soil_water/drainmod/index.htm

10- www.ncea.org.au/Irrigation/INFILT/Project_INFILT.htm