



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی

جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://ejang.gau.ac.ir>

## معرفی نرم‌افزار آموزشی محاسبه نیمرخ سطح آب در کانال‌های روباز

\*عبدالرضا بهره‌مند<sup>۱</sup> و پروانه حاتمی گل‌مکانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی جهت کاهش خسارات وارده به مناطق مسکونی، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌ها در اطراف رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است بنابراین تعیین تراز سطح آب و محاسبه پروفیل آن در بسیاری از طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌ها مانند احداث سازه‌های آبی، ساماندهی رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود یک نرم‌افزار یا مدل مناسب جهت محاسبات پروفیل سطح آب مورد نیاز بسیاری از پژوهش‌گران و دانشجویان است. از آنجایی‌که غالب نرم‌افزارهای موجود در این زمینه تجاری بوده و کاربرد آن‌ها دشوار است، هدف از این پژوهش تهیه یک نرم‌افزار آموزشی و کاربردی است که قادر به محاسبه و ترسیم پروفیل سطح آب جریان متغیر تدریجی برای کانال‌های روباز و رودخانه‌ها می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** از آنجا که نرم‌افزار موردنظر با هدف آموزشی و برای استفاده دانشجویان می‌باشد جهت برنامه‌نویسی مدل (مدل آموزشی تهیه پروفیل سطح آب رودخانه)، محیط نرم‌افزار اکسل انتخاب

---

\* مسئول مکاتبه: [abdolreza.bahremand@yahoo.com](mailto:abdolreza.bahremand@yahoo.com)

گردید چرا که دسترسی به آن آسان بوده و بیش تر دانشجویان به محیط آن آشنایی کامل دارند. در ادامه یک مثال کاربردی توسط نرم افزار حرفه ای HEC-RAS محاسبه شده و جهت ارزیابی این نرم افزار و مورد استفاده قرار گرفت.

**یافته ها:** در مقایسه نتایج این دو نرم افزار، معیار کارایی نش ساتکلیف در حدود ۰/۹۹۷ محاسبه شد که نشان دهنده دقت بسیار بالای نتایج و عملکرد مشابه این نرم افزار با نرم افزار حرفه ای HEC-RAS در تعیین تراز سطح آب می باشد.

**نتیجه گیری:** با توجه به دقت این نرم افزار در ترسیم پروفیل سطح آب، قابلیت دسترسی و کاربرد آسان این نرم افزار، امید است آموزش دانشجویان را تسهیل و برای حل تمرین های درسی به کار گرفته شود.

**واژه های کلیدی:** پروفیل سطح آب، جریان متغیر تدریجی، روش گام به گام استاندارد، فرمول هندرسون، نرم افزار اکسل

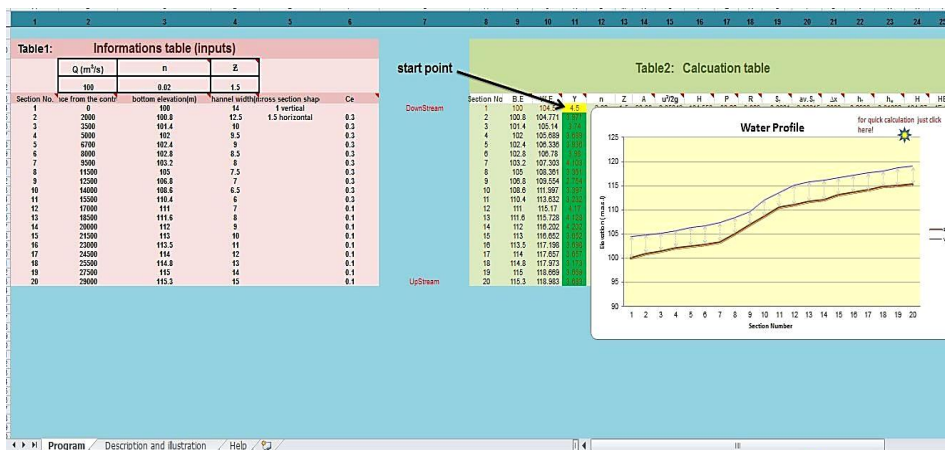
## مقدمه

پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی جهت کاهش خسارات وارده به مناطق شهری، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌ها در اطراف رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین تعیین تراز سطح آب و محاسبه پروفیل آن در بسیاری از طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌ها مانند احداث سازه‌های آبی و ساماندهی رودخانه‌ها مانند حفاظت کناره‌ها و مهندسی رودخانه و پروژه‌های کاهش خسارات سیل مانند پهنه‌بندی سیل، احداث سدها، گورها، سیل‌بندها مورد نیاز است. تهیه یک نرم‌افزار یا مدل مناسب جهت محاسبات مورد نیاز، دغدغه بسیاری از پژوهش‌گران و دانشجویان است که با تأکید بر جنبه‌های آموزشی بتواند نیازهای آموزشی روش محاسبه را برای دانشجویان برآورده سازد. از مدل‌های هیدرولیکی معتبر و پرکاربرد در این زمینه HEC-RAS و MIKE11 می‌باشد. از آنجایی‌که این نرم‌افزارها غالباً در اجرای پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند تجاری بوده و جنبه آموزشی آن‌ها کم‌تر می‌باشد بنابراین هدف از این پژوهش طراحی و معرفی یک نرم‌افزار آموزشی و کاربردی است که قادر به محاسبه و ترسیم پروفیل سطح آب جریان متغیر تدریجی برای کانال‌های روباز و رودخانه‌ها می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ترسیم پروفیل سطح آب جریان‌های متغیر تدریجی روش‌های متعدد محاسباتی عددی و یا تحلیلی موجود می‌باشد. از جمله روش‌های محاسباتی عددی، روش گام به گام مستقیم و روش گام به گام استاندارد می‌باشد (۵). در این روش اساس کار، معادله بیلان انرژی بین دو مقطع از جریان است و همه افت‌های موضعی ناشی از جدایی جریان به نحو مناسبی در محاسبات منظور می‌شود (۱). در روش گام به گام استاندارد با توجه به نوع جریان، محاسبات از یکی از دو انتهای بازه در جریان فوق بحرانی از بالا دست و در جریان زیر بحرانی از پایین دست شروع می‌شود. روش به کار گرفته شده در برنامه‌نویسی این نرم‌افزار آموزشی نیز روش گام به گام استاندارد است. محاسبات مربوط به نیمرخ‌ها از پایین دست به بالادست صورت گرفته بنابراین مقطع یک، مقطع پایین دست و مقطع دو، مقطع بالادست می‌باشد. نرم‌افزار طراحی شده در این پژوهش جهت محاسبه عمق آب و ترسیم پروفیل سطح آب جریان‌های متغیر تدریجی در کانال‌های منشوری با مقاطع ساده ذوزنقه‌ای شکل طراحی شده است. نرم‌افزار ترسیم‌کننده پروفیل سطح آب با هدف آموزش دانشجویان در درس هیدرولیک کانال‌های

رو باز توسط مؤلف اول طراحی شده و مدت چند سال است که برای حل تمرین‌های کلاسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). این نرم‌افزار (شکل ۱) در سه شیت کلی طراحی شده است. به طوری که صفحه اصلی برنامه‌نویسی نرم‌افزار و گراف ترسیم‌کننده پروفیل سطح آب در شیت اول و دو شیت بعدی محتوی تصاویر و دستورالعمل فارسی و انگلیسی نرم‌افزار می‌باشد. این نرم‌افزار آموزشی با استفاده از معادله بیلان انرژی و برنامه‌نویسی آن برای دو مقطع مجاور در بالا دست و پایین دست، با لحاظ چندین فرض قادر به محاسبه و ترسیم پروفیل سطح آب در این مقطع کنترلی و سایر مقاطع خواهد بود. این نرم‌افزار معادله حاکم بر جریان متغیر تدریجی، رابطه ۱-۱۵ موجود در گزارش طرح تحقیقاتی مربوطه (۳) را به روش گام به گام استاندارد و با سعی و خطا توسط فرمول هندرسون حل نموده و عمق جریان را در فواصل مشخص ثابت، تعیین می‌نماید.



شکل ۱- نمای کلی نرم‌افزار ترسیم‌کننده پروفیل سطح آب (۳).

Figure 1. The software picture for calculating water surface profiles (3).

روش محاسبه پروفیل سطح آب رودخانه توسط نرم‌افزار مشروح در این پژوهش عیناً مشابه روشی است که در نرم‌افزار HEC-RAS به کار گرفته شده است با این تفاوت که تنها برای رودخانه‌هایی با مقاطع ساده و مسیر مستقیم قابل استفاده است (۲). از مزایای این نرم‌افزار تسهیل آموزش دانشجویان بوده و برای حل تمرین‌های درسی به کار گرفته می‌شود. جهت سهولت استفاده کاربران (دانشجویان) این نرم‌افزار نیز دستورالعمل انگلیسی و فارسی در نظر گرفته شده است. در ضمن دانشجویان

می‌توانند جهت کسب مهارت بیش‌تر در برنامه‌نویسی کامپیوتری، همین نرم‌افزار را برای مقاطع مرکب و مسیرهای نامنظم و منحنی توسعه دهند.

جهت آزمون نتایج نرم‌افزار طراحی‌شده، مثالی طراحی و حل شده است. در این مثال بازه یک رودخانه که مشخصات ۲۰ مقطع آن مشخص می‌باشد به کمک این نرم‌افزار حل شده و پروفیل سطح آب مشخص گردید. جهت بررسی صحت نتایج پروفیل سطح آب رسم‌شده توسط این نرم‌افزار، پروفیل رودخانه مورد مثال توسط مدل هیدرولیکی HEC-RAS نیز محاسبه و ترسیم گردید. مقایسه دو پروفیل اختلافی نشان نمی‌دهد و دو پروفیل با دقت زیادی منطبق می‌باشند. نتایج مقایسه و نمودار آن در گزارش طرح تحقیقاتی مرتبط با ساخت این نرم‌افزار آمده است (۳).

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبه پروفیل سطح آب توسط هر دو نرم‌افزار به‌صورت گرافیکی در شکل ۳ موجود در گزارش طرح تحقیقاتی مربوطه (۳) نمایش داده شده است. هم‌چنین ارزیابی پروفیل سطح ترسیم شده با نرم‌افزار طراحی شده با معیار کارایی نش‌سات‌کلیف در حدود ۰/۹۹۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده دقت بسیار بالای نتایج و عملکرد مشابه این نرم‌افزار با نرم‌افزار حرفه‌ای HEC-RAS در تعیین تراز سطح آب می‌باشد. دلیل این مقدار تفاوت جزئی در نتایج هر دو نرم‌افزار، پیش‌فرض روش محاسبه میانگین شیب اصطکاکی در نرم‌افزارهای مورد بحث معرفی شد به‌طوری‌که پیش‌فرض محاسبه میانگین شیب اصطکاکی در نرم‌افزار HEC-RAS روش میانگین وزنی مبتنی بر ضریب انتقال می‌باشد (۴) در حالی‌که در نرم‌افزار پژوهش جاری برای محاسبه شیب خط انرژی میانگین حسابی به‌کار گرفته شده است و همین عامل موجب عدم تطابق کامل نتایج این دو نرم‌افزار می‌باشد. لازم به ذکر است میزان این اختلاف بسیار ناچیز بوده و قابل صرف‌نظر کردن است.

### رهیافت ترویجی

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با اعتبار مؤلف اول انجام شده است. بنابراین نرم‌افزار آموزشی ترسیم‌کننده پروفیل سطح آب و متن کامل گزارش طرح تحقیقاتی که محتوی راهنمای کامل انگلیسی و فارسی نرم‌افزار و شرح مختصری در خصوص چگونگی برنامه‌نویسی این نرم‌افزار در محیط اکسل است از لینک زیر واقع در دانشگاه علوم کشاورزی گرگان قابل دسترسی می‌باشد. [http://dl.gau.ac.ir/page\\_news.aspx?id=1048](http://dl.gau.ac.ir/page_news.aspx?id=1048)

با توجه به موارد ذکر شده دانشجویان می‌توانند جهت کسب مهارت بیش‌تر در برنامه‌نویسی کامپیوتری، گزارش طرح را به همراه نرم‌افزار از لینک بالا دانلود نمایند. لازم به ذکر است که دانلود این نرم‌افزار با استفاده از لینک نام‌برده تنها در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان امکان‌پذیر می‌باشد.

این نرم‌افزار به‌گونه‌ای طراحی شده است که دانشجو می‌تواند مراحل کار را با جزئیات کامل دنبال کند و با توجه به این‌که این نرم‌افزار به‌صورت کدباز طراحی شده، دانشجو را قادر ساخته تا به مرور زمان این مدل را توسعه داده و تکمیل نماید.

در این نرم‌افزار جنبه آموزشی در اولویت بوده است به همین دلیل محاسبات پروفیل سطح آب در اکسل تنظیم و برنامه‌نویسی شده است چرا که دسترسی به آن آسان بوده و اکثر دانشجویان به محیط آن آشنایی کامل دارند. با توجه ویژگی‌های یادشده و از مزایای این نرم‌افزار است که آموزش دانشجویان را تسهیل و برای حل تمرین‌های درسی به‌کار گرفته شود.

در حال حاضر مقاطع رودخانه به‌صورت ذوزنقه‌ای ساده و مسیر بازه رودخانه مستقیم فرض شده است بنابراین جهت توسعه نرم‌افزار پیشنهاد می‌شود که با اندکی کار بیش‌تر جداول و مراحل محاسبه بازه به‌گونه‌ای تنظیم شود که مسیر منحنی با مقاطع مرکب نیز لحاظ گردد.

#### منابع

1. Abrishami, J., and Hosseini, M. 1998. Open Channel Hydraulics. Mashhad, Astan Qods Razavi, Imam Reza University. Press, 616p. (In Persian)
2. Bahreman, A. 2015. River engineering course notes. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 40p. (In Persian)
3. Bahreman, A., and Hatami Golmakani, P. 2015. Preparation of an educational software for calculating water surface profiles in rivers. Research report of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 59p. (In Persian)
4. Farahani, M. 2006. Application of GIS and HEC-RAS model to determine river bed and riparian area of river bed. Technical workshop on coexistence with floods. Amirkabir University of Technology, Pp: 214-230. (In Persian)
5. French, H R. 1985. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, Pp: 195-271.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 5 (2), 2016*  
<http://ejang.gau.ac.ir>

## **Introduction of the educational software for calculating water surface profiles in open channels**

**\*A.R. Bahremand<sup>1</sup> and P. Hatami Golmakani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 02/20/2016; Accepted: 09/04/2016

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Prediction of hydraulic behavior of rivers particularly determination of flow stages (water profile) during flood events is necessary for flood mitigation projects. Students usually start learning water profile calculation using simple examples of gradually varied flow in open channels. The objective of this study is to provide an educational computer program for water profile calculation in Excel.

**Materials and Methods:** The program meant to be simple and open source using Excel software abilities which is familiar to students. The excel program is equipped with a help and manual. One example was designed and solved by the excel program and the results were compared with the results of HEC-RAS professional program.

**Results:** The results show almost no difference. According to the Nash-Sutcliffe criterion the model efficiency is 0.997.

**Conclusion:** It can be concluded that the spread sheet program is an appropriate tool for educational purpose.

**Keywords:** Water surface profile, Gradually varied flow, Standard step by step method, Henderson formula, Excel software

---

\* Corresponding author: [abdolreza.bahremand@yahoo.com](mailto:abdolreza.bahremand@yahoo.com)

