تخمین سرعت رسوبگذار در

کانالهای پوششدار با استفاده از غلظت

مواد معلق و مقایسه آن با سایر روشهای موجود

تخمین سرعت رسوبگذار درکانالهای پوششدار بااستفاده ازغلظت موادمعلق ومقایسه آن باسایر روشهای موجود

- دکتر محمد محمودیان شوشتری

دانشیاردانشکده مهندسی (گروه عمران) دانشگاه شهید چمران اهواز .

- هادی میر ابوالقاسمی

دانشجوی کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری ، دانشگاه تربیت مدرس تهران .

چکیده :

دراین مقاله برخی ازمهمترین روابطی که تاکنون درزمینه سرعتهای غیررسوبگذار در کانالهای آبیاری ارائه شده ،بررسی شده است . همچنین روش برآوردوضعیت رسوبگذاری درکانالهای پوششداربمنظوراجتناب یکی ازآخرین تحقیقات دراین زمینه (Why Sediment Deposit in Lined Channels , Sep/ oct 1990) ارائه وتوصیه شده ازنتیجه بکارگیری این روش بعنوان معیاری درمرحله طراحی کانال استفاده گردد. این روش برای کانالهایی است که آمارغلظت مواد معلق واردشده به آن دردسترس وياقابل تخمین زدن باشد.

جهت مطالعه موردی وارزیابی موارد عنوان شده درمقاله ، اطلاعات مربوط به طرح مقدماتی کانال اصلی یکی ازپروژه های آبیاری دراستان خوزستان مورد استفاده قرار گرفته وسرعتهای غیررسوبگذارازروشهای مختلف محاسبه ونتایج حاصل بانتیجه بدست آمده از روش پیشنهادی مقایسه گردیده است .

- مقدمه :

متلاشی شدن تدریجی پوسته جامد کره زمین تحت تاثیرعوامل مختلف وانتقال مواد حاصل ازآن توسط جریانهای سطحی ، فرسایش بستررودخانه ها ، فرسایش بسترکانال وانتقال موادخارجی موجوددراطراف کانال بداخل آنهاعمده ترین منابع تشکیل رسوب درکانالهای آبیاری بحساب می آیند. انتقال ذرات خاك وشن اطراف بداخل کانال تحت تاثیروزش بادهای شدید سطحی ویادرحین مرمت وتسطیح اطراف جاده سرویس کانالها دربرخی ازشبکه های آبیاری منطقه خوزستان مشاهده شده است .

درررودخانه هاکه ازمناطق کوهستانی سرچشمه می گیرندبدلیل شیب تندابتدای مسیر وانرژی زیاد جریان ، عوامل فرسایش درکف بیشترین فعالیت رادارا هستند. باحرکت به‌سمت پائین دست این فعالیت بتدریج کم ودردشتهای رسوبی به حداقل می رسدوفرسایش بستربه فرسایش جداره هاتبدیل می‌شود. همگام بااین تغییرات به علت کاهش تدریجی انرژی جریان وکم شدن قدرت حمل رودخانه ، موادی که برای حمل آنهاانرژی بیشتری لازم است ته نشین می شوند وجریان آب بفرسایش وحمل ذراتی که انرژی کمتری لازم دارند ادامه می‌دهند. بنابراین توانشعلق رودخانه براساس اندازه ووزن خودته نشین می‌شوندوآنچه درانتهای مسیررودها همراه جریان باقی می‌ماند مواد معلق زیزدانه ای است که باته نشین شدن درکانالهای آبیاری مشکلات پیچیده وبعضا " لاینحلی رابوجودمی‌آورند.

درکانالهای آبیاری باتوجه به جنس بدنه وکف کانال (پوششداریاغیرپوششی) ومحل آبگیری کانال ازرودخانه ، نوع برخورد باته نشینی مواد معلق متفاوت خواهد بود. درمحلهائیکه مواد معلق رودخانه عمدتا " ازذرات درشت دانه تشکیل شده‌اند احداث حوضچه های ته نشینی درمحل آبگیری می تواند مقرون بصرفه وکارسازباشد لیکن درمناطقی که‌بخش عمده مواد معلق رودخانه راذرات ریزدانه تشکیل می دهند معمولا " احداث حوضچه رسوبگیرباراندمان مناسب بدلیل نیازبه سطح‌وسیع مقرون بصرفه نخواهد بود. ازطرفی معمولا " بخشی ازذرات ریزدانه

حساوی مواد کانی وغذایی هستند که حذف آنهامنطقی بنظر نمی‌رسد. درچنین مواردی اتخاذ تمهیداتی جهت جلوگیری ازرسوب مواد یادشده وانتقال آنها به اراضی تحت پوشش کانالها ارجح خواهد بود.

دربرخی ازمناطق مواد معلق واردشده به کانال راترکیب ذرات ریزدانه ونسبتا" درشت دانه وبعضا" درشت دانه تشکیل می‌دهد. چنین حالتی بخصوص درورودخانه هایی نظیرکارون که آبگیری ازآنها تقریبا" درتمام طول سال صورت می پذیردبچشم می خورد. دراین مناطق بدلیل تفاوت غلظت وقطر موادمعلق رودخانه درفصل های مختلف سال ، حداقل‌وحداکثرقطرذرات وارده به کانالهاتفاوت قابل توجهی خواهدداشت . باتوجه به اینکه چنین مناطقی معمولا" در حاشیه دشتهای کم شیب واقع شده اند تامین حداقل سرعتی که ازته نشینی مواد معلق درشت دانه کانالهای آبیاری جلوگیری نماید مستلزم تامین شیبهای کف بمراتب بیشتراز شیب طبیعی زمین خواهد بود. این امر علاوه برتحمیل هزینه های زیاد خاکریزی ، اولحاظ برخی ازمسائل فنی واجرایی نظیر مشکلات ناشی ازامکان واگرایی خاکها ویامشکلات اجرای خاکریزهای مرتفع نیزتصمیم گیری درمورداحداث شبکه های آبیاری رابااشکال مواجه می سازد . درچنین شرایطی حذف بخشی ازمواد معلق درشت دانه درابتدای کانال اصلی وانتقال مواد ریزترباقیمانده به اراضی تحت پوشش کانالها نتایج مطلوب رابدست خواهد داد.

درتمام مواردی که ذکرشد اتخاذ تصمیم صحیح درمرحله طراحی پروژه ، مستلزم داشتن اطلاعات صحیح ازقطروسرعت ته نشینی موادی است که امکان ته نشینی آنهادرکانالهاوجود دارد . این مسئله همانگونه که درادامه مطالب ارائه می‌شود باتوجه به شرایط مختلف‌پروژه‌ها، متفاوت خواهد بود.

دراین مقاله سعی شده ضمن بررسی برخی ازمهمترین روابط سرعتهای غیررسوبگذار درکانالهای آبیاری ، براساس نتایج یکی ازآخرین تحقیقاتی که دراین زمینه صورت پذیرفته

روشی جهت برآورد حداقل سرعت غیررسوبگذاردرکانالهای پوششدارارائه شود تا بعنوان معیاری درمرحله طراحی کانالهاوشبکه های آبیاری مورد استفاده قرارگیرد. تاکید مقاله برآبگیری کانال ازرودخانه هایی است که آمارغلظت مواد معلق آنهادردسترس ویاقابل تخمین است .

۱ ـ تئوری رژیم وروابط مبتنی برآن :

تئوری رژیم نخستین باردرسال ۱۸۹۵ میلادی پس ازانجام یکسری تحقیقات تجربی در هندوستان توسط کندی [۱] ولیندلی [۲] ارائه شد. براساس این تئوری حالت رژیم به خصوصیات کانالی اطلاق می شودکه درآن فرسایش جداره ورسوبگذاری درکف وجودنداشته باشد.

کندی ولیندلی تحقیقات زیادی برای بدست آوردن رابطه ای بین سرعت وعمق آب درکانالهائیکه به حالت رژیم رسیده‌اند، انجام دادند. این تحقیقات درتعداد زیادی ازشبکه های آبیاری احداث شده درهندوستان ادامه یافت ومنجربه استخراج فرمولهایی شدکه مجموعا" بصورت رابطه ای نمایی بین عمق وسرعت آب درکانال ارائه شده‌اند. حالت عمومی این فرمولهابصورت $V=Ky^n$ است ودرآن V سرعت جریان برای حالت رژیم، y عمق آب درکانال و K و n ضرائب ثابت اند.

براساس نتایج حاصل ازمطالعات انجام شده ، فرمول کندی درسیستم اندازه گیری متریک بصورت کلی زیرجهت سایرکانالهاارائه شد :

$$V = 0/546\ my^{0/64} \qquad (1)$$

دراین فرمول m ضریبی است که براساس جنس بدنه وکف کانال ازجدول شماره ۱ تعیین می شود.

1- Kennedy

2- E.S.Lindley

پس ازکندی ولیندلی ، لی سی [1] ، کینگ [2] ، انگلیس [3] ، بلنچ [4] ، پسلوسکی [5] ، وکانتی [6] ازجمله محققان معروفی هستند که درزمینه یافتن سرعت بحرانی غیررسوبگذار وغیرفرساینده درکانالهای آبیاری مطالعاتی انجام داده وروابطی ارائه نموده‌اند . همچنین دفترفنی اداره عمران اراضی آمریکا (USBR) نیزبراساس مطالعات کندی رابطه ای برای تخمین حداقل سرعت مجازدرکانالهای آبیاری پیشنهاد نمود .

علاوه برمطالعاتی که برمبنای تئوری رژیم انجام شده ، زامارین [7] ، گیرشکان [8] ، لوی [9] و پاولوسکی [10] نیزمطالعاتی برای بدست آوردن حداقل سرعت غیررسوبگذار انجام دادند وروابطی ارائه نمودند که درآنها عمدتا " غیررسوبگذاربودن کانال موردنظر قرارگرفته‌است . دراین روابط علاوه برخصوصیات هیدرولیکی جریان ، غلظت موادمعلق ، قطر ذرات ته نشین‌شونده وضریب زبری بستر کانال (n) نیزدربرآورد سرعت غیررسوبگذار مورداستفاده قرارگرفته‌است . تعدادی‌ازروابط عنوان شده دراین بخش ذیلا " ارائه ومعرفی شده اند .

الف : فرمول لی سی - این فرمول درسیستم اندازه گیری فوت - پاوند - ثانیه بصورت زیراست :

$$V = 11/51 (F.R)^{1/2} \qquad (2)$$

که درآن R شعاع هیدرولیکی کانال و F ضریبی بنام فاکتورلای است که ازرابطه زیر بدست می آید :

$$F = 1/8 (D_{50})^{1/2} \qquad (3)$$

دررابطه فوق D_{50} اندازه قطرذراتی ازبستر کانال است که روی منحنی دانه بندی ، قطر ۵۰ درصد ذرات مساوی یاکمترازآن است . برخی ازمقادیرتجربی F براساس اندازه موادبستر

1- Lacy 2- King 3- Inglis 4- Blanch 5-Poslawski

6-Canty 7- Zamarin 8- Gishkan 9-I.I.Levy 10-Povlawski

درجـــدول شماره ۲ ارائـه شده است .

مهمترین تفاوت فرمـــول لی سی درمقایســـه بافرمول کنـــدی استفاده ازشعاع هیدرولیکـــی بجـای عمق آب درآن است . به این ترتیـــب لـی ســـی تعداد بیشتری ازعوامـل موثر درته نشینـــی مواد معلق رادرفرمـول خوددخالـت داده است .

ب : فرمول USBR - درسیستم اندازه‌گیری فـوت - پاونـد - ثانیـه بصـــورت زیـــــر است :

$$V=C.y^{0/64} \qquad (۴)$$

این فرمول پـس ازیکـــری تحقیقات تجربـی درزمینهٔ ارزیابـی فرمول کنـدی توصیه شـــده ودرواقع همان فرمـول کنـدی است که تغیـــرات مختصـــری درضریب m آن بوجودآمـده اســـت . این رابطه درسیستم انگلیســی مورداستفاده قرارمی‌گیـــردودرآن C ضریبی است که براساس جنـس بستـرکانال ازجـدول شمـاره ۳ بدست می‌آیـد .

رابطـه دیگـری نیزتوسـط USBR برای آبهـای صاف ویاحـاوی مواد معلق کم ارائـــــه شـده است .

ج : فرمول زاماریـــن - درسیستم اندازه گیـری متریك ایـن فرمـول بصـورت زیـراســت :

$$P = 0.022\left(\frac{V}{W}\right)^{2/3}(R.S)^{1/2} \qquad (۵)$$

نمادهای بکارگرفتـه شده درفرمول فـوق عبارتنـد از :

P - دبی مواد حمل شـده برحسب kg/m^3

W - سرعت متوسط ته نشینی ذرات برحسب m/sec

V - سرعت جریان برحسب m/sec

R - شعاع هیـدرولیکی برحسب m

S - شیب کف کانال

فرمول زاماریـن برای سرعتهـــای متوســـط ته نشینـــی ذرات در محـــــــــــدوده $0/002 < W < 0/008$ m/sec ارائه شـده است . وسـی بـــــرای سـرعـــت درمحـــدوده $W < 0/002$ m/sec رابطه دیگری ارائه کرده اسـت .

تفاوت عمده فرمول زامارین بافرمولهای قبـل دخالت غلظـت مواد معلق ، سرعت سقـــوط ذرات وشیـب طولی کف کانال درتعییـــن حداقل سرعت مجـازغیررسوبگـذاراست .

د : فرمول گیـــرشگـــان - درسیستم اندازه گیـری متریك بصـورت زیرارائـــه شـده اسـت :

$$V = A.Q^{0/2} \qquad (6)$$

دراین رابطه سرعـــت بحرانی بصورت تابعـی نمایـی ازدبی جریان درنظرگرفتـه شده است . دررابطه فوق V حداقـل سرعت مجازبرحسب m/sec ، Q دبی جریان برحســـــــــب m^3 و A ضریبـــــــی است که براساس سرعت ته نشینی ذرات (W) ازروابط زیربدســـــت می آیـد :

$W < 1/5$ mm/sec $A = 0/33$

$1/5 < W < 3/5$ mm/sec $A = 0/44$

$W > 3/5$ mm/sec $A = 0/55$

هـ : فرمـول لـــوی - درسیستم اندازه گیـــری متریك بصـورت زیراست :

$$V = 0/01 \frac{W}{\sqrt{dave}} \cdot \sqrt{R} \left(\frac{0/0225}{n} \right) \qquad (7)$$

دررابطه فوق dave قطرمتوسط ذرات معلق برحسب میلیمتر و W سرعت ته نشینـــــــی - dave برحسب میلیمتربرثانیه اســت .

و : فرمول پاولوسکـی - درسیستم متریك بصورت زیراست :

$$V = 0/25 (n^{1/2}) - 0/75 R^{1/2} (n^{1/4} - 0/1) \qquad (8)$$

درایـــــن رابطـه n ضریب زبـری مانینگ است .

علاوه برموارد عنـوان شـده وروابط متفـاوت دیگـری کـه درکشـورهای مختلـف بـرای حداقـل سرعت مجاز ارائه شـده ارقامی نیـزبعنوان مقادیـرتجربی حداقـل سرعت مجازارائـه گردیده که معمولا " درطراحـی برخـی ازشبکه های آبیـاری مورداستفـاده واقع شده‌اند . بعنـوان نمونـه USBR حداقـل سرعت مجازرامعادل ۰/۳ متـربرثانیه پیشنهـادکرده اسـت . (۱) استانـدارد صنعت آب ایران نیـزاستفاده ازچنیـن سرعتی رابعنوان اضطرار دراراضی کم شیـب توصیه می‌نماید (۲). " چـاو " (۳) نیزبرای حالتـی که مقدار مـوادمعلق واردشـده به کانال زیـاد نباشـد حداقـل سرعت مجـازرابین ۰/۶ تا ۰/۹ متـربرثانیه توصیه می نماید . (۴) همچنیـن دربرخـی کشـورهامقادیـری بعنوان حداقـل سرعتهای مجازمتـداول مورد استفـاده قرارمی‌گیـرد . این مقادیـردرجـدول شماره ۴ ارائه شده است .

علیرغـم آنکه تعدادی ازفرمولهـای ارائه شـده دراین بخش برای کانالهای غیرپوششـی ارائه شـده ، مشاهـده می‌شودکه عملا " درطرح کانالهـای پوششـدارنیزازاین روابط وبااعداد بـرای تعیین حداقـل سرعت مجـازاستفاده شده است .

استـدلال استفاده ازفرمولهای مبتنی برتئوری رژیم درکانالهـای پوششـداربه این صـورت است کـه ضریب ثابت دراین فرمولهابرمبنای تامین سرعتی ارائـه شده است که درعین جلوگیری ازرسوبگـذاری ازکنده شدن ذرات بسترکانالهای غیرپوششی نیزجلوگیری می کند . درکانالهـای پوششـدارچنانچـه ذراتی هم قطر باذرات بسترکانال غیرپوششی وارد کانال شونـد برای اینکه ایـن ذرات همواره بصورت کنده شده باقی بمانند سرعت آب بایـدازحداقل سرعت بدست آمـده ازایـن روابط بیشتـر باشد . همچنیـن چنانچـه تحت عوامل مختلف نظیـرکاهش موقت سرعت درکانـال

۱-منبع شمـاره ۸ صفحه ۳۰

۲- ضوابط ومعیارهای فنی شبکه های آبیاری وزهکشی ، هیدرولیک کانالها-نشریه شماره ۱۰۴ وزارت برنامه و بودجه

3- Vente Chow

۴-بیرامی - سیستم های انتقال آب ، دانشگاه صنعتی اصفهان ، صفحه ۲۰

ذرات یادشده درمحیط خیس شده کانال ته نشین شدند ، تامین مجدد حداقل سرعت لازم ، ذرات فوق رابصورت معلق درآورده وهمراه جریان منتقل خواهد کرد .

عموما " ازسرعتهای بین ۰/۳ تا ۰/۷ متربرثانیه بعنوان سرعت غیررسوبگذار برای طرح شبکه های آبیاری دربرخی ازنقاط جهان ازجمله ایران استفاده می شود . نگارندگان دربررسیهای خود چندین مورد به استفاده ازچنین سرعتهایی بخصوص درطرح شبکه های آبیاری منطقه خوزستان برخوردنموده‌اند .

۲ ـ مطالعات انجام شده درزمینه ته نشینی ذرات درکانالهای پوشش‌دار :

درسه دهه گذشته تحقیق درزمینه ته نشینی موادمعلق درکانالهای پوشش‌دارتوسعه چشمگیری یافته است .

همانطورکه قبلا " گفته شد نتایج تجربی مبنای روابط سرعت غیررسوبگذار مبتنی بر تئوری رژیم میباشد . غلیرغم آنکه کاربرد این تئوری درطرح وبررسی بسیاری ازمسائل ته نشینی مواد معلق درکانالهاموفقیت آمیزبوده است ، استفاده ازآنهادرکانالهائیکه شباهت قابل ملا حظه ای باشرایط کانالهای مورد آزمایش ندارند نتایج رضایتبخشی بدست نمی دهدولذا لازم است ضرایب عددی هرفرمول برای شرایط خاص بررسی ومحاسبه شوند .

مطالعات انجام شده درزمینه ته نشینی مواد معلق درکانالهای پوشش‌دارباستفاده ازمدلهای هیدرولیکی وقوانین تشابه درآزمایشگاه می باشد . این روابط درمحدوده‌ای که مورد آزمایش قرارگرفته اند بااطمینان بیشتری می توانند مورداستفاده قرارگیرند .

همانندیک کانال طبیعی ، درکانالهای پوشش‌دارنیزموادمی توانندبصورت بارمعلق[1] وبارکف[2] منتقل شوند .

الف ـ انتقال بارمعلق درکانالهای پوشش‌دار :

حدود دودهه پیش تئوری حدنهایی غلظت [3] درکانالهای پوششدار مطرح شد . براساس این تئوری هرکانال تحت شرایط مختلف دارای یک حدنهایی غلظت است بگونه‌ای که در

1- Suspended Load　　2- Bed Load

3- Limiting Concentration

اثرافزایش غلظت مواد معلق بیش ازاین مقدار، بخشی ازمواد معلق جریان ته‌نشین خواهد شد. بعبارت دیگرحدنهایی غلظت ، پتانسیل حمل موادِ معلق تحت شرایط مختلف رابیان می‌نماید.

پس ازشکل گیری تئوری حدنهایی غلظت ، نواک [1] ، نالوری [2] ، پولایا [3] آرورا [4] وتعدادی ازهمکارانشان ازجمله متخصصانی بودند که درزمینه ته نشینی بارمعلق درکانالهای پوششدارمطالعات متفاوتی انجام دادند.

مجموعه مطالعات انجام شده به ارائه حدنهایی غلظت (Cs) بصورت تابعی از پارامترهای بدون بعد منجرگردید.

$$Cs = F\left(\frac{q}{\sqrt{}} , \frac{S}{\Delta S_s / S_f} , F_b , \frac{Wod}{\sqrt{}} , \frac{D^*}{y_o} \right) \qquad (9)$$

نمادهای بکاررفته دررابطه فوق عبارتند از :

Cs - غلظت نهایی مواد معلق

q- دبی واحد عرض سطح آب

S_s - سنگینی نسبی مواد معلق

F_b - ضریب اصطکاك بسترکانال

d - قطرذره رسوب کننده

y_o - عمق متوسط جریان

$\sqrt{}$ - گرانروی سینماتیکی سیال

S - شیب طولی کف کانال

S_f - سنگینی نسبی سیال

Wo - سرعت سقوط ذره رسوب درآب خالص

D* - عمق هیدرولیکی

A - سطح مقطع جریان

1- Novak
2- Nalluri
3- Pullaiah
4- Arora

و

$$\Delta S_s = S_s - S_f$$

ازتحقیقات آزمایشگاهی متعددی که توسط آرورا وپولایادرخلال سالهای ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۵ صورت گرفت رابطه دقیقتری برای حدنهایی غلظت براساس پارامترهای بدون بعد حاصل شد. این رابطه بصورت زیراست :

$$Cs = F\left[q.S_c^{2/5} \cdot \frac{(\frac{D^*}{y})^2}{F_b^2 V} .(Wo - \frac{d}{V})^{-0/6} \right] \qquad (10)$$

دررابطه فوق S_c پارمترشیب نامگذاری شده وازرابطه زیربدست می آید.

$$S_c = \frac{S}{\frac{\Delta S_s}{S_f}}$$

وبافرض $S_f = 1$ داریم :

$$S_c = \frac{S}{S_s - 1}$$

نمودارنتایج حاصل ازآزمایشهای آروراباانضمام بهترین منحنی برازش داده شده ازمیان نقاط موجوددرشکل شماره ۱ ارائه شده است .

تابع ومنحنی ارائه شده توسط آرورا درکشورهندوستان برای کانالهای باپوشش آجری ومقاطع ذوزنقه ای وجامی شکل عملا" مورد ارزیابی قرارگرفته است . نتایج حاصل نشان میدهد که استفاده ازاین تابع برای محاسبه حدغلظت انتقال موادمعلق درکانالهای مختلف مناسب می باشد.

ب - انتقال بارکف درکانالهای پوشش دار :

برای بارکف نیزپارامتری بعنوان حدنهایی غلظت (C_B) تعریف شده‌است . این حد معادل میزان غلظت مواد بارکف درلحظه‌ای است که ذرات شروع به ته نشینی می کنند. درزمینه تعیین رابطه بین سرعت آب وحد غلظت بارکف نیزدرخلال سالهایی که ذکرشد مطالعات

متعـــددی صورت پذیرفته است . بخشی ازاین مطالعات توسط نواك ونالوری انجام شده اســـت . همچنیـــن آرورا ، مای [1] ، لاولس [2] و ایکر [3] آزمایشهای متعددی روی مقاطع مختلـــف بـــا غلظت مواد معلق متفاوت انجام دادند .

پائـــول [4] وساخوجا [4] درسال ۱۹۹۰ ضمـــن بررسی کلیه مطالعات انجام شده وتلفیق برخی ازنتایج بدست آمده ، حدنهایی غلظت مواد کف رادرقالب تابعی ازپارامترهای بـــدون بعد بصورت زیـــرارائه کردند :

$$C_B = F\left[\left(\frac{q}{v}\right).\left(\frac{S_c^{2/5}}{F}\right).\left(\frac{D^*}{y}\right)^2.\left(\frac{y}{d}\right)^{-2/43}\right] \qquad (11)$$

تابع فوق بااستفاده ازتعداد زیادی اطلاعـــات موجودونتایج آزمایشهای انجام شـــده مـــورد ارزیابـــی قرارگرفت ودرمجموع استفاده ازآن بـــرای کانالهای متفاوت مناسب تشخیص داده شد .

منحنی حاصل ازارتباط تابع فوق باحد غلظت بارکف برمبنای نتایج حاصل ازمطالعـــات انجام شـــده درشکل ۲ ارائه شده است .

۳ـ مطالعه مـــوردی :

همانگونـــه که ذکرشد علیرغم آنکه فرمولهای مبتنی برتئوری رژیم برای کانالهای غیرپوششی ارائه شده ، درطراحی کانالهای پوششـــدارنیزبصورت مستقیـــم ویاغیرمستقیـــم ازآنهـــااستفـــــاده میشود . این فرمولهـــاعموما " تحت شرایط مختلف سرعتهایی از ۰/۳ تا ۰/۷ متربرثانیه رابعنـــوان حداقل سرعت بحرانـــی ارائه می‌نمایند . شـــاید ارائه مقادیـــرتجربی بعنوان حداقل سرعت نیزباتوجـــه به این مقادیربوده باشـــد .

برای مقایســـه وارزیابی نتایج حاصل ازفرمولهای مبتنی برتئوری رژیم وتئوری حداقل سرعـــت غیررسوبگـــذاربـــافرمول ارائه شده توسط آرورا جهت کانالهای پوششـــدار، اطلاعات مربوط به کانـــــال

1- May 2- Laveless 3- Ackers 4- T.C.Paul

5- V.S.Sakhuja

اصلی یکی ازشبکه های دردست مطالعه‌وطراحی درمنطقه خوزستان (شبکه آبیاری وزهکشی شهید چمران) بعنوان مثال عملی مورد استفاده قرارگرفته است .

یاد آورمیشودکه تاکید مقاله بربرآورد مقدماتی حداقل سرعت غیررسوبگذاردرمرحله طراحی شبکه های آبیاری درمناطقی است که تخمین غلظت مواد واردشده به کانال امکان پذیر باشد . بدیهی است برای بررسی وارزیابی سرعتهای واقعی غیررسوبگذارلازم است در تعدادزیادی ازشبکه های آبیاری موجودطی چندین سال بصورت متناوب دبی واردشده به کانال بانضمام خصوصیات هیدرولیکی متناظردبی ، غلظت مواد معلق ورودی ، وویژگیهای مواد ته نشین شده آماربرداری شود ومورد تجزیه وتحلیل قرارگیرد .

- روش کار :

شبکه آبیاری وزهکشی شهید چمران ازجمله طراحهای عمرانی است که قراراست دربخشی ازاراضی جنوب اهوازبه وسعت تقریبی ۱۶۰۰۰ هکتاراجراشود . براساس طراحیهای انجام شده این شبکه جدودا " در ۸ کیلومتری جنوب اهواز ازرودخانه کارون آبگیری می نماید . درطرح مقدماتی شبکه خصوصیات هیدرولیکی کانال اصلی مشخص شده‌و دراین مقاله سرعت‌غیررسوبگذار جریان آب درفصلهای مختلف سال برای کانال اصلی بااستفاده ازروابط ارائه شده توسط کندی ، لی سی ، USBR ، زاماریین ، گیرشکان ، لوی وآرورا موردارزیابی قرارگرفته است .

آبگیری کانال ازرودخانه توسط احداث ایستگاه پمپاژ انجام خواهدگرفت . درمطالعات مقدماتی آبگیری مستقیم ایستگاه پمپاژ ازرودخانه موردنظراست ومی توان فرض کردبارمعلق واردشده به کانال معادل بارمعلق حمل شده توسط جریان رودخانه باشد . چنانچه درمطالعات تکمیلی ازحوضچه ته نشینی ویاکانال انحراف آب طولانی قبل ازحوضچه مکش ایستگاه پمپاژ استفاده شودلازم است تاثیرچنین حوضچه ته نشینی ویاکانال انحراف درته نشینی بخشی ازبارمعلق رودخانه مدنظرقرارگیرد .

جهت برآورد بارمعلق رودخانه ازروشهایی نظیرانیشتن - باربارو سا ، انگلوند توفالتی ،

وباسایـــرروشهای متداول می توان استفاده کـرد . نکتـــه حائزاهمیت این است که هرکـــدام ازاین روشهـــاپتانسیل حمل موادمعلق توسط رودخانـــه راارائه می نمایندوتحت شرایط خاصی جوابهای صحیح بدست میدهنـد ، لـذا انتخاب روش مناسب نیازبه بررسی وضعیت رودخانـــه درمقطع برداشت آب وتجارب کارشناسـی دارد .

بنظـرنگارندگـان برای رودخانه های واقـع دردشتهـای رسوبی که آماردرازمـدت بارمعلـق ودبی درآنهاموجـوداست استفاده ازروش دبی کلاسه (روش پیشنهـادی USBR) ارجحیت دارد . دراین روش دبـی متناظـررسوب براساس دبـی رودخانه وبااستفاده ازتجزیـه وتحلیل آماری ارقـام موجـودبرآوردمی گردد .

دراین مطالعه آماردرازمدت دبی ومواد معلق رودخانه کـارون درایستگاه اهـواز تهیه شده وبـا استفاده ازروش USBR دبی مواد معلق متناظربادبی آب رودخانه بدست آمده است . ایـــن روش برای تخمین دبیهای فصلـی مورداستفاده قرارگرفتـه ونتایج حاصل درجـدول شماره ۵ آورده شـــده است . دراین جـدول رابطه دبی متوسط رسوب درهرفصـل برحسب تن درروزبراسـاس دبی متوسـط فصلـی رودخانه برحسب مترمکعب برثانیـه عرضه شده وبرمبنای آن غلظت رسوب برحســب PPM برای دبیهـای بااحتمال وقوع ۵۰ درصـــدارائه گردیده است .

جهت تخمیـن قطرذرات معلق واردشـده به کانال ازمنحنـی دانه‌بندی موادمعلق رودخانـــه کارون درمحل آبگیری استفاده شـده (شکل شماره ۳) ، وبرای برآوردقطـرمتوسط مواد معلق منحنـی دانه بندی براســاس ضریـب یکنواختـی به چنـدکلاس تقسیـم گردیده وبااستفـاده از D ۵۰ مربوط به هرکـلاس ودرصـد هرکلاس متوسط وزنـی D ۵۰ محـاسبه‌شده است . مقدار D۵۰ متوسط محاسبه شده برای فصـل خشك حـدود ۱۲ میکـرون وبرای فصـل مرطوب حدود ۱۷ میکرون میباشد .

بعنـوان طرح مقدماتـی مشخصات کانال مورد نظـربصورت عرض کف ۴ متر، شیب طولـــی کف ۰/۰۰۰۱ ، شیـب بدنه ها ۱/۵:۱ (۱/۵ افقـی و ۱ عمودی) ، وضریب زبری مانینگ ۰/۰۱۶ = n

تعیین شده است . جدول شماره ۶ خصوصیات هیدرولیکی کانال رابازاء دبی متوسط آن درهرفصل ارائه می نماید .

جهت بررسی روشهای ارائه شده ، حداقل سرعت غیررسوبگذاربرای هرفصل محاسبه شده وباسرعت متوسط طراحی درآن فصل مقایسه گردیده‌است .

درروابطی که غلظت مواد معلق آب موردنیازبوده ، غلظت برمبنای دبیهای بااحتمال وقوع ۵۰ درصد مورداستفاده قرارگرفته‌است . همچنین دراستفاده ازفرمولهای مبتنی برتئوری رژیم ضرایب موردنیازبراساس آنچه عنوان شدبرای ذرات ریزدانه انتخاب شده‌است .

نتایج حاصل براساس روشهای مبتنی برتئوری رژیم وحداقل سرعت مجازدرجدول شماره ۷ ارائه شده است .

تخمین حداقل سرعت غیررسوبگذار بااستفاده ازمنحنی مبتنی برتئوری حدنهایی غلظت ازسایرروشهامشکلتراست وبایدبااستفاده ازآزمون وخطا انجام شود . لیکن برمبنای غلظت مواد معلق وارده به کانال (محورعمودی) وخصوصیات هیدرولیکی کانال طرح شده (محورافقی) براحتی می‌توان رسوبگذاربودن یانبودن کانال رابررسی کرد . براین اساس در استفاده ازاین روش وضعیت رسوبگذاری کانال درفصلهای مختلف بررسی شده‌است . همچنین حداقل سرعت های مبتنی بردبیهایی که تحت شرایط هیدرولیکی طرح شده ازرسوبگذاری جلوگیری می کنند تخمین زده شده‌است .

نتایج حاصل برمبنای تابع حدنهایی غلظت درجدول شماره ۸ ارائه شده است .

۴ ـ نتیجه گیری ::

سرعت متوسط آب درکانال برای تمام فصلهای سال بیش ازحداقل سرعتهای بدست آمده ازروابط مبتنی برتئوری رژیم وتئوری حداقل سرعت غیررسوبگذاراست . بعبارتی برمبنای روابط فوق جریان آب درکانال رسوبگذار نخواهد بود . درمیان روابط یادشده رابطه USBR مقادیر بیشتری رابعنوان سرعت غیررسوبگذارارائه کرده است . همچنین کمترین مقادیرازرابطه لوی بدست آمده است .

بعضا" بین حداقل سرعتهای بدست آمده ازاین روشهاوسرعت متوسط آب درکانال تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجوددارد . این تفاوت بخصوص برای روشهای سرعت غیررسوبگذارفاحش‌تر است . درچنین حالتهایی براساس تئوری های یادشده کانال کاملا" غیررسوبگذارخواهدبود .

محاسبات انجام شده براساس تابع آرورا نشان میدهدکه بجزدرفصل تابستان درسایر فصلهادرکانال ته نشینی وجوددارد . نکته قابل توجه این است که براساس تابع فوق درفصل زمستان جریان درکانال کاملا" رسوبگذاراست وبرای فصلهای پائیز وبهارعلیرغم سرعت نسبتا" زیاد آب وریزدانه بودن مواد معلق واردشده ، بعلت بالابودن غلظت مواد معلق وضعیت جریان درکانال رسوبگذار، لیکن به منحنی حدی نزدیکتراست ودرتابستان بعلت کاهش غلظت مواد معلق کانال کاملا" غیررسوبگذاراست . دراین روش حداقل سرعتهای موردنیازجهت جلوگیری ازرسوبگذاری درفصلهای پائیز ، زمستان ، بهار و تابستان به ترتیب حدود ۰/۸ ، ۳ ، ۱/۲ و ۵ متر برثانیه تخمین زده شده است .

نکته اخیربامکانیزم رسوبگذاری وته نشینی مواد معلق نیزمطابقت دارد . باکاهش غلظت مواد معلق پتانسیل حمل جریان آب افزایش می یابد . تحت چنین شرایطی این امکان برای جریان آب بوجودمی آیدکه ذرات دیگری رابه خود حمل نماید .

عموما " پس ازفصل زمستان چنین حالتی بوجود می آیدو بخشی ازمواد ته نشین شده در کف کانال مجددا " بصورت معلق درآمده وباجریان به پائین دست منتقل می شوند. این مواد عمدتا " درمحل سازه های آبگیروتنظیم کننده جریان ویاانتهای کانال اصلی مجددا " ته نشین خواهندشد. این امکان نیزوجوددارکه بخشی ازآنها درانشعابات کانال اصلی ته نشین شوند. بدیهی است بروزچنین حالتهایی موجب پراکندگی رسوب درمحدوده وسیعی ازشبکه خواهد شد ومشکلات مضاعفی رابدنبال خواهدداشت .

براساس آنچه نگارندگان دربرخی ازشبکه های آبیاری ایران بخصوص درجنوب کشور مشاهده کرده‌اندویااطلاعاتی که ازوضعیت کانالهای آبیاری دراکثرنقاط دنیانظیرهندوستان و پاکستان موجوداست ، دراغلب کانالهاته نشین شدن ذرات معلق ازمسائل ومشکلات مهم دوران بهره برداری ونگهداری بوده‌است .

معمولا " درطرح شبکه های آبیاری باتامین حداقل سرعتهایی بیش از ۰/۴ متردرثانیه کانالهاغیررسوبگذارفرض شده‌ومشکل ته نشینی مواد معلق درمرحله طراحی موردمورد توجه قرار نمی‌گیرد. پیشنهادنگارندگان این است که بااستفاده ازروشهای جدیدعنوان شده.تقریب‌بهتری ازحداقل سرعت غیررسوبگذاربدست آید. شایدتامین حداقل سرعتهای مبتنی براین روشها در شبکه های آبیاری (بخصوص دراراضی مسطح) امکان پذیرویااقتصادی نباشددرچنین حالتی باتمهیداتی نظیراستفاده ازحوضچه های ته نشینی چند منظوره ویابرآورد حجم رسوب واردشده به کانال وارائه برنامه لایروبی های دوره‌ای وتمرکزدادن مواد معلق ته نشین شده درمناطقی مشخص درمرحله طراحی پروژه ، می توان مشکلات دوران بهره‌برداری ونگهداری را به حداقل رساند .

درمجموع باتوجه به‌مطالعات بسیارکمی که درزمینه ارزیابی عملی ته نشینی مواد معلق درشبکه های آبیاری کشورصورت پذیرفته وعدم وجودمنابع مبتنی براین مطالعات ، نگارندگان برمبنای روشی که عنوان شداستفاده ازتابع حدنهایی غلظت راجهت برآوردوضعیت رسوبگذاری

کانالهای پوششدار درمرحله طراحی توصیه می‌نمایند. همچنین بااستفاده ازدبیهای ماهانه بجای دبی فصلی می‌توان تقریب بهتری ازوضعیت رسوبگذاری کانال بدست آورد.

نوع سیلت	مقدار m
ـ خاکهای شنی ریزدانه رودخانه های شمال هندوستان	۱/۰
ـ خاکهای شنی درشت دانه ترازمقدارفوق یاباقیمانده	
خاکهای سخت وسنگین	۱/۱
ـ خاکهای شنی ، لومی سیلتی	۱/۲
ـ خاکهای بابافت سیلتی درشت دانه یاباقیمانده	
خاکهای سخت وسنگین	۱/۳
ـ سیلت رودخانه ای	۰/۷

جدول شماره ۱ ـ ضریب m درفرمول گلد ی

مواد بستر	F
قلوه سنگ	۳۹
سنگریزه	۱۰
شن خیلی درشت	۵
شن درشت	۲/۵
شن ریز	۱
لای ورس	۰/۵

جدول شماره ۲ ـ ضریب F درفرمول لی سی

ضریب C	جنس بستر
۰/۸۴	خاکهای سبك بابافت شنی ریزدانه
۰/۹۲	خاکهای سبك بابافت شنی ودرشت دانه ترازمقدارفوق
۱/۰۱	خاکهای شنی ، لومی سیلتی
۱/۰۹	خاکهای بابافت سیلتی درشت دانه ویاباقیمانده خاکهای سخت وسنگین

جدول شماره ۳ ـ ضریب C درفرمول USBR

کشـــــــــور	حداقل سرعت مجاز m/sec	
	کانالهای بدون پوشش	کانالهای پوشش شده
استرالیـا (ویکتوریا)	۰/۳ تا ۰/۴۶	–
بلغـارستـــان	–	۰/۳ تا ۰/۵
فرانســـــه	۰/۶	۰/۷۵
هنـــد (آنـدراپرادش)	۰/۶۱	–
اسپانیـــا	۰/۶	–
یونـــــان	۰/۳	۰/۲
چکسلواکـــــی	–	۰/۳ تا ۰/۶
روسیـــه شـــوروی	۰/۳	–
رودزیـــا	۰/۳	–
آمریکـــا	۰/۳	۰/۳

جدول (۴) ـ حداقل سرعت مجازمورداستفاده دربرخـی کشورهای دنیـا *

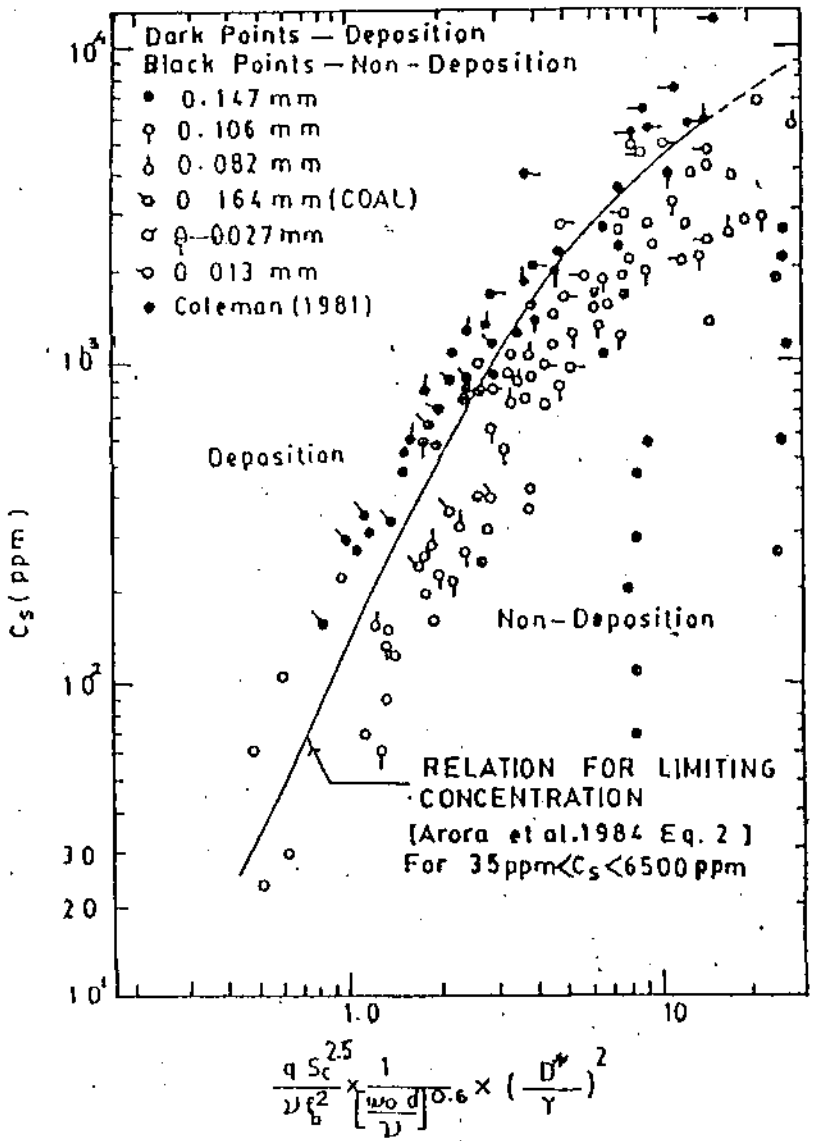
* ـ ارقام جدول برمبنای اطلاعات ارائه شده درکتاب (طراحی کانالهای آبیاری درجهان) ترجمه دکتر حسین فرداد تنظیم شده است

فصل		بهار			تابستان			پائیز			زمستان		
معادله فصلی رسوب *		$Q_s=0.092\ Qw^{1.929}$			$Q_s=0.332Qw^{1.649}$			$Q_s=0.014\ Qw^{2.393}$			$Q_s=0.088\ Qw^{2.108}$		
ماه		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
احتمال وقوع ۵۰٪	دبی ماهیانه m^3/sec	۸۴۱	۹۱۳	۶۴۰	۵۰۱	۴۳۸	۴۲۸	۳۹۰	۴۳۷	۵۱۸	۶۳۳	۶۹۳	۶۵۰
	دبی متوسط فصلی m^3/sec	۷۹۸			۴۵۶			۴۴۹			۶۵۹		
	غلظت رسوب PPM **	۵۲۸			۲۰۴			۸۰۲			۱۳۵۳		

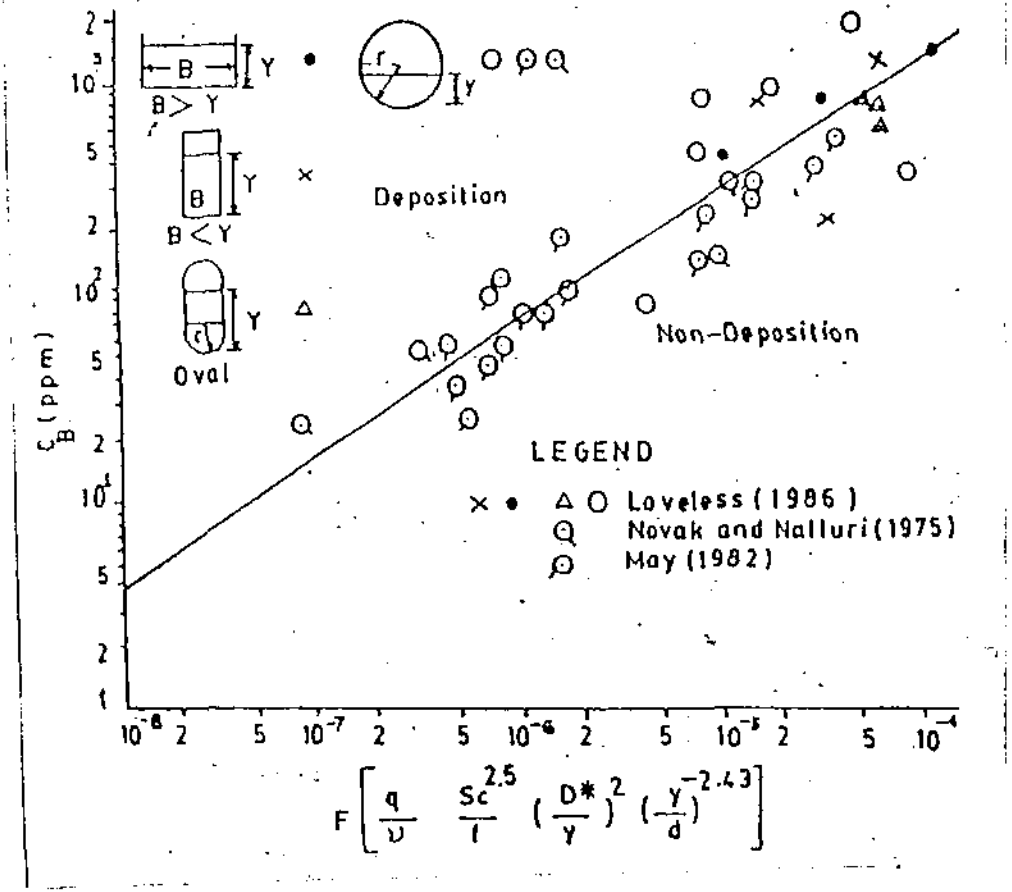
جدول شماره ۵ ـ محاسبات غلظت فصلی بارمعلق درایستگاه اهواز

فصل	Q m^3/sec	y_o (m)	A m^2	P m	R m	V m/sec	T m	q $m^3/sec/m$	D*
پائیز	۷/۵	۱/۷۱	۱۱/۲۶	۱۰/۱	۱/۱	۰/۶۷	۹/۱۳	۰/۸۲	۱/۲۳
زمستان	۵	۱/۳۸	۸/۳۷	۸/۹۷	۰/۹۳	۰/۶	۸/۱۴	۰/۶۱	۱/۰۲
بهار	۱۱	۲	۱۴	۱۱/۲	۱/۲۵	۰/۷۴	۱۰	۱/۱	۱/۴
تابستان	۱۱/۷	۲/۱۵	۱۵/۵	۱۱/۷۵	۱/۳۲	۰/۷۵	۱۰/۴۵	۱/۱۲	۱/۴۹

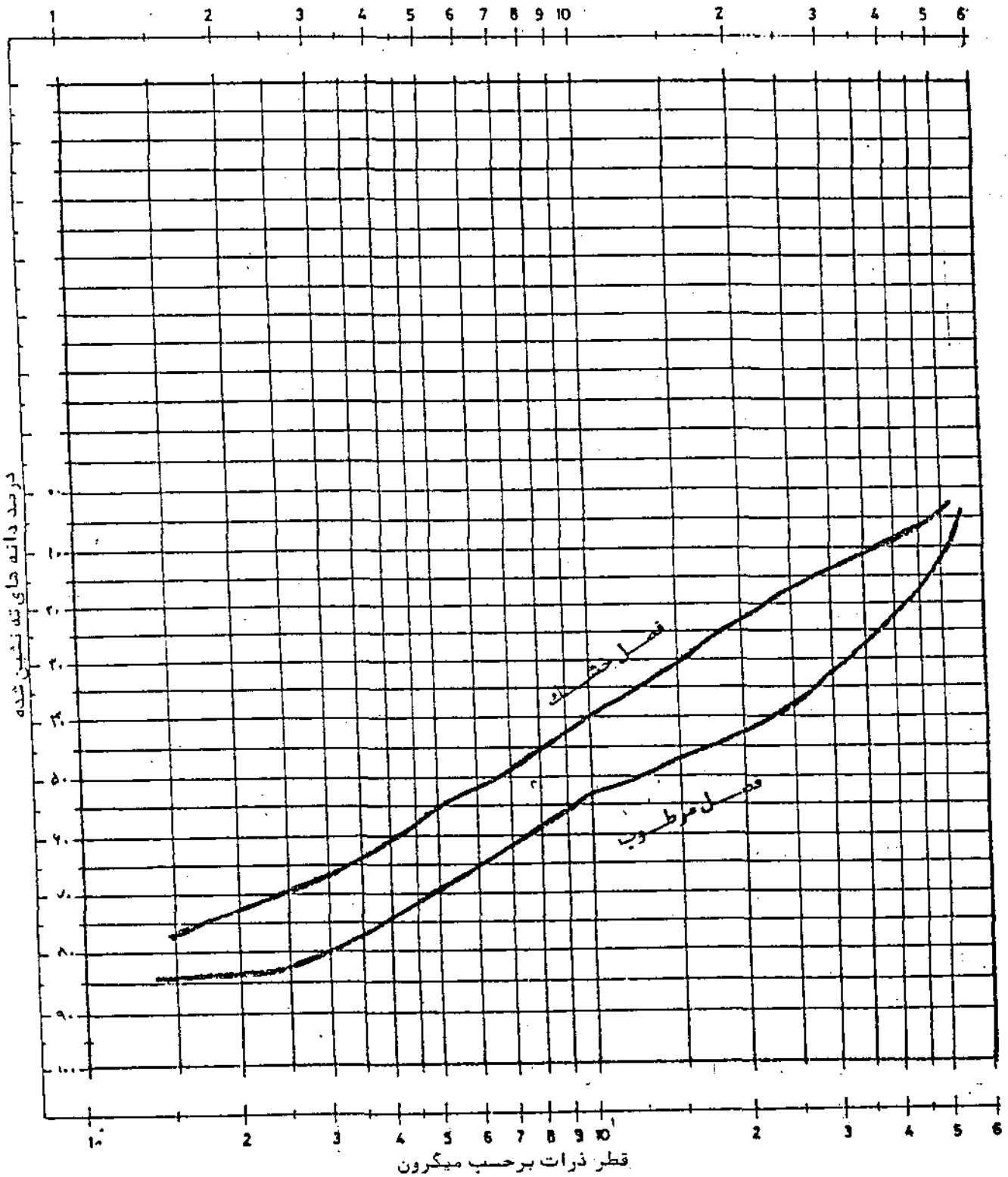
جدول شماره ۶ـ برخی ازخصوصیات هیدرولیکی کانال درفصلهای مختلف



شکل شماره ۱ ـ حدغلظت ته نشینی بارمعلق



شکل شماره ۲ ـ حد غلظت ته نشینی بارکف



شکل شماره ۳ : منحنی دانه بندی مواد معلق رودخانه کارون در ایستگاه اهواز برای دوفصل خشک ومرطوب ه

وضعیت رسوبگذاری کانال	سرعت غیررسوبگذار در روشهای مختلف							m/sec		سرعت متوسط طراحی m/sec	فصل
	پاولوسکی	زاماریس	لوی	گیرشکان	لی‌سی	USBR	کندی				
برای تمام روشهای غیررسوبگذار	۰/۲۹	۰/۲	۰/۰۵۵	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۵۳			۰/۶۷	پائیز
" "	۰/۳	۰/۳۸	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۵	۰/۴۷			۰/۶	زمستان
" "	۰/۲۹	۰/۲	۰/۰۶	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۶			۰/۷۴	بهار
" "	۰/۲۹	۰/۰۷۵	۰/۰۵۸	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۶۴			۰/۷۵	تابستان

جدول شماره ۷ ـ نتایج محاسبه حداقل سرعت براساس روشهای مبتنی برتئوری رژیم وحداقل سرعت مجاز

وضعیت رسوبگذارکانال	غلظت مواد معلق PPM	تابع * غلظت	فصل
رسوبگذار	۸۰۲	۱/۷۷	پائیز
"	۱۳۵۳	۰/۶۳	زمستان
"	۵۲۸	۱/۳	بهار
غیررسوبگذار	۲۰۴	۲/۷	تابستان

* محورافقی منحنی آرورا

جدول شماره ۸ ـ نتایج حاصل ازبررسی تابع حد نهایی غلظت

مـــــراجـــع :

۱ـ حسین ارفع ، مهندسی رودخانه وحمل موادرسوبی ، انتشارات موسسه آب شناسی ایران، شماره ۶۰ ، ۱۳۵۰ ـ تهران ، فصل ششم ۰

۲ـ محمود شفاعی بجستان ، هیدرولیك رسوب ، انتشارات دانشگاه شهید چمران ، ۱۳۷۰ـ اهواز فصل ششم ۰

۳ـ مسعود کلیشادی ، بدست آوردن معیارصحیح برای ته نشینی رسوبات حمل شده‌درکانالها، نشریه آب ، انتشارات وزارت نیرو ، شماره ۸ ، اسفند ۱۳۶۷ ـ تهران ۰

۴ـ سازمان آب وبرق خوزستان ، گزارش مطالعات هواشناسی وهیدرولوژی پروژه شهیدچمران، سال ۱۳۷۰ ۰

5- T.C.Paul & V.S.Sakuja , Why Sediment Deposit in Lined Channels , Journal of Irrigation and Drainage Eng.Vol 116, NO5 , Sep/oct 1990.

6- M.M. Grishin, Hydraulic-Structures , Mir Pub

7- R.S.Varshney & S.G.Gupta , Theory and Design of Irrigation Structures . India , Fifth Edition , 1983 , Volume 1 , Chp 7.

8- USBR , Design Standard NO3 /. , Canal and Related Structures. Chp 1.