بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تبریز
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

عنوان

شبیه سازی عددی جریان در محل اتصال لوله های جانبی سیستم زهکشی

استاد راهنما
دکترامیر حسین ناظمی

استادان مشاور

دکترسید علی اشرف صدر الدینی
دکتر اکرم عباسپور

پژوهشگر
یاسر یکانی مطلق

شهریور ۸۹

تقدیم به:

پدر، مادر و برادر عزیزم

به پاس خوبی‌ها، فداکاری‌ها

و

زحمات فراوانی که

برایم کشیده‌اند.

تشکر و قدردانی:

از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر ناظمی به خاطر راهنمایی های بی دریغ شان و از اساتید محترم جناب آقای دکتر صدرالدینی و خانم دکتر عباسپور که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند نهایت سپاسگزاری و قدردانی را دارم و از جناب آقای دکتر فرسادی زاده که زحمت داوری این پایان نامه را پذیرفتند صمیمانه تشکر می کنم .

از تمامی دوستانم در آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی، دانشگاه علم و صنعت به خصوص از برادر بزرگوارم جناب آقای دکتر صابر یکانی مطلق که در اکثر مراحل پایان نامه همکاری بسیار نزدیکی با اینجانب داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-مقدمه و بررسی منابع ۱۲

۱-۱ مقدمه ۱۲

۱-۲- اصول و مبانی نظری ۱۳

۱-۳- زهکشی اراضی ۱۴

۱-۳-۱- تعریف زهکشی ۱۴

۱-۳-۲- تاریخچه زهکشی ۱۵

۱-۳-۳- روش های زهکشی ۱۶

۱-۳-۳-۱- زهکشی به وسیله لوله ۱۶

۱-۳-۳-۲- نمونه های مختلف سیستم های زهکشی زیر زمینی ۱۸

۱-۴- سازه های اتصال و تخلیه سیتم های زهکشی ۲۰

۱-۴-۱- سازه های متداول در سیستم های زهکشی ۲۱

۱-۴-۲- سازه های متداول در محل اتصال زهکش ها ۲۱

۱-۴-۲-۱- حوضچه های بازدید : ۲۲

۱-۵ دینامیک سیالات محاسباتی ۲۲

۱-۵-۱- اجزای اصلی یک برنامه CFD ۲۵

۱-۵-۲- شرط کارا بودن یک الگوریتم CFD ۲۶

۱-۶- روشهای حل معادلات حاکم بر جریان سیال ۲۷

۱-۶-۱- روش تفاضل محدود ۲۷

۱-۶-۲- روش المان محدود ۲۷

۱-۶-۳- روش حجم محدود ۲۷

۱-۷ روشهای محاسبه ترم جابجایی در معادلات حاکم ۳۱
۱-۷-۱ مجزا سازی معادلات ممنتم ۳۱
۱-۷-۱-۱- روش بالا دست مرتبه اول ۳۱
۱-۷-۱-۲ روش بالا دست مرتبه دوم ۳۲
۱-۷-۱-۳ روش توانی ۳۲
۱-۷-۱-۴- روش مرتبه ۳ ..... ۳۴
۱-۸- درون یابی فشار ۳۵
۱-۸-۱ وابستگی سرعت و فشار ۳۵
۱-۸-۱-۱- الگوریتم سیمپل ۳۶
۱-۸-۱-۲- الگوریتم سیمپلر ۳۷
۱-۸-۱-۳- الگوریتم سیمپل سی ۳۷
۱-۸-۱-۴- الگوریتم پیزو ۳۷
۱-۹- مدلهای توربولانس ۳۷
۱-۹-۱- انتخاب مدل توربولانس ۴۰
۱-۹-۲- روش میانگین رینولدز و روش LES ۴۰
۱-۹-۳- متوسط گیری رینولدز ۴۱
۱-۹-۴- روش بوزینسگ و مدل های انتقال تنش رینولدز ۴۲
۱-۹-۵- مدل k-ε استاندارد ۴۳
۱-۹-۶- مدل RNG k-ε ۴۳
۱-۹-۷- مدل realizabie k-ε ۴۴
۱-۹-۸- مدل k-ω استاندارد ۴۵
۱-۹-۹- مدل انتقال تنش برشی یا k-ω(SST) ۴۵
۱-۹-۱۰- هزینه محاسباتی: زمان و رفتار حل ۴۶
۱-۱۰- توابع دیواره و مدل نزدیک دیواره ۴۶

۱-۱۱- شبیه سازی جریان دوفاز توسط مدل VOF: ۴۸
۱-۱۱-۱- روش محاسبه خصو صیات ۴۹
۱-۱۱-۲- معادله مومنتوم: ۴۹
۱-۱۱-۳- معادله انرژی: ۴۹
۱-۱۲- پیشینه تحقیق در مورد مدلسازی عددی هیدرولیک جریانات دوفاز ۵۰
۲-مواد و روش ها ۵۹
۲-۱- اهداف پژوهشی ۵۹
۲-۱-۱- مشخصات طرح ۵۹
۲-۱-۲- هندسه و پارامترهای فیزیکی مسئله ۶۱
۲-۲- معرفی و کاربرد مدل فلوئنت ۶۳
۲-۲-۱مهمترین قابلیت های مدل فلوئنت ۶۳
۲-۲-۲- مراحل کاری در فلوئنت ۶۳
۲-۳- پارامترهای هیدرولیکی اندازه گیری شده در مدل فیزیکی ۶۵
۲-۳-۱- ضرایب افت انرژی ۶۵
۲-۴- مراحل کاری در تحقیق حاضر ۶۶
۲-۴-۱- تعریف محدوده هندسی ۶۶
۲-۴-۲- ایجاد شبکه ۶۷
۲-۴-۳- تعریف دو بعدی یا سه بعدی بدون فضای جریان ۶۸
۲-۴-۴-تعیین نوع جریان ۶۹
۲-۴-۵- تعیین رژیم جریان ۷۰
۲-۴-۶ تعیین تک فازی یا چند فازی بودن جریان ۷۰
۲-۴-۷- تراکم پذیر یا تراکم ناپذیر بودن جریان ۷۰
۲-۴-۸ تحلیل یا عدم تحلیل انرژی حرارتی ۷۱
۲-۴-۹- تعیین نوع مواد ۷۱

۲-۴-۱۰- تعیین معادلات جریان ۷۱
۲-۴-۱۱- شرایط مرزی ۷۲
۲-۴-۱۲- گسسته سازی ۷۳
۲-۴-۱۳- اجرای برنامه ۷۳
۲-۴-۱۴-استخراج نتایج ۷۳
۲-۴-۱۵- کالیبراسیون مدل عددی ۷۴
۳-نتایج وبحث ۷۶
۳-۱- آنالیز حساسیت ۷۶
۳-۲- مقایسه نتایج مدل های عددی با مدل فیزیکی و انتخاب بهترین مدل ۷۷
۳-۳- استخراج نتایج ۸۰
۳-۳-۱- بررسی کیفی الگوی جریان ۸۰
۳-۳-۲- ضرایب افت انرژی و عمق آب در حوضچه بازدید ۸۳
۳-۳-۳- پروفیل سرعت ۸۵
۳-۳-۴- بررسی ساختار جریان ۸۸
۳-۴- بخش دوم : نتایج شبیه سازی عددی جریان با اتصال دو لوله جانبی ۹۶
۳-۴-۱- هندسه و پارامترها فیزیکی مسئله ۹۶
۳-۴-۲- شرایط مرزی ۹۷
۳-۴-۳- تنظیمات عددی ۹۸
۳-۵-آنالیز حساسیت ۹۸
۳-۶- ضرایب افت انرژی وعمق آب در حوضچه بازدید ۱۰۰
۳-۷- مقایسه پروفیل سرعت در حوضچه بازدید ۱۰۲
۳-۸- بررسی ساختار جریان در زوایای مختلف ۱۰۵
۳-۹- نتیجه گیری کلی ۱۰۹
۳-۱۰- پیشنهادات ۱۱۰

فهرست جداول

جدول(۱) مقادیر سرعت ورودی، به مدل عددی ۷۳
جدول(۲) مدل های عددی و نحوه گسسته سازی این مدل ها ۷۴
جدول(۳) تعداد المان های مختلف شبکه در مرحله آنالیز حساسیت ۷۶
جدول(۴) مدل عددی به کار برده شده و روش گسسته سازی این مدل ها ۹۸
جدول(۵) تعداد المان های مختلف شبکه برای تحلیل حساسیت ۹۸

فهرست اشکال

شکل(۱) بخش های مختلف سیسنم زهکشی ۱۷
شکل(۲) سیستم زهکشی سیخ کبابی ۱۸
شکل(۳) سیستم زهکشی به شکل استخوان شاه ماهی ۱۹
شکل(۴) سیستم زهکشی اصلی دو گانه ۱۹
شکل(۵) سیستم زهکشی تصادفی ۲۰
شکل(۶) : حجم کنترل سیال در حالت دو بعدی ۲۹
شکل(۷) : المان حجمی ۳۰
شکل(۸) : حجم کنترل در فضای یک بعدی ۳۱
شکل(۹) : پارامتر مربوط به روش بالا دست مرتبه دوم ۳۲
شکل(۱۰) : تغییرات متغییر ϕ بین $x=0$ تا $x=L$ ۳۳
شکل(۱۱) محاسبات مربوط به توزیع فشار ۳۴
شکل(۱۲) : نوسانات سرعت در یک جریان توربولانس ۳۹
شکل(۱۳) : تقسیم بندی ناحیه نزدیک دیواره ۴۷
شکل(۱۴) : مقایسه روش توابع دیواره و روش دو لایه ای ۴۸
شکل(۱۵) رژیم های مختلف جریان در حوضچه بازدید ۶۰
شکل(۱۶) مدل فیزیکی ژائو و همکاران ۶۲
شکل(۱۷) حجم کنترل برای رژیم جریان III ۶۵

شکل(۱۸) محدوده هندسی ترسیم شده در نرم افزار گمبیت..... ۶۶
شکل(۱۹) محدوده هندسی ترسیم شده با دو لوله جانبی در نرم افزار گمبیت..... ۶۷
شکل(۲۰) مدل شبکه بندی شده در محیط نرم افزار گمبیت..... ۶۸
شکل(۲۱) محدوده هندسی باز خوانی شده توسط نرم افزار فلوئنت..... ۶۹
شکل(۲۲) محدوده تعریف شده فاز آب و هوا..... ۷۰
شکل(۲۳) شرط مرزی به کار برده شده در مدل عددی..... ۷۲
شکل(۲۴) روند تغییرات خطای نسبی در مرحله آنالیز حساسیت..... ۷۷
شکل(۲۵) متوسط خطای نسبی..... ۸۰
شکل(۲۶) مقایسه کیفی الگوی جریان..... ۸۲
شکل(۲۷) مقایسه نتایج شبیه سازی عددی با مدل فیزیکی ا..... ۸۵
شکل(۲۸) مقایسه پروفیل سرعت در رقوم ارتفاعی..... ۸۷
شکل(۲۹) ساختار جریان در ارتفاع $Z/D=0.8$ الف)بردار سرعت ب)کانتور سرعت ج)خط جریان..... ۸۹
شکل(۳۰) بردار و کانتور سرعت در فاصله عرضی $Y/D=1$..... ۹۰
شکل(۳۱) ساختار جریان در ارتفاع $Z/D=0.8$ برای ا لف)بردار سرعت ب)کاتنور سرعت ج)خط جریان... ۹۲
شکل(۳۲) بردار و کانتور سرعت در فاصله عرضی $Y/D=1$..... ۹۲
شکل(۳۳) ساختار جریان در ارتفاع $Z/D=0.8$ برای الف)بردار سرعت ب) کانتور سرعت ج)خط جریان. ۹۴
شکل(۳۴) خط جریان و کانتور سرعت در فاصله عرضی $Y/D=1$ برای ۹۵
شکل(۳۵) مدل ترسیم شده در محیط نرم افزار گمبیت..... ۹۶
شکل(۳۶) مدل فراخوانی شده در محیط فلوئنت..... ۹۷
شکل(۳۷) شرایط مرزی مورد استفاده در مدل عددی..... ۹۷
شکل(۳۸) روند تغییرات ضرایب افت انرژی در مرحله آنالیز حساسیت..... ۹۹
شکل(۳۹) روند تغییرات عمق آب در حوضچه بازدید در مرحله آنالیز حساسیت..... ۹۹
شکل(۴۰) مقادیر ضرایب افت انرژی به ازای زوایای مختلف..... ۱۰۱
شکل(۴۱) مقادیر عمق آب در حوضچه بازدید به ازای زوایای مختلف..... ۱۰۱
شکل(۴۲) مقایسه پروفیل سرعت (u^*,v^*w^*) در رقوم ارتفاعی $Z/D=0.8$ ۱۰۴
شکل(۴۳) کانتور سرعت (سمت چپ) و خطوط جریان (سمت راست) داخل دریچه بازدید برای زوایای... ۱۰۶
شکل(۴۴) بردارهای سرعت داخل حوضچه بازدید برای زوایای مختلف لوله های جانبی..... ۱۰۷

-

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- مقدمه

یکی از مهمترین قسمت های سیستم زهکشی محل اتصال لوله های فرعی به لوله جمع کننده می باشد درک صحیح از هیدرولیک جریان در این قسمت به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی در این زمینه برای طراحی دقیق ضروری می باشد هیدرولیک جریان در محل اتصال دارای حالات پیچیده ای مانند حالت موجی، نحوه اختلاط جریان، جدایش جریان، حالت گردابه ای، نحوه انتقال رسوب همراه با رژیم جریان روباز وتحت فشار مقوله ای است که نیاز به مطالعات دقیق دارد.

برای طراحی دقیق زهکش ها لازم است هیدرولیک جریان دراین بخش از سیستم بطور دقیق شناخته شود. داشتن دیدگاهی صحیح از چگونگی رفتار و اجزا مختلف سیستم زهکشی امکان طراحی دقیق را فراهم می سازد لذا شناخت صحیح از هیدرولیک جریان در محل اتصال لوله های جانبی به جمع کننده در محل حوضچه های بازدید، منجر به طراحی دقیق ابعاد ساختمان مناسب در محل اتصال لوله های جمع کننده با توجه به مشخصات جریان و به حداقل رساندن افت بار هیدرلیکی در محل حوضچه های بازدید برای کاهش تجمع رسوبات می-گردد. همچنین با توجه به اینکه در اراضی مسطح بار کافی برای خارج نمودن زه آب ها وجود ندارد و در اغلب موارد در محل اتصال لوله های فرعی به زهکش اصلی بدلیل پایین بودن کد ارتفاعی کلکتورها نیاز به ایجاد ایستگاههای پمپاژ می باشد، لذا با توجه به اهمیت تعیین حداقل اختلاف بار مورد نیاز برای خروج آب، شناخت افت های مسیر زهکش ها خصوصا در محل اتصال لوله های فرعی به لوله های جمع کننده در محل حوضچه های بازدید و همچنین شناخت مشخصات جریان در این محل امری مهم به شمار می آید. در این تحقیق به بررسی عددی هیدرلیک جریان در محل اتصال لوله های جانبی به جمع کننده در محل حوضچه های بازدید پرداخته می شود و همچنین برای اتصال دو لوله جانبی به جمع کننده و تاثیر تغییر زاویه ورودی لوله های جانبی به جمع کننده در محل اتصال آن به حوضچه بازدید با توجه نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. با توجه به اینکه راهنمای طراحی های موجود بر اساس تعداد اندکی از تحقیق ها شکل گرفته اند و مطالعات و تحقیق هم اغلب با استفاده از مدل های فیزیکی ،روابط تجربی و یا تحلیل تئوریکی یک بعدی بدست آمده است و این مطالعات دارای محدودیت هایی می باشند از جمله :

۱) داده های ناکافی برای تعیین مشخصات هیدرولیکی در جریان پیچیده اتصال لوله های فرعی به جمع کننده.

۲)عدم اطمینان از تعمیم نتایج مدل آزمایشگاهی به خصوص در زمینه افت بار هیدرولیکی ،نفوذ هوا و یا انتقال رسوبات به حال واقعی.

۳)مدل های ساده شده یک بعدی ممکن است در مواردی غیر قابل استفاده باشد.

۴)مدل های فیزیکی نیازمند طراحی های بخصوص می باشد که تماما وقت گیر و هزینه بر هستند.

لذا امروزه با کاربرد دینامیک سیالات محاسباتی و قدرت کامپیوترها این ابزار برای تحقیقات هیدرولیکی به عنوان یک روش مجزا یا مکمل تحقیقات آزمایشگاهی مورد استفاده قرارمی گیرد.مدل CFD نسبت به مطالعات فیزیکی دارای مزایای بیشتری است .مهمتر از همه اینکه مقرون به صرفه و بی اثر از ابعاد هندسی است و می تواند به عنوان یک ابزار طراحی برای تعدیل طراحی در محل حوضچه های بازدید مورد استفاده قرار گیرد. همچنین قابلیت مدل CFD در مشخص کردن جزئیات ساختار تلاطمی جریان از قبیل توزیع سرعت، جریان های گردابه ای و جریان های ثانویه می تواند مفید واقع شود، که این جزئیات در مطالعات و تحقیقات گذشته غیر قابل دسترسی بودند.

۱-۲- اصول و مبانی نظری

در بسیاری از مناطق جهان برای تولید محصولات کشاورزی، زهکشی جهت دفع آب اضافی از سطح خاک و ناحیه ریشه و به طور کلی بهسازی خاک و افزایش راندمان محصولات، ضرورت دارد. زهکشی بخش مهمی از مدیریت آب و عنصری موثر در سیستم تولید محصولات کشاورزی می باشد. اغلب سیستم های کشاورزی که بیشترین مقدار محصول را تولید می کنند در اراضی زهکشی شده قرار دارند. بهره وری اراضی کشاورزی و در نتیجه تامین غذای مردم جهان، تنها در صورتی می تواند حفظ و تقویت گردد که وضعیت زهکشی پاسخگوی آب مازاد و سطح ایستابی بالا در اراضی تحت کشت باشد[۷].

میهن پهناور ما ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود و برنامه ریزی و بهره برداری بهینه از منابع آب محدود آن، بسیار ضروری است. زهکشی اراضی از اقداماتی است که علاوه بر افزایش عملکرد در اراضی کشاورزی، می تواند به استفاده پایدار از این اراضی کمک نماید. در ایران همچنین بسیاری از نقاط جهان، تنها راه بهره برداری مفید و مطلوب از اراضی که اکثرا فاقد سیستم زهکشی و بعضًا هم شور هستند، با تقویت و احداث سیستم های زهکشی سطحی و زیر زمینی میسر می باشد [۸].

در واقع می توان چنین اظهار داشت که علی رغم روند رو به رشد زهکشی در جهان، هنوز در کشورمان بهای لازم به مسائل زهکشی بخصوص زهکشی زیر زمینی داده نشده، و نیاز به بررسی بیشتر مسائل زهکشی

احساس می گردد . لذا بررسی مسائل مربوط به زهکشی و ارائه روابط دقیق تر و همین طور بررسی پارامترهای موثر در این زمینه اهمیت ویژه ای می یابد .

۱-۳- زهکشی اراضی

۱-۳-۱- تعریف زهکشی

در گذشته زهکشی تنها به خارج کردن آب اضافی از زمین اطلاق می شده است که در مناطق خشک و نیمه خشک ، کنترل شوری خاک نیز به این تعریف اضافه می گردید . در گذشته و حال، نقش زهکشی بیشتر جنبه فنی (راه ، سد و ساختمان و ..) و کشاورزی (افزایش محصول) داشته است. انسان به وسیله زهکشی در چرخه هیدرولوژیکی مداخله می کند و سطح ایستابی را از حالت طبیعی تغییر می دهد. این مداخله انسان در چرخه زیست محیطی نیز پیامدهای فراوانی را در پی خواهد داشت. علم زهکشی با علومی چون آبیاری،کنترل سیلاب ، بهداشت عمومی ، حفاظت محیط زیست و به ویژه حفاظت تالاب ها و .. ارتباط دارد . مسائل فوق لزوم تعریفی جامع تر از زهکشی را مطرح می سازد . بانک جهانی ، زهکشی را به صورت زیر تعریف کرده است[۱].

زهکشی فرآیند خارج کردن آب سطحی اضافی و مدیریت سفره آب زیر زمینی کم عمق، از طریق نگهداشت و دفع بموقع آب و مدیریت کیفیت آب برای رسیدن به منافع دلخواه اقتصادی و اجتماعی است، درحالی که محیط زیست نیز حفظ گردد.

بدیهی است که به تدریج باید نگرش به سوی زهکشی، از تعریف ساده خارج کردن آب اضافی زمین، به تحقق تعریف بالا گرایش پیدا کند . در این تعریف، به عوامل زیر توجه شده است .

مدیریت سفره آب زیر زمینی کم عمق

نگهداشت و دفع بموقع آب (به جای دفع آب)

مدیریت کیفیت آب

منافع اقتصادی و اجتماعی

زیست محیطی

زهکشی اراضی کشاورزی در واقع یکی از مهمترین ابزارهای مدیریت آب در جهت پایداری سیستم های تولید محصولات کشاورزی می باشد. این پایداری بستگی به کنترل ماندابی و شوری خاک در محیط ریشه گیاهان زراعی دارد. در اکثر اراضی کشاورزی، زهکشی طبیعی برای رسیدن به تولید انبوه کافی می باشد، با این

وجود در بسیاری موارد نیز برای ارتقای بهره وری اراضی کشاورزی و حفظ منابع خاک، استفاده از زهکش سطحی و زیر زمینی ضروری می باشد. احتیاجات زهکشی با گذشت زمان و به همراه تغییرات اقتصادی واجتماعی، مانند قیمت نهاده ها و محصولات و تغییر در تناوب کشت های متراکم، ممکن است تغییر یابد . مفهوم زهکشی اراضی در ده های اخیر به علت تغییر سیاست های کشاورزی (به خصوص در کشورهای در حال توسعه) و ملاحظات جدید مرتبط با منابع طبیعی و محیط زیست ،تغییرات زیادی داشته است [۱۷].

به طور کلی زمین های تحت آبیاری به یک سیستم زهکشی طبیعی یا مصنوعی نیازمند می باشد . در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران، هدف از زهکشی، آبشویی و شستشوی نمک های محلول خاک است که یا در اثر آبیاری در خاک تجمع یافته اند و یا خیز سطح ایستابی شور، موجبات شوری خاک را فراهم ساخته و یا هر دو عامل بصورت توامان نقش داشته اند . بنابراین در این مناطق زهکشی از کشاورزی تفکیک ناپذیر است و در صورت ادامه آبیاری زمین های زراعی بدون توسعه شبکه های زهکشی، از مرغوبیت اراضی کشاورزی کاسته خواهد شد [۸].

۱-۳-۲- تاریخچه زهکشی

زهکشی تاریخچه ای سه هزار ساله دارد و در کتابی که در حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد در چین نگاشته – شده است ، نقشه هایی از سیستم زهکشی دیده می شود هرودت مورخ یونانی نیز حدود ۲۴۰۰ سال قبل اشاره هایی به کاربرد زهکشی در دره نیل دارد ، ولی شاید بتوان گفت از عمر زهکشی به شیوه امروزی حدود ۱۹۰ سال می گذرد . زهکشی زیر زمینی آنچنان که امروز متداول است، اولین بار در سال ۱۸۱۰ در انگلستان به کار گرفته شد و به تدریج در سایر نقاط اروپا توسعه یافت. در سال ۱۸۴۵ تولید تنبوشه ها ی سفالی در انگلستان و در سال ۱۹۰۰ تولید تنبوشه های سیمانی در امریکا آغاز شد. عقیده بر این است که هوگهات اولین کسی بود که در سال ۱۹۴۰ زهکشی مبتنی بر شیوه علمی را پایه گذاری کرد. از آن پس تحولات علمی زهکشی ابتدا به آزمایش های زهکشی معطوف گردید. همزمان با آن ، اصول و مبانی زهکشی در مورد تعیین فاصله و عمق زهکش ها توسعه یافت و روابط ریاضی بسیاری ارائه گردید. در دهه ۱۹۴۰ استفاده از لوله های پلاستیکی یا جدار ضخیم ابداع شد، و در اوایل دهه ۱۹۶۰ پیدایش لوله پلاستیکی یا جدار صاف و نازک و سپس ابداع لوله های کنگره– دار (خرطومی) و همینطور رواج استفاده از ماشین های زهکشی در دهه ۱۹۷۰ شتاب چشمگیری به توسعه زهکش های زیر زمینی داد.

به طور کلی می توان گفت نیاز به زهکشی یک مسئله پویا و دینامیک است، زیرا با گسترش کشاورزی خواه ناخواه برخی اراضی نیاز به زهکشی پیدا خواهند کرد . در واقع زهکشی مکمل آبیاری بوده و جزئی ضروری از کشاورزی فاریاب به شمار می آید .

۱-۳-۳- روش های زهکشی

روش های زهکشی عمدتا در اروپا، خصوصاً هلند و امریکا ابداع شده و در کشورهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرند . این روش ها عبارت از :

۱)استفاده از شبکه زهکشی سطحی در مناطق مرطوب با بارندگی زیاد و مناطق تحت آبیاری دارای خاک با نفوذ پذیری کم، جهت خارج نمودن زه آبهای سطحی .

۲)استفاده از تنبوشه های سفالی یا لوله های پلاستیکی زیر زمینی برای کنترل سطح ایستابی، خصوصا در مواردی که آب آبیاری یا آب زیر زمینی یا خاک شور می باشند .

۳)استفاده از زهکش های حائل جهت کاهش نشت آب زیر زمینی و جلوگیری از ورود جریان های سطحی ناشی از آبیاری و بارندگی در اراضی بالادست .

۴)استفاده از چاهک های زهکشی در مواردی که کیفیت آب زیر زمینی برای آبیاری مناسب بوده و خصوصیات هیدرولیکی سفره آب جهت تخلیه آن مطلوب می باشد .

۵)زهکشی زمین های واقع بر سفره آب تحت فشار

۶)شبکه زهکشی لانه موشی یا مول، که مناسب خاک های سنگین یا تخلخل کم می باشند .

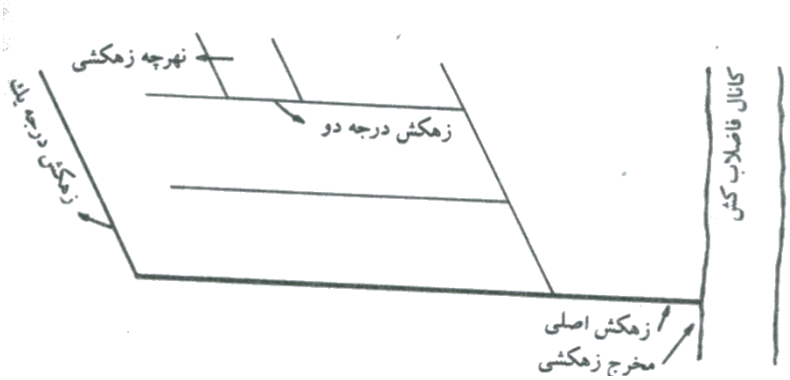
۱-۳-۳-۱- زهکشی به وسیله لوله

در این طریقه زهکشی، آب توسط لوله هایی که در زیر خاک قرار می گیرند از منطقه خارج می شود. امروزه در غالب ممالکی که از لحاظ زهکشی پیشرفته هستند از این روش استفاده می گردد . فواید این طریقه عبارت است از :

سطح زمین اشتغال نمی شود .

دسترسی سریع به مزرعه و در نتیجه انجام بموقع امور ضروری گیاه در مراحل کاشت، داشت و برداشت عملی است .

مخارج نگهداری سیستم زهکشی کم است . این طریقه با احداث شبکه زهکشی در هر منطقه انحام می گیرد . هر شبکه زهکشی مطابق شکل(۱)ممکن است از قسمتهای زیر تشکیل شده باشد :



شکل(۱) بخش های مختلف سیسنم زهکشی

نهرچه های زهکشی[۱]

قسمت اعظم آب زیر زمینی به وسیله نهرچه های زهکشی کشیده می شود .

زهکش های درجه دو[۲]

این زهکش ها آب نهرچه های زهکشی را جمع می کنند . به عبارت دیگر هر زهکش درجه ۲ آب چند نهرچه زهکشی را از خود عبور می دهد .

زهکش های درجه یک[۳]

این زهکش ها نیز آب زهکش های درجه دو را از خود عبور می دهند .

نهر اصلی زهکشی[۴]

نهر اصلی زهکشی آب را از تمام نهرهای فوق الذکر گرفته و از منطقه خارج می سازد . این نهر علاوه بر این که آب تمام زهکش های فرعی را جمع می کند، خود نیز به عنوان یک نهر زهکش عمل می کند .

۱ *braches*
۲ *laterals*
۳ *Submain drains*
۴ *Main drain*

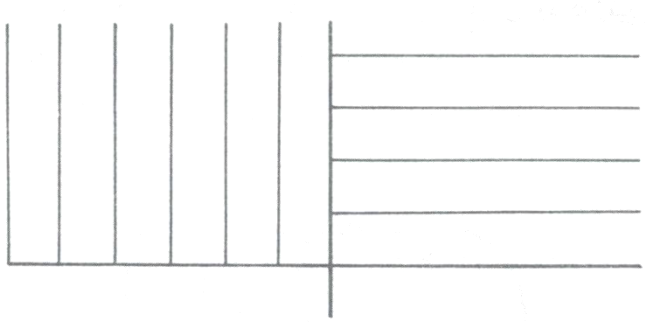
بسته به وضعیت منطقه سیستم زهکشی ممکن است فقط از نهرچه های زهکشی و زهکش اصلی تشکیل شود ، در این صورت به نهرچه ها اصلاحاً زهکش فرعی نیز گفته می شود .

۱-۳-۳-۲- نمونه های مختلف سیستم های زهکشی زیر زمینی

عموما نمونه های سیستم های زهکشی زیر زمینی به قرار زیر می باشند :

الف – سیستم زهکشی به شکل سیخ کبابی[۱] :

در این سیستم، زهکش ها با هم موازیند و زهکش های فرعی بر زهکش های اصلی، عمود می باشند . این سیستم در مناطق نسبتا هموار با شکل منظم و در خاک های با ضریب هدایت هیدرولیکی (k) یکسان صورت می گیرد .در شکل(۲) شمایی از این سیسم نشان داده شده است [۴].



شکل(۲) سیستم زهکشی سیخ کبابی

ب – سیستم زهکشی به شکل استخوانهای شاه ماهی[۲]

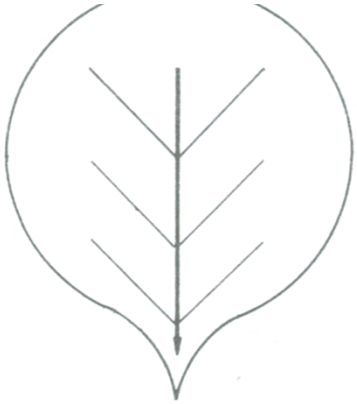
در این منطقه که در شکل(۳)نشان داده شده است زهکش های فرعی با هم موازی هستند و با زاویه مشخصی به زهکش اصل وصل می شوند . این سیستم در مواقعی به کار می رود که :

زهکش اصلی در خط القطر قرار دارد .

زهکش اصلی در جهتی است که شیب بیشینه وجود دارد .

زهکش های فرعی با زاویه مناسبی به زهکش اصلی متصل می شوند[۴].

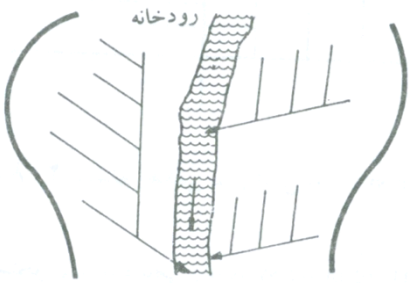
[۱] *Gridiron system*
[۲] *Herring bone system*



شکل(۳) سیستم زهکشی به شکل استخوان شاه ماهی

ج - سیستم زهکشی اصلی دوگانه[۱]

این سیستم خود که در شکل(۴) مشخص شده است، منشعب شده از سیستم زهکشی به شکل استخوان های شاه ماهی می باشد . این سیستم در مواقعی به کار می رود که زمین دارای دو خط القعر باشد . در اینجا زه دار شدن اراضی پست ، به علت رطوبتی است که از اراضی بالادست به سمت پایین دست حرکت کرده است [۴].



شکل(۴) سیستم زهکشی اصلی دو گانه

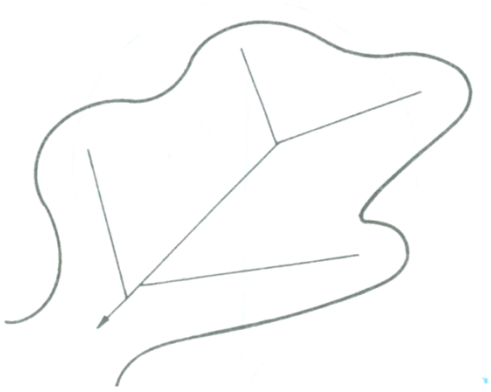
د -سیستم زهکشی تصادفی[۲]

این سیستم در مواقعی به کار می رود که توپوگرافی زمین در قسمتهای مختلف مزرعه دارای شیب کاملا مجزایی باشد . زهکش اصلی غالباً در اراضی با ارتفاع کم قرار می گیرد . در مواقعی که زهکش اصلی از اراضی مرتفع تر عبور می نماید دارای عمق زیادتر می گردد . در این طریقه فقط در آن قسمت از زمین که زه وجود دارد زهکش و یا زهکش های فرعی طراحی می گردند . در شکل(۵) نمایی از این سیستم نشان داده شده است[۴].

---

۱ *Double main system*

۲ *Random drainage system*



شکل(۵) سیستم زهکشی تصادفی

۱-۴- سازه های اتصال و تخلیه سیستم های زهکشی

سازه های اتصال و تخیله زهکشها به مجموعه سازه هایی اطلاق می گردد که یک زهکش درجه پایین تر را به یک زهکش درجه بالاتر یا مجاری طبیعی مرتبط به آن تخلیه می نماید . زهکشهای یک شبکه آبیاری پس از اتصال به یکدیگر توسط یک زهکش اصلی ساخته شده یا یک زهکش طبیعی به رودخانه، دریاچه، حوضچه تبخیری و یا سایر خروجیها تخلیه می گردد. تخلیه نهایی زهکش اصلی شبکه به خروجی انتهایی با توجه به تراز سطح آب طراحی شده در زهکش و سطح آب در تخلیه گاه در فصول مختلف سال، بصورت ثقلی و یا با پمپاژ خواهد بود. مجموعه سازه های اتصال و تخلیه زهکشها به منظور فراهم آوردن امکان تخلیه مناسب جریان خروجی با حداقل فرسایش در مقطع زهکشها در محل تخلیه و فراهم آوردن امکان عبور و دسترسی به مجموعه شبکه زهکشی پیش بینی می گردند. سازه های تخلیه و اتصال زهکشها برای کلیه زهکشهای یک شبکه آبیاری و زهکشی شامل زهکشهای مزرعه، زهکش درجه ۳ سطحی و زهکش جمع کننده تا زهکش اصلی شبکه که هدایت جریانهای زهکشی به طرف تخلیه گاه نهایی را در بر دارد ، پیش بینی می گردند .

سازه های اتصال و تخلیه زهکشها در شبکه آبیاری و زهکشی نقش مهمی در هدایت جریانهای زهکشی سطحی به طرف تخلیه گاه نهایی دارند. کفایت ظرفیت و موقعیت این سازه ها به منظور پیشگیری از غرقاب شدن اراضی کشاورزی و قطع جاده های سرویس در شرایط وقوع بارندگی شدید حائز اهمیت می باشد[۲].