

مدل سازی آزمایشگاهی به منظور تعیین راندمان هیدرولیکی تالاب های مصنوعی

رضا تاتار

کارشناس ارشد عمران، گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان.

نام نویسنده مسئول:

رضا تاتار

چکیده

در بین بوم سازگان های طبیعی ارزش تالاب ها دیرتر از بقیه ی بوم سازگان دیگر درک شده و کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. تالاب های مصنوعی طرح های جدیدی بر گرفته از سیستم های طبیعی هستند. این تالاب ها، زمین هایی هستند که به وسیله آب های سطحی یا زیرزمینی اشباع می شوند. سیستم های تالاب مصنوعی، در کاهش دبی پیک برای جلوگیری از سیل، تصفیه فاضلاب و رواناب موثر بوده و به بهبود حفظ حیات وحش کمک می کنند. یکی از مهم ترین خصوصیات که می تواند در طرح های اجرایی و مدیریت تالاب ها، نقش بسزایی ایفاء کند، راندمان هیدرولیکی تالاب می باشد. از آنجایی که اغلب تحقیقات انجام شده در این زمینه متکی بر شبیه سازی های عددی و رایانه ای بوده اند، بنابراین لزوم اهمیت بکارگیری مدل های آزمایشگاهی برای درک بهتر رفتار جریان درون تالاب دو چندان می شود. بر این اساس در این پژوهش با برپایی یک مدل آزمایشگاهی مستطیل شکل به ابعاد ۲ متر در ۱ متر به بررسی راندمان هیدرولیکی تالاب های مصنوعی آب سطحی پرداخته شده است. برای محاسبه زمان ماند هیدرولیکی و بالطبع محاسبه راندمان هیدرولیکی، از تزریق ردیاب سدیم کلراید (NaCl) در ورودی و ثبت نتایج در خروجی استفاده شد. در ادامه بررسی عوامل تاثیرگذار از جمله اثر شکل ظاهری تالاب، موقعیت ورودی و خروجی جریان، پراکندگی و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب و جزیره ها (موانع) بر عملکرد هیدرولیکی تالاب های مصنوعی، راهکارهایی جهت ارتقاء و بهبود راندمان هیدرولیکی می باشد. به همین منظور دو گروه تالاب مصنوعی آب سطحی با وضعیت ورودی و خروجی جریان در گوشه ها و همچنین مرکز با هم مقایسه و در ادامه اثر عوامل پوشش گیاهی، موضع نگاری کف تالاب، جزیره ها و گرد شدگی رئوس بر راندمان هیدرولیکی این دو گروه تالاب مصنوعی آب سطحی مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، توزیع پوشش گیاهی بصورت عرضی در سطح دو گروه تالاب ها باعث افزایش راندمان شد که این افزایش در گروه تالاب اول با ورودی و خروجی جریان در گوشه مشهودتر است (۷۸/۴ درصد). پس از شهود نتایج موضع نگاری کف تالاب، افزایش چشم گیر راندمان هیدرولیکی تالاب مصنوعی آب سطحی با ورودی و خروجی مرکز محرز گردید (متوسط ۴۶/۱ درصد). همچنین بررسی نتایج، در حالت وجود جزیره ها در برابر جریان ورودی حاکی از افزایش راندمان هیدرولیکی است، به نحوی که قطر جزیره افزایش یابد، افزایش راندمان بارزتر است (۶/۵ درصد). در ادامه مقایس بین گردشگی رئوس با رئوس مستطیلی در دو گروه تالاب انجام شد و نتایج نشان دهنده افزایش راندمان هیدرولیکی (معادل ۴/۲ درصد) در رئوس مستطیلی نسبت به رئوس گرد شده است.

واژگان کلیدی: تالاب مصنوعی آب سطحی، راندمان هیدرولیکی، مدل آزمایشگاهی، هندسه تالاب، زمان ماند.

مقدمه

تالاب ها یکی از شگفت انگیزترین نشانه های طبیعت هستند که علاوه بر زیبایی و جلوه بخشیدن به محیط، نقش بارزی در حفاظت از آبزیان، گیاهان و حتی در پهنه ی وسیع تر انسان ها ایفاء می کنند و نیز به عنوان سوپر مارکت طبیعت و کلیه های طبیعت، هر دو خدمت می کنند و در تمام نقاط جهان یافت می شوند و برای حفاظت، احیاء و ایجاد منابع آب برای حمایت پایدار از طبیعت و فرهنگ انسانی به طور یکسان ضروری هستند. با نظر به اینکه تالاب ها خاستگاه نهایی بسیاری از آبراهه، نهرها، رودها و سیلاب ها هستند بنابراین تعداد کثیری تالاب در حال حاضر به منظور بهبود کیفیت آب ساخته شده است. امروزه وجود سیلاب های شهری و نیاز به تامین آب باعث شده علاوه بر احیای تالاب های طبیعی گاهی اقدام به ساخت تالاب های مصنوعی در سراسر دنیا شود، که در این میان تالاب های آب سطحی نقش بسیار مهمی در عملکرد و مدیریت سیلاب های شهری، کاهش دبی پیک و ... ایفاء می کنند. شکل هندسی تالاب ها نقش تعیین کننده ای در عملکرد جریان از میان آن دارد. برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی جریان در هرتالاب با شکل مشخص می توان با یک مدل که قادر به شبیه سازی اولیه باشد، اقدام به بررسی و شبیه سازی شرایط بهینه عملکرد نمود. یکی از مهم ترین این خصوصیات که می تواند در طرح های اجرایی و مدیریت تالاب ها، نقش بسزایی داشته باشد، راندمان هیدرولیکی (λ) می باشد، که این شاخص خود بوسیله موقعیت و توزیع زمان ماند هیدرولیکی تالاب که بیان کننده مدت اقامت جریان در سسیستم تالاب است، مشخص می شود. بنابراین شناخت و میزان محاسبه راندمان هیدرولیکی تالاب ها یکی از مهم ترین و اصلی ترین عوامل در طراحی تالاب های مصنوعی می باشد.

ضرورت انجام تحقیق

تالاب ها به عنوان یکی از بارزترین زیبایی های خلقت، مفیدترین و در عین حال بدبیارترین اکوسیستم های طبیعت به شمار می روند، این زیستگاه های حیاتی و متنوع از جمله نظام های حیات بخشی هستند که مطلقاً جایگزین ندارند، ارزش اکولوژیک تالاب ها ۱۰ برابر جنگل ها و ۲۰۰ برابر زمین های زراعی است، اما هیچ یک از اکوسیستم های جهان به اندازه تالاب ها صدمات ناشی از برخورد های سطحی و کوته فکری بشر و تمایلات خود خواهانه انسان محوری را تجربه نکرده اند و متأسفانه هنوز روند تخریب این بوم سازگان طبیعی که ده ها کارکرد متفاوت و موزون را یکجا در خود دارند متوقف نشده است. در طول تاریخ زندگی انسان ها، تالاب ها به عنوان اراضی نامناسب، بی فایده، مضر و بستری برای زندگی و حوش و مامنی برای حشرات ناقل بیماری ها شناخته می شدند. مجموعه این صفات، انگیزه ای جز ستیز دائمی انسان علیه آن بوجود نمی آورد، به همین دلیل رابطه انسان باتالاب ها همیشه خصمانه و در جهت تخریب آن بوده است. بطوری که مهار تالاب ها و تبدیل آن ها به گستره های قابل کشت و کار یا حتی تبدیل آن به اراضی بایر و رها شده از جمله موفقیت های جامعه انسانی تلقی می شد، اما تالاب ها از مناطقی محسوب می شوند که کارکردها (خدمات) و تولیدات آنها به صورت غیر مستقیم، بر جوامع حاشیه ای و دور از خود اثر می گذارند (خلیلی ۱۳۸۵). از مهم ترین فواید تالاب ها می توان به تامین آب کشاورزی، شرب، صنایع، تغذیه ی آب های زیرزمینی، فواید هیدرولوژیک، کاهش دبی پیک برای جلوگیری از سیل، ذخیره ی آب، جلوگیری از فرسایش خاک و افزایش جاذبه های توریستی اشاره کرد (بن دوریچو و همکاران ۲۰۰۰). پایداری روند تخریب تالاب ها وجه مشترک تمام کشورهای جهان است. یکی از راه کارهای کاهش این نابودی، طراحی و جایگزینی تالاب های مصنوعی به جای تالاب های طبیعی است. همان طور که از نام آن پیداست، تالاب مصنوعی از طبیعت الهام گرفته شده است. این تالاب ها اصولاً با هدف کنترل سیلاب های شهری و تصفیه ی فاضلاب ساخته می شوند که در این تحقیق با پرداختن به این امر ضرورت و اهمیت بحث مورد نظر قابل توجیه است.

هدف انجام تحقیق

علاوه بر وجود تالاب های طبیعی گاهی نیاز به ساخت تالاب های مصنوعی و یا اقدام به احیای تالاب های طبیعی وجود دارد. عمده ترین مسئله برای طراحی و ساخت یک تالاب مصنوعی محاسبه ی راندمان هیدرولیکی تالاب است. برای تحلیل و بررسی رفتار جریان و تعیین راندمان هیدرولیکی تالاب ها مدل های ریاضی زیادی مطرح شده که نیازمند حل دستگاه معادلات چند مجهولی می باشند، لذا برای حل معادلات ناگزیر به در نظر گرفتن یک سری فرضیات جهت ساده کردن معادله می باشیم که خود عامل بروز خطا می باشد. بنابراین برای حل این مشکل، معقول ترین راه، ساخت مدل در ابعاد کوچکتر می باشد. امروزه قبل از ساختن هر سازه مدلی ساخته می شود و تمامی جوانب آن مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد و از نتایج آن در ساخت اصلسازه بهره می گیرند. در پایان نامه ی حاضر با ساخت یک مدل آزمایشگاهی در ابعاد کوچک سعی در محاسبه ی راندمان هیدرولیکی شده است. با در نظر گرفتن این موضوع که راندمان هیدرولیکی در تالاب های مصنوعی همواره از چالش های جدی به شمار می آید، لذا بررسی عوامل تاثیرگذار از جمله اثر شکل ظاهری تالاب، موقعیت ورودی و خروجی، پراکندگی و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب و جزیرهها (موانع) بر عملکرد هیدرولیکی تالاب های مصنوعی،

راهکارهایی جهت ارتقاء و بهبود راندمان هیدرولیکی باشد. هدف از پژوهش پیش رو، بررسی اثرات عوامل تاثیرگذار بر راندمان هیدرولیکی تالاب های مصنوعی تحت مدل آزمایشگاهی و طراحی بهینه ی هندسی این تالاب ها است، که این تحلیل می تواند در مدت اقامت جریان در سیستم تالاب، عملکرد و مدیریت سیلاب های شهری و کاهش دبی پیک از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد.

روش تحقیق

در این تحقیق در ابتدا، به مطالعات کتابخانه ای و اینترنتی به بررسی پیشینه تحقیقات و پروژه های انجام گرفته در این زمینه پرداخته شد. سپس با استفاده از مطالعات و بررسی های میدانی و برداشت های انجام گرفته مدل آزمایشگاهی بهینه هندسی تالاب های مصنوعی را بدست آمده و پس از ساخت مدل مناسب، رفتار هیدرولیکی تالاب مصنوعی با توجه به اثرات عوامل تاثیرگذار مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت بهینه ترین راندمان هیدرولیکی بر اساس عوامل متعدد تاثیرگذار برای آن مشخص شد.

تعریف تالاب

در تفکر عام هر جا که کمی آب جمع شده و رفت و آمد به سهولت در آن صورت نپذیرد باتلاق یا مرداب گفته می شود در حالیکه تالاب دارای تعریف علمی بوده و ارزش های بسیاری دارد. کلمه تالاب از نظر لغوی معادل Wetland^۱ بکار برده می شود و از دو کلمه تال و آب تشکیل شده است. کلمه تال در زبان هندی به معنی آبیگر است ولی چگونگی وارد شدنش به زبان فارسی و قرار گرفتن آن در کتاب آب به طور دقیق مشخص نیست. در فرهنگ دهخدا کلمه کول یا کولاب معادل تالاب بکار رفته است، یا تال را نوعی نبات پیچیده جنگلی (دار دوست) گفته اند، ولی تال به معنای رشته نیز می باشد و چون تالاب معمولاً به صورت رشته رودها و نه‌های بهم پیوسته می باشد، بکارگیری آن همراه با آب می تواند معادل Wetland باشد که همان زمین های خیس است. در قرن نوزدهم و نیمه اول قرن بیستم میلادی هنگامی که زهکشی تالاب ها و تبدیل آن ها به کاربری های دیگر امری عادی بود تعریف تالاب اهمیت چندانی نداشت چون برای آن ارزشی قائل نبودند ولی از دهه ۱۹۷۰ به بعد که اهمیت تالاب ها در سطح جهان مطرح شد، نیاز به داشتن تعریف دقیق از تالاب ها نیز احساس گردید تا بتوان مشخص نمود که چه مناطقی را می توان تالاب نامید.

ساختار تالاب مصنوعی

تالاب مصنوعی از اجزاء متعددی تشکیل شده است که از عمده ترین آن ها می توان به شکل ظاهری، سیستم توزیع ورودی، سیستم کنترل خروجی، تاسیسات کنترل جریان، منطقه آبی باز، منطقه رسوب^۲، نیستان^۳، جزیرهها^۴ و پشته ها^۵ اشاره نمود. طبق قاعده کلی در یک تالاب حداقل باید یک منطقه ی آبی باز ورودی و یک منطقه ی زیست گیاهی وجود داشته باشد (وانگ و همکاران ۱۹۹۹) که در شکل (۲-۱) نمای کلی یک تالاب مصنوعی با منطقه آبی باز و منطقه زیست گاهی نشان داده شده است. در ذیل توضیحی اجمالی بر هر یک از اجزاء تالاب مصنوعی که در بالا اشاره شد، بیان می گردد.

ابعاد و ضریب شکل در بهبود عملکرد هیدرولیکی تالاب خصوصاً راندمان هیدرولیکی نقش بارزی ایفاء میکنند. سیستم توزیع ورودی برای توزیع یکنواخت جریان در سرتاسر عرض بستر برای یک تالاب منظور می شود و در فرآیندهای محیط زیستی و عملکردهای هیدرولیکی نقش بسزایی دارند که می توان به کنترل زماند ماند هیدرولیکی، جلوگیری از میان بر زدن جریان در داخل بستر، تثبیت ارتفاع سیال از ایجاد فضای مرده در داخل بستر و استفاده از سرتاسر عرض بستر اشاره نمود. سیستم کنترل خروجی نیز علاوه بر انتقال جریان به خارج از تالاب، کنترل ارتفاع سطح جریان داخل بستر را نیز بر عهده دارد. منطقه ی آبی باز که عموماً در ابتدای ورودی آب به داخل تالاب تعبیه می شود، منطقه ی عمیق است که با هدف آورد رسوب، محلی برای ته نشینی رسوبات طراحی می گردد و نیز سرعت جریان وارد شده به تالاب را کاهش می دهد. منطقه زیست گیاهی عموماً کم عمق است و همچنین علاوه بر زیبایی و جلوه دادن به ظاهر تالاب باعث به دام انداختن و رسوب مواد معلق، کاهش آلودگی، جذب مواد مغذی و نیز کاهش سرعت جریان می شود. از جهتی پوشش گیاهی اغلب اوقات متراکم و فشرده می باشد که تحت عنوان نیستان شناخته می شود (مرمن و مرهد ۱۹۹۴).

^۱ زمین های خیس

^۲ - Sedimentation Zone

^۳ - Reed Bed

^۴ - Islands

^۵ - Berms

مناطقى که به صورت خشکى هاى مجزا در میان تالاب ها دیده مى شوند، جزیره اطلاق مى گردند. علاوه بر فواید زیست محیطى از جمله رستنگاهى برای گیاهان و محلى برای زندگى پرندگان، از دیدگاه هیدرولىکى نیز به تقلیل انرژی آب و کم کردن سرعت جریان باعث افزایش زمان ماند و در نهایت بهبود راندمان هیدرولىکى مى شوند. البته این نکته حائز اهمیت است که از ایجاد جریان هاى چرخشى جلوگیری نمود لذا باعث کم شدن بازدهى مى شود. شکل، اندازه و موقعیت جزیره با توجه به شرایط جریان و خصوصیات تالاب و اثرات محیطى طراحی مى شود. به طور کلی مساحت جزیره ها نباید از ۲۵ متر مربع کمتر باشد و حداقل سطح آن ۳۰ سانتى متر بالاتر از سطح آب باشد (بن دوریچو و همکاران ۲۰۰۰). در شکل (۲-۵) نمای شماتیک از شرایط جریان در تالاب هاى آب سطحى مصنوعى وجود دارد. جریان غیر یکنواخت در تالاب، سیستم را به سه منطقه، جریان غالب^۶، منطقه ی مخلوط^۷ و یک منطقه ی سرعت کم^۸ تقسیم مى کند. حرکت چرخشى در منطقه ی با سرعت کم رخ مى دهد که از جدایی جریان نتیجه شده است، بنابراین تبادل سیال ورودى و خروجى در منطقه ی سرعت کم رخ مى دهد و بازده ی هیدرولىکى کاهش پیدا مى کند (سو و همکاران ۲۰۰۹).

در تالاب مصنوعى پشته ها به دو دسته پشته هاى خارجى و پشته هاى داخلى تقسیم مى شوند بر اساس شرایط هیدرولىکى و ژئوتکنیکى به منظور متعادل نمودن و نگهدارى آب با توجه به آبراهه هاى مشخص شده نسبت به طراحی پشته ها اقدام مى گردد. پشته هاى خارجى تا حد امکان بایستى کوچک طراحی شوند تا علاوه بر نقطه نظر زیبایى به حوضه خدشه اى وارد ناسازند، و همچنین توانایى سد و دیواره لازم را برای جلوگیری از هدر رفتن آب و نیز مقابله با سیلاب ها را داشته باشند. (با در نظر گرفتن دوره بازگشت سیلاب ۱۰ و یا ۲۵ سال). این نکته در مورد پوشته ها حائز اهمیت است که با گذشت زمان پشته تحکیم یافته و شروع به نشست مى کنند و سطح تالاب نیز به تدریج توسط پوشش گیاهى پوشیده شده و شاهد افزایش مقدار رسوب ته نشین شده باشیم (این تغییرات همراه با افزایش مقاومت در برابر جریان و کاهش ارتفاع پشته ها در طول عمر تالاب مى باشد). ارتفاع پشته ها را بایستى در نظر گرفتن عواملی نظیر حداکثر ارتفاع سطح جریان در وضعیت نرمال، دوره بازگشت ریزش هاى سیلاب زا، مدت زمان تحلیل فیزیکی پشته ها با توجه به رسوب گذارى، رویش گیاهان، تحکیم و نشست پشته طراحی نمود. جهت پخش و توزیع آب در درون تالاب از پشته هاى داخلى بهره گرفته مى شود، اما کنترلى بر آب هاى خارج از تالاب نخواهند داشت. با توجه به این مهم مى توانند کوچک تر از پشته هاى خارجى ساخته شوند.

طراحی تالاب مصنوعى

همانگونه که قبلا نیز به آن اشاره شد هدف اصلی طراحی و ساخت تالاب مصنوعى حذف آلودگى از سیلاب، کنترل و کاهش دبی پیک مى باشد به همین جهت در طراحی تالاب هاى مصنوعى علاوه بر انتخاب بهینه محیط احداث تالاب به عواملی نظیر مسائل زیست محیطى، شباهت به تالاب طبیعى، احیاء محیط بومى و ... باید توجه گردد تا یک سرى اصول هیدرولىکى و مورفولوژى در طراحی مد نظر قرار گیرند.

زمان ماند

شاخص ترین و مهم ترین پارامترى که در طراحی یک تالاب مصنوعى از آن بهره گرفته مى شود مى توان به میزان آب و زمانى که آب درون تالاب سپرى مى کند، اشاره نمود لذا طراحی مناسب زمان ماند به خصوصیاتى از جمله آلودگى سیلاب، نسبت قابل حل ذرات ریز و توزیع اندازه ی ذرات بستگى دارد. اطلاعات در این موارد باید شامل میزان جریان حداکثر فصلی و یا نمونه اى از جریان هاى گذشته درون تالاب در طول عمر آن باشد، تالاب ها مى توانند دارای عمر طراحی بالایی تا ۹۰ سال نیز باشند (بن دوریچو و همکاران، ۲۰۰۰).

مسئله ی آلودگى

آلودگى، مسئله ی مهم دیگر در طراحی تالاب هاى مصنوعى، مى باشد. مقدار آلاینده هاى جریان درون تالاب محدود به ظرفیت و مقدار پلايندگى تالاب است. به این منظور جهت طراحی و ساخت یک تالاب مصنوعى باید به ظرفیت تصفیه ی آلودگى با توجه به نوع و مقدار آلودگى ورودى به تالاب توجه شود. توزیع غلظت آلودگى قبل از ورود به داخل تالاب و تعیین دقیق کیفیت جریان ورودى امرى مهم و ضرورى مى باشد. به منظور حفاظت از طبیعت تالاب باید در طراحی بعضى تالاب هاى تصفیه اى یک پیش تصفیه قبل از ورود جریان به درون سیستم در نظر گرفته شود تا از ورود زایندهاى درشت که هم باعث مسدود نمودن ورودى و سپتیک تانک^۹ استفاده نمود، زیرا سپتیک

⁶ -Preferential Flow

⁷ -Mixed Zone

⁸ -Low Velocity Zone

⁹ -Septic Tank

تانک، جامدات سنگین و درشت را حذف می نماید. همه ی اجزای تالاب مصنوعی و از همه مهم تر تالاب هایی که با هدف مهار سیلاب ساخته می شوند، حداقل چهار بار در سال و بعد از هر سیل با بیش از یک اینچ رواناب به منظور جلوگیری از مسدود شدن و انباشتگی رسوب، باید مورد بازرسی قرار گیرند که می توان به اجزایی از جمله حوضچه بار، کف تالاب، قفسه ی آشغال، ورودی ها، خروجی ها و ... اشاره نمود (راهنمای بهترین شیوه های مدیریت فاضلاب های سطحی نیوجرسی ۲۰۰۴).

ساختار ورودی

ورودی ها می توانند شامل سازه های لوله ای و یا کانالی به منظور کنترل جریان ورودی باشند. ورودی ها به منظور توزیع یکنواخت جریان در سرتاسر عرض کانال قرار می گیرند، به گونه ای که بتوانند مناطق چرخشی را به حداقل و مقاومت اصطکاکی را به حداکثر برسانند. وقتی جریان در یک منطقه ی پهن پخش می شود، پتانسیل فرسایش بسیار بالاتر از وقتی است که در یک کانال جاری است. افزایش مقاومت اصطکاکی باعث کاهش سرعت و پتانسیل فرسایش می شود. این میزان با پخش جریان درون تالاب افزایش می یابد. استهلاک انرژی یکی از راه های حفاظت ورودی تالاب ها می باشد. این مهم یا به وسیله ی سازه های استهلاک انرژی یا در مرحله ی ساده تر به صورت پوشش گیاهی (گیاهان جلبکی) در ابتدای کانال صورت می گیرد. یکی دیگر از راه های حفاظت ورودی، استفاده از لوله های رایزر^{۱۰} است (وانگ و همکاران ۱۹۹۹). این سازه ها با کم کردن سطح تماس با آب وارد شونده باعث کاهش پتانسیل فرسایش می شوند. یکی از نکات مهم در استفاده از لوله برای ورودی تالاب، انتخاب جنس آن است. لوله ها را می توان از جنس آلومینیوم، پی وی سی^{۱۱} و آهن که در بازار موجود هستند، انتخاب کرد. اما شکستگی و طول عمر پایین آلومینیوم و پی وی سی، طراحان را به استفاده از لوله های آهنی ترغیب کرده است که از عیوب آن نیز می توان به خوردگی و پوسیدن در اثر تماس با آب اشاره کرد. در حالت کلی اگر قسمت خروجی یک تالاب یا کف آن حفاظت شده نباشد، حداکثر سرعت ورودی آب ۱۰ متر بر ثانیه پیشنهاد می شود (حسینی و ابی زاده ۱۳۸۸). اگر جریان وارد شونده به تالاب به طور صحیح با اکسیژن ترکیب نشده باشد یا شامل درصدی نیتروژن آلی یا آمونیاک نباشد، قبل از رسیدن به منطقه ی گیاهی باید در یک محیط باز با اکسیژن ترکیب شود. تالاب های مصنوعی به عنوان یک واحد تصفیه ی ثانویه قادر به از بین بردن پاتوژن ها، باکتری ها و ویروس های زیان آور هستند و آن ها را به اجسام بی ضرر تبدیل می کنند. لذا قبل از ورود فاضلاب به تالاب ضروری است روی آن یک پیش تصفیه صورت پذیرد تا آلودگی آن تقلیل یابد. شیب کف تالاب در منطق ورودی باید تقریباً صفر باشد، زیرا به توزیع مساوی جریان سرتاسر تالاب کمک می کند. در فصول سرد سال نیز وقتی آب منجمد می شود توزیع جریان در زیر لایه های یخ باید انجام شود.

هیدرولیک تالاب مصنوعی

خصوصیات هیدرولیکی و هیدرودینامیکی تالاب ها اثر مهمی بر نحوه عملکرد و راندمان سیستم تالابی دارند (سو و همکاران ۲۰۰۹). اکثر مشکلات مدیریت تالاب ها ناشی از ضعف در برآورد خصوصیات هیدرودینامیکی تالاب می باشد. عواملی از قبیل شکل هندسی، عمق تالاب، ساختار هیدرولیکی شبیه سازه ی ورودی و خروجی، موانع بر سر راه جریان، چگالی جریان، ژرفای تالاب، نوع، اندازه، پراکندگی و توزیع پوشش گیاهی و پراکندگی و اختلاط سه بعدی جریان بر خصوصیات هیدرودینامیکی تالاب تاثیرگذار می باشند (وانگ و همکاران ۱۹۹۹).

جریان درون سیستم یک تالاب تحت شرایط ایده آل، جریان پیوسته^{۱۲} فرض می شود. بر این اساس کل جریان وارد شده به داخل تالاب تا هنگام خروج از آن، سرتاسر تالاب مانند یک جریان پیوسته عمل می کند. به مدت زمانی که جریان داخل سیستم یک تالاب سپری می کند زمان ماند هیدرولیکی^{۱۳} می گویند. این زمان تحت شرایط ایده آل از فرمول (۲-۱) محاسبه می شود (جنکینز و گرینوی ۲۰۰۱):

$$t = \frac{V}{Q} \quad (1-2)$$

که در آن t برابر با زمان ماند هیدرولیکی بر حسب ساعت، V حجم تالاب بر حسب متر مکعب و Q دبی تالاب بر حسب متر مکعب بر ساعت است. اما از آنجا که در یک تالاب حقیقی و به خصوص تالاب های سیل گیر جریان به صورت پیوسته وجود ندارد، اما زمان ماند از معادله (۲-۲) محاسبه می شود و به آن زمان ماند هیدرولیکی مجازی^{۱۴} می گویند (بن دوریچیو و همکاران ۲۰۰۰)

$$t_n = \frac{\varepsilon Ah}{Q} \quad (2-2)$$

¹⁰ -Riser Pipe

¹¹ -Polyvinyl Chloride

¹² -Plug Flow

¹³ -Hydraulic Retention Time

¹⁴ -Nominal Hydraulic Retention Time

که در آن t_n معرف زمان ماند هیدرولیکی مجازی بر حسب ساعت، A ساعت آب تالاب بر حسب متر مربع، h عمق آب بر حسب متر و E تراکم پوشش گیاهی تالاب (کسر حجم آبی که توانایی جریان یافتن را دارا می باشد) که اصطلاحاً آن را تخلخل تالاب^{۱۵} می گویند. مقدار تخلخل را به طور متوسط ۰/۷۵ در نظر می گیرند اما برای سادگی کار مقدار یک هم برای آن قابل قبول است (بن دوریچیو و همکاران ۲۰۰۰). برای جایگذاری مقدار دبی در صورت مشخص نبودن مقدار دبی خروجی مقدار دبی ورودی استفاده می شود، اما اگر مقدار آن مشخص بود بهتر است از مقدار میانگین دبی ورودی و خروجی استفاده شود. نسبت حجم موثر تالاب را می توان از فرمول (۲-۳) محاسبه کرد (سو و همکاران ۲۰۰۹):

$$e_v = \frac{t_m}{t_n} \quad (3-2)$$

پیشینه تحقیق

بیشترین مطالعات انجام شده در زمینه احیای تالاب ها، متعلق به کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی می باشد. برای مثال، در ایرلند، طی ۱۰ سال گذشته حدود ۱۴۰ تالاب مصنوعی جهت کنترل سیلاب و بهبود کیفیت آب ایجاد شده است (اسکولز ۲۰۰۸، باباتاند ۲۰۰۸). با اینکه در دهه اخیر احیای تالاب ها جهت کنترل سیلاب در حوضه های آبریز به عنوان یک راهکار مناسب مدیریتی در دنیا مطرح شده، در ایران در این زمینه فعالیت های چشم گیری مخصوصاً بصورت تجربی و آزمایشگاهی صورت نگرفته است.

یکه یزدان دوست و ذونعمت کرمانی (۱۳۸۴) رفتار راندمان هیدرولیکی بوسیله ردیاب فرضی درون تالاب مصنوعی به روش تفاضل محدود با بهره گیری از شیوه حل ADI مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که رفتار ردیاب درون تالاب نسبت به محاسبه ی راندمان هیدرولیکی تالاب تحت شرایط هندسی، متفاوت عمل می نماید.

میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) روی امکان سنجی استفاده از تالاب مصنوعی زیر سطحی در حذف فسفر از فاضلاب آزمایشگاهی تحقیقی انجام دادند. مدل ساخته شده ی آن ها، در ابعادی با طول ۱۵۰ متر و عرض ۵۲ متر (ضریب شکل ۳) و عمق ۷۰ سانتی متر بود. نتایج آزمایشات نشان داد، میزان کارایی تالاب مصنوعی زیر سطحی با جریان افقی در حذف فسفر ۳۱٪ است.

شیر افروس و همکاران (۱۳۸۹) مدلی با ابعاد طولی ۴/۵ متر، عرض ۰/۵ و عمق ۴۰ سانتی متر، برای محاسبه ی کارایی حذف BOD^{۱۶} در سامانه تالاب های مصنوعی در حضور پوشش گیاهی ساختند. غلظت BOD مورد آزمایش آن ها ۱۲۰ میلی گرم در لیتر و در چهار زمان ۰/۷۵، ۱/۵، ۳/۵ و ۷ روز و در سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد در زمان ماند ۷ روز راندمان حذف BOD از فاضلاب به ترتیب ۹۱/۵٪، ۸۲/۵٪ و ۵۳/۶٪ است.

سالاری و همکاران (۱۳۹۰) با ساخت یک مدل فیزیکی، تحقیقی پیرامون بررسی عملکرد سیستم فاضلاب روستایی به روش تالاب مصنوعی انجام دادند. مدل ساخته شده توسط آن ها پایلوتی با ظرفیت ۵۴۰ لیتر در روز، از جنس ورق گالوانیزه و با ابعاد ۲۰ متر طولی، ۳۰ سانتی متر عرضی و عمق یک متر بود. گیاه تعبیه شده نیز نی معمولی بود. نتایج به صورت زیست محیطی ارائه شد.

ذونعمت کرمانی و همکاران (۱۳۹۲) با مدل سازی عددی جریان درون گروه تالاب های فرضی، شکل هندسی (نسبت طول به عرض) بهینه تالاب و شکل ورودی و خروجی جریان با توجه به معیارهای هیدرولیکی تعیین شد. برای این منظور معادلات جریان و پخش بر روی شبکه احجام محدود بی ساختار مثلثی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل سازی نشان دهنده افزایش راندمان هیدرولیکی با افزایش ضریب شکل است.

سروری و همکاران (۱۳۹۲) با مدل سازی جریان درون دو گروه تالاب، مقایسه ای بین تالاب های مصنوعی مستطیلی و گرد گوشه انجام دادند. برای این منظور معادلات جریان و پخش بر روی شبکه حجم محدود بی ساختار مثلثی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل سازی نشان دهنده افزایش راندمان هیدرولیکی در تالاب های گرد گوشه است.

تاکستون و همکاران (Thackston et al., 1987) یک مطالعه روی اثرات شکل حوزه بر توزیع زمان ماند آب های کم عمق انجام دادند. نتایج آن ها نشان داد که نسبت طول به عرض حوزه (ضریب شکل) بیشترین اثر را بر نسبت حجم موثر تالاب دارد.

هیرن و همکاران (Hearn et al., 1991) مدل جریان و جذب موادغذایی در سیستم های تالاب مصنوعی ارائه نمودند. جادهاو و بوک بیرگیر (Hadhav and Buchberger, 1995) بر روی اثرات پوشش گیاهی بر روی جریان عبوری از میان تالاب های آب سطحی تحقیق کردند و به این نتیجه رسیدند سرعت جریان سطح آب آزاد تالابها پوشش گیاهی را می توان، تا حدی با تنظیم کنترل پایین دست مدیریت کرد.

¹⁵ -Wetland Porosity

¹⁶ -Biochemical Oxygen Demand

پرسون (Persson, 2000) روی اثرات شکل تالاب بر راندمان هیدرولیکی تحقیق کرد و با استفاده از یک مدل دو بعدی جریان نشان داد با افزایش نسبت طول به عرض تالاب، راندمان تالاب بالاتر می رود و هر چه این نسبت افزایش یابد جریان به جریان پیوسته نزدیک تر می شود.

جنکینز (Jenkins, 2001) با استفاده از مدل دو بعدی TDFLOW روی اثر شکل تالاب بر راندمان هیدرولیکی، روی نه تالاب فرضی تحقیقی انجام داد. در این تحقیق مشخص شد هر چه نسبت طول به عرض تالاب بیشتر باشد، زمان ماند متوسط و زمان ماند پیک بزرگ تر و در نهایت راندمان هیدرولیکی بالاتر می رود. جنکینز و گرینوی (Jenkins and Greenway, 2005) بر روی اثرات شکل حوزه بر راندمان هیدرولیکی، این بار در حضور پوشش گیاهی تحقیق کردند. نقش پوشش گیاهی در فیلتراسیون ذرات، کاهش اغتشاشات، تثبیت رسوب و مسائل زیست محیطی غیر قابل انکار است. مدل مورد استفاده آن ها TDFLOW بود. تحقیق آن ها ثابت کرد که وقتی پوشش گیاهی تالاب فشرده و متراکم باشد، شکل تالاب (نسبت طول به عرض) اثر ناچیزی بر راندمان تالاب دارد. نتیجه ی دیگر این تحقیق این بود که هر چه پوشش گیاهی سطح تالاب بیشتر باشد راندمان کاهش پیدا می کند و این بخاطر تولید جریان کوتاه چرخشی بین مناطق بدون پوشش است. نتایج آن ها ثابت کرد گیاهان دسته بندی شده در یک منطقه ی مشخص و محدود راندمان را تا ۸۰٪ افزایش می دهد. تونت و همکاران (Toet et al., 2005) آزمایشی برای مشخص شدن اثر زمان ماند هیدرولیکی برای رفع آلودگی از پساب خانه ی فاضلاب با یک سیستم تالاب مصنوعی انجام دادند. نتایج آن ها نشان داد افزایش زمان ماند نیاز به افزایش عمق یا افزایش سطح تالاب دارد. سو و همکاران (Su et al., 2009) با استفاده از مدل TABS-2 بر روی اثرات مانع، نسبت طول به عرض تالاب (ضریب شکل) و شکل ورودی و خروجی جریان، روی راندمان هیدرولیکی تالاب تحقیقی انجام دادند. نتایج آنها نشان داد رابطه ی راندمان هیدرولیکی و ضریب شکل تالاب یک رابطه ی غیر خطی است.

کادلک و والاس (Kadlec and Wallace, 2009) نشان دادند که توزیع جریان آب برای مثال شرایط هیدرولیکی موجود در تالاب ها قادرند بر حذف موثر آلاینده ها و آلودگی آنها تاثیرگذار باشند از این رو، تالاب ها ممکن است در تضمین استانداردهای کیفیت آب به علت مشکلات هیدرولیکی ناشی از طراحی ضعیف تالاب ناموفق باشند.

ویسنیر و همکاران (Weisner et al., 2009) به بررسی تاثیر پوشش گیاهی مختلف بر عملکرد راندمان هیدرولیکی سطح آزاد جریان تالاب تجربی که در آن حذف نیترژن نیز مورد سنجش قرار گرفت، پرداختند.

چوی و همکاران (Chui et al., 2011) مدلی برای مطالعه ی اثرات متقابل پوشش گیاهی و آب های زیرزمینی در تالاب ارائه دادند. آن ها با استفاده از معادله ی ریچارد، تغییرات جریان آب زیرزمینی اشباع را نشان دادند و با یک جزء گیاهی به وسیله ی معادله ی لوتکا-ولتر-راه حل مناسبی برای رشد گیاه به دست آوردند. سپس در حالت کلی یک رابطه ی دو طرفه برای تعامل آب زیرزمینی و دینامیک رشد گیاهان ارائه دادند.

گوسیو و هایچیم (Gusyev and Haitjema, 2001) به کاربرد معادلات حاکم برای جریان دو بعدی ملتحمه از لحاظ پتانسیل تخلیه در تالاب پرداختند.

لیو و همکاران (Lie et al., 2012) تحقیقی روی فاکتورهای اثرگذار بر راندمان هیدرولیکی در تالاب های نهر مانند انجام دادند. نتایج نشان داد مهم ترین عامل اثر گذار بر راندمان هیدرولیکی تالاب تغییر ضریب شکل است. در راندمان های هیدرولیکی بالا، جریان بیشتر به جریان پیوسته نزدیک است. همچنین نتایج آن ها نشان داد نرخ رشد راندمان هیدرولیکی با کاهش در طول و افزایش ضریب شکل شروع می شود.

بین و همکاران (Bin et al., 2012) به تجزیه و تحلیل نظری انتشار آلاینده بر روی جریان عبوری از میان تالاب آب سطحی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که غلظت و عمق آلاینده می تواند به حالت تعادل تعیین شده توسط ضریب توزیع جریان نزدیک شود.

مسکیتا و همکاران (Mesquita et al., 2013) به بررسی اثر پوشش گیاهان در جریان زیر سطحی افقی تالاب ها پرداخته اند.

وانگ و همکاران (Wang et al., 2013) به بررسی پوشش گیاهی در تالاب سه لایه با سطح آزاد پرداخته اند.

وانگ و همکاران (Want et al., 2014) مطالعه ای بر اثرات نرخ جریان و پیکربندی ورودی و خروجی در تالاب انجام دادند و نتایج نشان داد که جریان نرخ، ورودی و خروجی و پیکربندی اثرات قابل توجهی بر رفتار هیدرولیکی تالاب می گذارد.

فرجود و همکاران (Farjood et al., 2015) مطالعه ای بر روی اثرات موانع جامد و متخلخل و مستغرق در هیدرولیک به جهت بهبود عملکرد مدل ارزیابی SPR در تالاب انجام دادند و نتایج نشان داد موانع متخلخل در مقایسه با موانع جامد در افزایش زمان ماند و بهبود عملکرد کلی هیدرولیک تالاب موثر بودند.

روش انجام تحقیق و آزمایش

در این پژوهش، پس از ساخت مدل آزمایشگاهی تالاب به ابعاد $2 \times 1 \times 0.3$ متر از جنس شیشه، رفتار هیدرولیکی جریان تالاب با توجه به موقعیت ورودی و خروجی و همچنین عواملی نظیر تراکم و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب، جزیره ها (موانع) و گردشگری رئوس بررسی شد. این آزمایش بصورت ذیل انجام شد.

ابتدا آب از مخزن آزمایشگاه با دبی ثابت 0.25 لیتر بر ثانیه به مخزن ذخیره بالا دست تالاب پمپاژ شد و این پمپاژ با دبی ثابت فوق تا پایان آزمایش ادامه داشت. پس از اینکه مخزن ذخیره از آب پر شد از خروجی تعبیه شده در ارتفاع 0.3 متری از کف مخزن از کف مخزن ذخیره به کانال رابط حد فاصل مخزن ذخیره و مدل آزمایشگاهی تالاب که به منظور کاهش آشفتگی جریان تعبیه شده، سرریز شد. آب پس از طی مسیر کانال فوق از ارتفاع 0.15 متر از ورودی به مدل آزمایشگاهی تالاب سرریز شد. و پس از طی سطح تالاب از خروجی که در ارتفاع 0.15 متر از کف تالاب قرار گرفته خارج شد. از آنجاییکه در یک تالاب حقیقی جریان به صورت پیوسته وجود ندارد، در نتیجه جریان در تالاب بصورت دو بعدی فرض می شود این بدین معنی است که رفتار جریان در سطح تالاب با کف تالاب در همان نقطه پیوسته است در نتیجه در خروجی تالاب به منظور پیوستگی جریان دو روزه در فواصل مساوی از کف تالاب یا سرریز در قسمت خروجی تعبیه شد. بطور کلی عملکرد هیدرولیکی تالاب ها با استفاده از ردیاب های هیدرولیکی تحلیل شده است (کفی و همکاران ۲۰۱۰). برای محاسبه ی راندمان هیدرولیکی تالاب و مطالعه و بررسی آن، دو نوع آلودگی مجزا برای ردیابی غلظتی و ردیابی وضعیت جریان طراحی شده برای ردیابی غلظتی آلودگی از سه لیتر محلول NaCl در آب با غلظت 50 گرم بر لیتر به عنوان یک ردیاب هیدرولیک به علت رفتار محافظه کارانه تر نسبت به سایر ردیاب ها استفاده گردید (بودین و همکاران ۲۰۱۲). برای ردیابی وضعیت جریان، آلودگی از 50 میلی لیتر محلول غلیظ رنگی متیلن بلو در آب با غلظت 600 گرم بر لیتر استفاده شد. برای تهیه ی محلول آب نمک، مقدار 50 گرم NaCl در شیشه ساعت با ترازویی با دقت 0.1 گرم توزین شد و توسط اسپاتول به بالن ژوژه ی 1000 میلی لیتری منتقل شد و با آب لوله کشی شهر به حجم رسانیده شد. این عمل 3 مرتبه تکرار شد و در نهایت این 3 لیتر محلول به بشر کوتاه 3000 میلی لیتری منتقل شدن و اختلاط صورت گرفت. همچنین برای تهیه ی محلول متیلن بلو، مقدار 30 گرم از این ترکیب در شیشه ساعت با ترازویی با دقت 0.1 گرم توزین شد و توسط اسپاتول به بالن ژوژه ی 50 میلی لیتر منتقل گردید و به حجم رسانیده شد. در نهایت برای راحتی کار به بشر کوتاه 1000 میلی تری منتقل شد.

در مرحله ی ردیابی غلظتی پس از پمپاژ آب با دبی ثابت 0.25 لیتر بر ثانیه به مخزن ذخیره تالاب و سپس پر شدن تالاب مدل آزمایشگاهی و سرریز شدن آن از خروجی، آلودگی از محل ورودی آب طی یک الگوی منظم و تکرار پذیر به درون تالاب تخلیه شد و هم زمان با این تخلیه عمل نمونه برداری از خروجی مخزن در فواصل زمانی منظم و مناسب صورت گرفت. نمونه برداری در ظروف پلاستیکی PVC یکبار مصرف انجام شد و به منظور تعیین غلظت NaCl از دستگاه TDS^{17} متر با توانایی اندازه گیری کل مواد جامد محلول در آب در مقیاس میکروگرم بر میلی لیتر استفاده شد. نتایج حاصل به صورت منحنی TDS^{18} بر حسب میکروگرم بر میلی لیتر در برابر $Time^{19}$ بر حسب ثانیه ترسیم شد. که در فصل بعد اجمالا به تحلی و تفسیر نمودارهای فوق پرداخته خواهد شد. در مرحله ی بررسی وضعیت جریان پس از پمپاژ آب با دبی ثابت 0.25 لیتر بر ثانیه به مخزن تالاب و سپس پر شدن تالاب مدل آزمایشگاهی و سرریز شدن آن از خروجی، آلودگی طی یک الگوی منظم و تکرار پذیر به درون تالاب تخلیه شد و فیلمبرداری از وضعیت رفتار جریان داخل تالاب از نمای 90 درجه بالای مدل آزمایشگاهی انجام شد.

خلاصه

۱- برای تعیین پارامترهای طراحی و رسیدن به یک طراحی مناسب به طور کلی دو راه حل وجود دارد. یکی از این راه ها ساخت مدل فیزیکی و راه دوم ایجاد یک مدل عددی است. برای بررسی تالاب های مصنوعی آب سطحی مدل های ریاضی زیادی مطرح شده که نیازمند حل دستگاه معادلات چند مجهولی می باشند، بنابراین برای حل این مشکل، معقول ترین راه، ساخت مدل در ابعاد کوچک تر می باشد.

۲- سطح تالاب مدل آزمایشگاهی برابر 2 متر مربع، و عمق میانگین آب 0.1417 متر است که آب با دبی ثابت 0.25 لیتر بر ثانیه که از روش حجمی محاسبه می شود، داخل تالاب جریان دارد.

۳- به جهت دقت سنجی نتایج به دست آمده از درصد انحراف استاندارد نسبی که در رابطه $(3-1)$ اشاره شده، استفاده می گردد.

¹⁷ - Total Dissolved Solid

¹⁸ - کل مواد جامد محلول در آب

¹⁹ - زمان

۴- برای محاسبه ی راندمان هیدرولیکی تالاب و مطالعه و بررسی آن، دو نوع آلودگی مجزا برای ردیابی غلظتی و ردیابی وضعیت جریان طراحی شد.

روش شناسی تحقیق

عوامل متعددی بر عملکرد بهینه تالاب اثرگذار می باشد بر این اساس شناخت هیدرودینامیک جریان و خصوصیات جریان امری حائز اهمیت است. در پژوهش حاضر اثرات تراکم و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب، جزیره ها (موانع) و گردشگری رئوس بر دو گروه تالاب مصنوعی آب سطحی مستطیل شکل با موقعیت ورودی و خروجی گوشه و مرکز تحت مدل آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل به نحوه ی انجام آزمایشات و بررسی مشاهدات و نحوه محاسبه پارامترها می پردازیم. هدف اصلی این پژوهش مشخص نمودن و انتخاب بهینه ترین راندمان هیدرولیکی تالاب مصنوعی آب سطحی با توجه به عوامل تاثیرگذار بر آن می باشد.

شرایط اولیه مدل آزمایشگاهی

ابتدا ضروری است شکل ظاهری مدل، ابعاد مدل، موقعیت ورودی و خروجی جریان، عمق و دبی جریان، شیب مدل و سایر عوامل دخیل جهت تحلیل جریان مورد بررسی قرار گیرند. در این پژوهش تحت مدل آزمایشگاهی یک تالاب مستطیل شکل با سطح ۲ متر مربع (۲ متر × ۱ متر) و شیب ۲/۵ درصد ساخته شد. جریان با دبی ثابت ۰/۲۵ لیتر بر ثانیه از ورودی مدل سرریز می شود. عمق میانگین آب در سرتاسر سطح مدل برابر ۰/۱۴۱۷ متر می باشد. عمده هدف این پژوهش به بررسی دو گروه تالاب مصنوعی آب سطحی مستطیل شکل با موقعیت ورودی و خروجی گوشه (گروه A) و موقعیت ورودی و خروجی مرکز (گروه B) پرداخته شده است و در ادامه تاثیر عوامل تراکم و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب، جزیره ها (موانع) و گردشگری رئوس در هر یک از دو گروه مدل آزمایشگاهی به جهت بهبود عملکرد هیدرولیکی و هیدرودینامیکی جریان مورد تحلیل قرار گرفته است.

اثر موقعیت ورودی و خروجی جریان بر راندمان هیدرولیکی تالاب مصنوعی آب سطحی

در ابتدا دو گروه تالاب آب سطحی در حالت ساده با موقعیت ورودی و خروجی گوشه و مرکز مورد بررسی قرار گرفت که در شکل (۴-۱) نمای شماتیک دو گروه تالاب مصنوعی آب سطحی نشان داده شده است. مساحت تالاب ها ۲ متر مربع است و جریان با دبی ثابت ۰/۲۵ لیتر بر ثانیه از ورودی تالاب سرریز می شود و عمق میانگین برابر ۰/۱۴۱۷ متر می باشد و ضریب تخلخل برای تالاب های فوق برابر یک ($\epsilon = 1$) فرض شده است.

نتیجه گیری

همان طور که قبلا اشاره شد و با توجه به شکل ها و جدول های فصل قبل، مشخص شد که راندمان هیدرولیکی بر موقعیت ورودی و خروجی تاثیر ثابتی می گذارد اما مشاهده شد عواملی نظیر تراکم و توزیع پوشش گیاهی، موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب، جزیره ها (موانع) و گردشگری رؤس در افزایش راندمان هیدرولیکی تابال نقش بسزایی ایفاء می کنند. که در ذیل به تحلیل و تفسیر این مهم خواهیم پرداخت.

همان گونه که در فصل قبل اشاره شد در تالاب با موقعیت ورودی و خروجی جریان گوشه و مرکز در حالت ساده، راندمان هیدرولیکی ثابتی برابر $4/2\%$ مشاهده شد که عطف به تحقیقات گذشته (پرسون و همکاران ۱۹۹۹) وضعیت هیدرولیکی جریان با توجه به راندمان هیدرولیکی، ضعیف می باشد که در نتیجه باید عوامل مهم تاثیرگذار بر این دو موقعیت ورودی و خروجی جریان مورد بررسی قرار گیرد. یکی از راه کارهای افزایش راندمان هیدرولیکی توزیع پوشش گیاهی در سطح تالاب است. همان گونه که در فصل قبل اشاره شد سه نوع توزیع پوشش گیاهی (طولی، عرضی و زیگزاگ) در سطح تالاب توزیع گردید که مشاهده شد که راندمان هیدرولیکی در پوشش گیاهی عرضی در هر دو موقعیت ورودی و خروجی (گوشه و مرکز) افزایش چشم گیری تا حدود $78/4\%$ خواهد داشت. توزیع پوشش گیاهی طولی در سطح تالاب برای تالابی با موقعیت ورودی و خروجی گوشه مناسب تر است و این توزیع باید در طول تالاب از مرکز عرض یال ورودی تالاب جانمایی گردد که در آزمایش انجام گرفته در این حالت راندمان $53/6\%$ محاسبه گردید که نشان دهنده وضعیت جریان در حالت مناسب است. پوشش گیاهی زیگزاگ برای موقعیت ورودی و خروجی مرکز مناسب ارزیابی شد. هر چه تعداد پوشش گیاهی عرضی در طول تالاب بیشتر شود راندمان افزایش می یابد که صحت نتایج فوق در مقایسه با تحقیقات گذشته از جمله محققان جنکینز و گرینوی (۲۰۰۵) قابل قبول و هم راستا می باشد که در هر دو پژوهش فوق، افزایش چشم گیر راندمان هیدرولیکی تا حدود 80% مشاهده شد. موقعیت طبیعی و موضع نگاری کف تالاب از عوامل مهم دیگری است که بر افزایش راندمان هیدرولیکی تاثیر بسزایی می گذارد. همانطور که در فصل قبل اشاره شد مقایسه ای بین موقعیت ورودی و خروجی جریان با اثر موضع نگاری کف تالاب انجام گرفت و نتایج حاکی از بهبود عملکرد جریان در موقعیت ورودی و خروجی مرکز ($35/1\%$ - $52/1\%$) نسبت به موقعیت ورودی و خروجی گوشه ($16/2\%$ - $28/5\%$) است و با توجه به مطالعات پیشین در مورد وضعیت جریان هیدرولیکی (پرسون و همکاران ۱۹۹۹) مشاهده شد که وضعیت جریان هیدرولیکی در گروه تالاب B در وضعیت مناسب ($50\% < \lambda < 75\%$) قرار می گیرد در حالی که در گروه تالاب A وضعیت هیدرولیکی جریان ضعیف ($\lambda > 50\%$) است.

استفاده از موانع در مسیر جریان نیز یکی از راه های افزایش راندمان هیدرولیکی است. در پایان نامه حاضر روی اثرات وجود جزایر در تالاب تحقیق شد و همانطور که مشاهده گردید، راندمان هیدرولیکی در حالتی که قطر مانع افزایش می یابد و همچنین به ورودی تالاب نزدیک تر می شود، محسوس است. اگرچه در تالاب هایی که فاصله مانع از ورودی تالاب دورتر است، زمان بیک تغییر نمی کند، اما با توجه به کم شدن مساحت تالاب، راندمان افزایش می یابد که نتایج حاصل شده در این پژوهش در مقایسه با روش عددی انجام شده در تحقیق سو و همکاران (۲۰۰۹) برابر و قابل قبول می باشد.

با گرد کردن رؤس تالاب در هر دو موقعیت ورودی و خروجی (گوشه و مرکز)، در راندمان هیدرولیکی تغییر بخصوصی ایجاد نمی شود، اما در مقایسه با حالت ساده تالاب مستطیل شکل، نتیجه گرفته می شود در موقعیت ورودی و خروجی گوشه با توجه به مساحت تالاب بهبود راندمان هیدرولیکی تالاب مستطیل شکل بارزتر است که در مقایسه با نتایج مدل عددی تحقیق سروری و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر افزایش راندمان هیدرولیکی در تالاب های گرد گوشه نسبت به مستطیل شکل مغایرت دارد و علت آن عدم توجه به مساحت تالاب در حالت ساده مستطیل شکل و گرد گوشه در تحقیق سروری و همکاران (۱۳۹۲) می باشد.

پیشنهادات

- ❖ پیشنهاد می شود در هنگام طراحی تالاب ابتدا عوامل تاثیرگذار انتخاب و سپس نسبت به جانمایی موقعیت ورودی و خروجی اقدام گردد.
- ❖ پیشنهاد می شود در هنگام احداث تالاب مصنوعی از پوشش گیاهی عرضی در فواصل مساوی از ورودی تالاب در طول تالاب جانمایی گردد.
- ❖ پیشنهاد می شود در طراحی تالاب های مصنوعی با موقعیت ورودی و خروجی مرکز، از موضع نگاری کف در عرض تالاب در فواصل مساوی طولی بهره گرفته شود.
- ❖ پیشنهاد می شود برای تعبیه ی جزیره یا مانع در طراحی تالاب های مصنوعی، قطر این مناطق بیشتر و به ورودی تالاب نزدیک باشد.

منابع و مراجع

- [۱] حسینی، س. ب، ابی زاده، ا.، ۱۳۸۸. تالاب قوروگل؛ ارزش ها و کارکردها. مهندسی زیر ساخت ها. شماره ۱۰. صفحات ۴۲-۴۹.
- [۲] خلیلی، س. م.، ۱۳۸۵. تالاب های ایران و نقش ارزشمند آن ها در اقتصاد. مجله شکار و طبیعت. شماره ۹۱. صفحات ۹-۱۵.
- [۳] ذونعمت کرمانی، م.، سروری، ا.ر.، رحیم پور، م.، بارانی، غ. ع.، ۱۳۹۲. طراحی بهینه هندسی تالاب های آب سطحی مصنوعی با استفاده از روش حجم محدود. مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران. زاهدان.
- [۴] رحیمی ملکی، د.، نجفی جیلانی، ع.، ۱۳۹۰. مقایسه دقت انواع معادلات موج بلند در مدل سازی آشفتگی در داخل بنادر. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران. سمنان.
- [۵] سالاری، ح.، حسنی، ا.، برقی، م.، یزدانبخش، ا.، رضایی، ح.، ۱۳۹۰. عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب روستایی به روش تالاب مصنوعی در حذف ازت و فسفر از فاضلاب. مجله آب و فاضلاب. شماره سوم. صفحات ۴۰-۴۷.
- [۶] سروری، ا.ر.، ذونعمت کرمانی، م.، رحیم پور، م.، بارانی، غ.ع.، ۱۳۹۲. مقایسه راندمان هیدرولیکی در تالاب های آب سطحی مصنوعی مستطیلی و گرد گوشه. مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک. تهران.
- [۷] شیرافروس، ع.، منشوری، م.، لیاقت، ع.، بشلیده، ح.، ۱۳۸۹. بررسی راندمان حذف BOD در سامانه تالاب های مصنوعی (مطالعه موردی: دزفول). مجله تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال دوم، شماره پنجم. صفحات ۱۳-۱۹.
- [۸] صفائیان، ن.، شکری، م.، ۱۳۸۲. تالاب ها یا آب بندان های مازندران. محیط شناسی، شماره ۳۱. صفحات ۴۷-۷۰.
- [۹] کنوانسیون رامسر پیرامون تالاب ها (۲۰۰۶)، سایت کنوانسیون رامسر:
Ramsar Handbooks for the Wise Use of Wetlands, 3th Edition, pp.110.
- [۱۰] محمدزاده قمی، م.، ۱۳۸۲، تحلیل عددی جریان های زیر و فوق بحرانی در کانال های باز با استفاده از روش احجام محدود. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- [۱۱] مهربان، م.، ۱۳۹۳. تهیه ی نانو ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با پلی دی فنیل آمین اصلاح شده با گوگرد برای اندازه گیری بیسفنول آ به کمک روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا. پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه. دانشکده علوم. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [۱۲] میرزایی، س.ع.، جعفرزاده حقیقی فرد، ن.، ۱۳۸۸. امکان سنجی استفاده از تالاب مصنوعی زیر سطحی با جریان افقی در حذف فسفر از فاضلاب مصنوعی در شرایط آزمایشگاهی. سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان.
- [۱۳] یکه یزدان دوست، ف.، ذونعمت کرمانی، م.، ۱۳۸۴. مدل بررسی راندمان هیدرولیکی تالاب های مصنوعی. پنجمین کنفرانس هیدرولیک. کرمان. ایران.
- [14] Angus, M., A., 2001. Step-by- Step Guide to Non- Linear Regression Analysis of Experimental Data Using a Microsoft Excel Spreadsheet. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 65(3). 191-200.
- [15] Babatunde, A.O. Zhao, Y.Q., O'Neill, M., O'sullivan, B., 2008. Constructed Wetlands foe Environmental Pollution Control: A Review of Developments. Research and Practice in Ireland. Journal of Environment International. 34. 116-126.
- [16] Bendoricchio, G., Cin, L.D., Persson, J., 2000. Gudelines for Free Water Surface Wetland Design. EcoSys Bd. 8.51-91.
- [17] Bin, C., Li, Z., Yi-hong, W., Ping, J., Yi- jun, Z., 2012. Transport of Bicomponent Contaminant in Free Surface Wetland Flow. Journal of Hydrodynamics. 24(6). 925-929.

- [18] Budina, H., Mietto, A., Ehdec, P.M. Persson, J., Wesiner, S.E.B., 2012. Tracer Behaviour and Analysis of Hydraulics in Experimental Free Water Surface Wetlands. *Ecological Engineering*. 49. 201-211.
- [19] Chui, T.F.M., Low, S.Y., Liong, S.Y., 2011. An Ecohydrological Model for Studying Groundwater-Vegetation Interactions in Wetlands. *Journal of Hydrology*. 409 (1). 291-304.
- [20] Farjood, A., Melville, B.W., Shamseldin, A.Y., 2015. The Effect of Different Baffles on Hydraulic Performance of a Sediment Retention Pond. *Ecological Engineering*. 81. 228-232.
- [21] Gusyev, M.A. Haitjema, H.M., 2011. Modeling Flow in Wetlands and Underlying Aquifers Using a Discharge Potential Formulation. *Journal of Hydrology*. 408.91-99.
- [22] Hearn, C.J., Chambers, J.M., Mccomb, A.J., 1991. A model of Flow and Nutrient Absorption in Artificial Wetland Systems. *Appl. Math. Modelling*. 15.267-273.
- [23] Jadhav, R.S., Buchberger, S.G., 1995. Effects of Vegetation on Flow Through Free Water Surface Wetlands. *Ecological Engineering*. 5.481-496.
- [24] Jadhav, R.S., Buchberger, S.G., 1995. Effects of Vegetation on Flow Through Free Water Surface Wetlands. *Ecological Engineering*. 5.481-496
- [25] James Cook University (JCU). 2001. Artificial Wetlands and Aquatic Flora. Australian Center for Tropical Freshwater Research.
- [26] Jenkins, G.A., 2001. The Hydraulic of Artificial Wetlands. School of Environ. Ecological Engineering. Griffith University.
- [27] Jenkins, G.A., Greenway, M., 2005. The Hydraulic Efficiency of Eriking Versus Banded Vegetation in Constructed Wetlands. *Ecological Engineering*. 25(1). 61-72.
- [28] Kadlec, R.H., Wallace, S.D., 2009. *Treatment Wetlands*. 2nd ed. CRC Press. Boca Raton FL.
- [29] Keefe, S.H., Daniels (Thullen). J.S. Runkel, R.L., Wass, R.D. 2010. Influence of Hummocks and Emergent Vegetation on Hydraulic Performance in a Surface Flow Wastewater Treatment Wetland. *Water Resour. Res.* 46. 1-13.
- [30] Lai. C.J., Yen. C.W., 1993. Tubulent Free Surface Flow Simulation Using a Multilayer Model. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. 16(11). 1007-1025.
- [31] Liu, L., Hu, H., Qi, J., 2012. Research on the Influencing Factors of Hydraulic Efficiency in Ditch Wetlands. *Procedia Engineering*. 28. 759-762.
- [32] Mesquita, M.C., Albuquerque, A., Amaral. L., Nogueira. R., 2013. Effect of Vegetation of the Performance of Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands With Lightweight Expanded Clay Aggregates. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 10.433-442.
- [33] Moerman, D., Muirhead, D., 1994. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment Annotated Bibliography*. Canada Nova Scotia Agreement on the Agricultural Component of Green plan Sustainable Agri-Food Waster Management Program Projcet Go-022.
- [34] New Jersey Stormwater Best Management Practices Manaula. 2004. Standard for Constructed Stormwater Wetlands. Department of Civil Engineering Monash University. Chapter.9.2.1-12.
- [35] Nigam, V.P., Graupe. D., 2004. A Neural – Network- Based Detection of Epilepsy. *Neurlogical Research*. 26.55-60.
- [36] Persson, J., Somes, N.L.G., Wong. T.H.F., 1999. Hydraulic Efficiency of Constructed Wetlands and Ponds. *Water Science and Technology*. 40 (3).291-300.

- [37] Persson, J., 2000. The Hydraculic Perfomance of Ponds of Various Layouts. *Urban Water*, 2(3). 243-250.
- [38] Ramsay, R.E., Rowan, A.J., Pryor, A.M., 2004. Speical Considerations in Treating the Dlderly Patient with Epilepsy, *Neurology* 62(2).24-29.
- [39] Scholz, M., 2008. Classification Methodology for Sustainable Flood Retention Basins *Journal of Landscape and Urban Planning*.
- [40] Su, T.M., Yang, S.C., Shih, S.S., Lee, H.Y., 2009. Optimal Design for Hydraulic Efficiency Performance of Free-Water-Surface Constructed Wetlands. *Ecological Engineering*. 35(8). 1200-1207.
- [41] Thackston, E.L., Shields Jr, F.D., Schroeder, P.R., 1987. Residence Time Distributions of Shallow Basins. *Journal of Environmental Engineering*. 113(6). 1319-1332.
- [42] Toel. S., Van Logtestijn., R. S., Kampf, R.,Schreijer, M., Verhoeven. J.T., 2005. The Effect of Hydraulic Reterntion Time on the Removal of Pollutants From Sewage Reatment Plant Effluent in a Surface- Flow Wetland System. *Wetlands*. 25(2). 375-391.
- [43] Vreugedenhil, C.B., 1994. Numerical Methods for Shallow-Water Flow. 13. Springer.
- [44] Wanga, Y., Songa, X., Liao, W., Niua. R., Wanga, W., Dinga, Y., Wanga, Y., Yanb, D., 2014. Impact of Inlet- Outlet Configuration, Flow Rate and Filter Size on Hydraulic Behavior of Quasi-2-Dimensional Horizontal Constructed Wetland: NaCl and Dye Tracer Test. *Ecologul Engineering*. 69.177-185.
- [45] Wang, P., Wu, Z., Chen, G.Q., Cui, B.S., 2013. Envirmental Dispersion in a Threelayer Wetland Folw with Free- Surface. *Communicat*