

پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت همدان-بهار با مدل سری‌های زمانی

مرتضی سدهی**

علی‌رضا رحمانی*

(دریافت ۸۳/۱/۱۶ پذیرش ۸۳/۷/۱)

چکیده

دشت همدان-بهار، یکی از چهار دشت منطقه همدان است. وسعت گسترش سفره آبدار اصلی موجود در آب‌رفت‌های این دشت، حدود ۵۲۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این سفره، از طریق نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی، نفوذ از جریان‌های سطحی، آب برگشتی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت و همچنین ورودی‌های زیرزمینی تغذیه و از طریق برداشت از آب زیرزمینی برای مصارف مختلف و همچنین خروجی زیرزمینی تخلیه می‌گردد. روند کلی هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت، براساس اطلاعات سطح آب زیرزمینی در طی سال‌های گذشته نزولی و نشانگر بروز افت مداوم و کاهش ذخائر مخازن آب زیرزمینی می‌باشد. در این تحقیق، به منظور ارائه مدل آماری و سپس پیش‌بینی وضعیت سطح آب زیرزمینی دشت بهار از مدل‌های سری زمانی استفاده گردید. برای مدل‌سازی از اطلاعات سطح آب زیرزمینی در طی سال‌های ۸۱-۱۳۶۲ استفاده شد. سپس با استفاده از مدل $ARIMA(1,1,0)$ از داده‌های ارائه شده برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در ۲۰ سال آینده استفاده گردید. نتایج حاصله از مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل سری زمانی، نشان می‌دهد که در صورت ثابت ماندن الگوی مصرف و همچنین عدم تغییرات در روند تغذیه سفره در طی بیست سال آینده با کاهش حدود ۱۷/۵ متر نسبت به وضعیت فعلی سطح سفره مواجه خواهیم شد. بنابراین با توجه به محدودیت منابع و افت سطح ایستابی و همچنین حساسیت ویژه این دشت در تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر همدان و بهار و لزوم برداشت آب بیشتر در سال‌های آینده، تصمیم‌گیری برای مدیریت آب زیرزمینی در محدوده دشت الزامی است.

واژه‌های کلیدی: سری زمانی، پیش‌بینی، آب زیرزمینی، دشت بهار

Predication of Groundwater Level Changes in the Plain of Hamedan-Bahar Using Time Series Model

*Rahmani, A. (Ph.D) and Sadehi, M. (M.Sc.)
Hamedan University of Medical Sciences*

Abstract

Aquifer in alluvium of this plain is 520 km². The aquifer is recharged from direct infiltration of precipitation and surface runoff, return flow from agricultural, industrial and domestic uses and groundwater input and discharged through water abstraction for different consumptions and groundwater output. The groundwater level hydrograph of shows that the level and storage of water continuously decreased in the last years. In this research, times series model was used for forecasting groundwater level of plain in future. The groundwater levels in 1984-2003 were used as observed data. Then with time series model, the $ARIMA(1,1,0)$ model was fitted and of groundwater level for next 20 years were forecasted. The results of forecasting model show that in the next 20 years the groundwater level will decreases by 17.5m. So, with limitation of water resources, drawdown of groundwater level and increase of water consumption in future, groundwater management in Hamedan-Bahar plain is essential for sustainable use of groundwater resources.

* استادیار گروه بهداشت محیط - دانشگاه علوم پزشکی همدان

** عضو هیئت علمی گروه آمار و اپیدمیولوژی - دانشگاه علوم پزشکی همدان

وسعت کل حوزه آبریز این منطقه، ۹۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد [۲]. دشت همدان - بهار در طول دره وسیعی که از دو طرف به کوه‌های بلند و ارتفاعات الوند محصور است، با مساحت تقریبی ۹۳۰ کیلومتر مربع در حد فاصل ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا واقع شده و دارای کمترین وسعت در بین دشت‌های منطقه همدان می‌باشد [۳، ۴ و ۵]. در این دشت بخش‌های مرکزی از شهرستان همدان و بخش‌های لالجین، صالح‌آباد و مرکزی از شهرستان بهار قرار دارد. این دشت براساس دیاگرام اقلیمی آمبرژه، در اقلیم نیمه خشک سرد قرار گرفته و دارای آب و هوای سرد کوهستانی می‌باشد. میزان بارندگی سالیانه آن، در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ بین ۱۹۱ تا ۳۲۷ میلی‌متر بوده است [۶].

منابع آب دشت

الف - آب‌های سطحی

رودخانه‌های دشت، عموماً از برف و باران فصول مرطوب تغذیه شده و در تابستان خشک می‌شوند و یا به حداقل میزان آبدهی می‌رسند. عمده‌ترین رودخانه‌های حوزه آبریز دشت از ارتفاعات جنوبی (کوه‌های الوند) و غربی دشت سرچشمه گرفته و در قسمت‌های مرکزی دشت به هم می‌پیوندند و رودخانه اصلی حوزه به نام سیمینه رود را تشکیل می‌دهند و در جهت جنوبی - شمالی جریان یافته و از سمت شمال حوزه از تنگه کوشک آباد خارج می‌گردد.

براساس آمار دفتر مطالعات منابع آب اداره کل امور آب استان همدان، کل حجم رواناب‌های ورودی محدوده دشت، حدود ۱۶۴ و کل حجم آب خروجی ۸۱ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. مابه‌التفاوت ورودی و خروجی معادل ۸۳ میلیون مترمکعب در سطح دشت نفوذ می‌کند [۷، ۸ و ۹].

ب - آب‌های زیرزمینی

مخازن آب زیرزمینی این حوزه در رسوبات آبرفتی دوران چهارم که ماحصل فرسایش ارتفاعات حاشیه دشت هستند، تشکیل گردیده‌اند. وسعت آبرفت‌ها ۸۸۰ کیلومتر مربع و وسعت سفره آبدار اصلی موجود در آبرفت‌ها ۵۲۰ کیلومتر مربع می‌باشد. منبع عمده تغذیه سفره آب زیرزمینی پس از ریزش‌های جوی، آبراه‌های متعددی هستند که از دامنه الوند سرچشمه می‌گیرند و وارد محدوده دشت می‌شوند.

در طی دهه‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضای آب و کاهش سرانه منابع آب تجدید شونده، نگرانی‌های زیادی ایجاد شده و چگونگی استفاده از این منابع به شکل مطلوب، مؤثر و کارآمد برای تضمین توسعه پایدار، یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح در محافل بین‌المللی است.

ایران در منطقه نیمه خشک قرار دارد و متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم بارندگی جهان است. در دهه‌های اخیر، رشد جمعیت در کشور بالا است و این امر با توجه به محدود بودن میزان آب قابل استحصال، پتانسیل سرانه آب را به شدت تهدید می‌نماید. مقدار آب تجدید شونده سالیانه قابل دسترس برای هر نفر که حدود ۴۵ سال پیش به رقمی حدود ۶۲۰۳ مترمکعب در سال بالغ می‌گردید، اکنون به رقمی در حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در سال رسیده است. طبیعی است که این روند کاهش، با افزایش جمعیت ادامه خواهد یافت و در آینده‌ای نزدیک به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال خواهد رسید [۱].

شهر همدان به عنوان یکی از قطب‌های گردشگری ایران، با جمعیتی بالغ بر ۵۰۰ هزار نفر و با وسعتی حدود ۵۴ کیلومتر مربع در دشت همدان - بهار واقع شده است. بیشترین مقدار آب مصرفی از طریق چاه‌های حفر شده در سطح دشت تأمین می‌گردد. این دشت یکی از دشت‌هایی است که بروز افت در سطح آب زیرزمینی در آن مورد توجه است. حساسیت ویژه این دشت در تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر همدان و بهار و لزوم برداشت آب بیشتر در سال‌های آینده است. در این تحقیق، سعی شده است وضعیت کمی سفره آب زیرزمینی دشت همدان - بهار با توجه به اطلاعات موجود از ارتفاع پیزومتریک آن در طی دو دهه گذشته مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و با استفاده از مدل‌های آماری، نوسانات آن بررسی و با ارائه مدل، وضعیت احتمالی آن در آینده مورد پیش‌بینی قرار گرفته و راهکارهای اجرایی نیز ارائه گردد.

وضعیت جغرافیایی دشت همدان - بهار

منطقه همدان در قسمت شمالی استان واقع شده و از چهار دشت بهار، کیبودرآهنگ، رزن و قهاوند تشکیل شده است. مساحت کل این چهار دشت ۴۰۰۰ کیلومتر مربع بوده و

ج- بیلان منابع آب زیرزمینی

برای تعیین بیلان آب زیرزمینی دشت، توجه به دو عامل تغذیه و تخلیه ضروری است. عوامل تغذیه آب زیرزمینی شامل نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی، نفوذ از جریان‌های سطحی، نفوذ از جریان‌های زیرزمینی و آب‌های برگشتی از مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی می‌باشد. تخلیه آب زیرزمینی دشت، شامل برداشت برای مصارف مختلف و خروجی آب زیرزمینی می‌باشد. بیلان آب زیرزمینی دشت بهار-همدان در سال آبی ۷۸-۷۹ در جدول ۱ نشان داده شده است [۴].

این اطلاعات نشان می‌دهد که با توجه به کاهش ریزش‌های جوی در طی چند سال گذشته، حجم مخزن در سال آبی ۷۸-۷۹ حدود ۷۰ میلیون مترمکعب کاهش داشته است، که رقم بسیار نگران‌کننده‌ای است. در بررسی وضعیت کمی سفره آب زیرزمینی، میزان برداشت توسط چاه‌های موجود ملاک بوده و لازم است که

تعداد چاه‌ها و میزان برداشت از آن‌ها مورد توجه قرار گیرد. این اطلاعات در سه مقطع زمانی ۱۳۵۴، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۸ در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود در سال ۱۳۷۸ تعداد چاه‌های نیمه عمیق کاهش یافته است که با توجه به بررسی‌های انجام شده این مسئله به علت افت سطح سفره آب زیرزمینی و بروز خشک‌سالی در طی سال آبی فوق بوده است [۷].

با توجه به اطلاعات موجود، مجموع برداشت سالیانه آب از منابع زیرزمینی دشت برای مصارف مختلف حدود ۳۵۲ میلیون مترمکعب می‌باشد، که حدود ۳۲۰ میلیون مترمکعب آن توسط چاه‌ها، ۱۹ میلیون مترمکعب توسط قنات و ۱۳ میلیون مترمکعب آن نیز توسط چشمه‌ها تأمین می‌شود. این میزان برداشت در سه بخش کشاورزی، شرب و صنعت در سطح دشت به مصرف می‌رسد. میزان برداشت در هر یک از مصارف فوق در جدول ۳ به تفکیک آورده شده است.

جدول ۱- بیلان آب زیرزمینی دشت بهار-همدان در سال آبی ۱۳۷۹-۱۳۷۸ [۴]

تخلیه (میلیون مترمکعب)				تغذیه (میلیون مترمکعب)					
تغییرات حجم مخزن	جمع	جریان خروجی زیرزمینی	برداشت از سفره (چاه‌ها)	جمع	رودی زیرزمینی	آب برگشتی شرب و صنعت	آب برگشتی زراعی	نفوذ از جریان‌های سطحی	نفوذ مستقیم از بارندگی
-۷۰	۲۹۰/۳	۲/۳	۲۸۸	۲۲۰/۳۶	۴۰/۱۶	۳۶/۵	۷۴	۵۲	۱۷/۷

جدول ۲- تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق دشت همدان-بهار و حجم تخلیه در سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۸

سال	تعداد	تخلیه، میلیون مترمکعب
۱۳۵۴	۷۰۱	۱۰۱
۱۳۷۰	۲۲۸۰	۳۱۴
۱۳۷۸	۲۲۱۵	۳۲۰

جدول ۳- میزان برداشت آب زیرزمینی دشت همدان-بهار به تفکیک نوع مصارف [۵]

نوع مصرف	میلیون مترمکعب در سال	درصد مصرف
کشاورزی	۲۷۷/۶۷۲	۸۸/۲
شرب	۳۰/۵۰۶	۹/۷
صنعت	۶/۴۶۴	۰/۵
جمع	۳۱۴/۶۴۲	۱۰۰

با توجه به روند افزایش برداشت از آب زیرزمینی، افزایش جمعیت، استفاده بی‌رویه و غیراصولی از آب در بخش کشاورزی، کاهش ریزش‌های جوی و تغییر کاربری زمین و در نتیجه کاهش میزان نفوذپذیری زمین، دیده می‌شود که سطح آب زیرزمینی شروع به افت کرده و تغذیه سالیانه سفره به واسطه ریزش‌های جوی نیز نتوانسته است این مقدار افت را جبران نماید [۶].

در جدول ۴ متوسط سالیانه سطح پیزومتريک آب در بعضی از چاه‌های موجود در سطح دشت طی سال‌های ۱۳۶۲ لغایت ۱۳۸۲ آورده شده است. این اطلاعات نشان دهنده نوسانات و افت مستمر سطح آب زیرزمینی دشت در این محدوده زمانی می‌باشد.

براساس این اندازه‌گیری‌ها، در فاصله زمانی سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲ هیدروگراف معرف (واحد) آبخوان اصلی دشت توسط دفتر مطالعات منابع آب اداره کل امور آب استان همدان تهیه شده است (شکل ۱). روند کلی هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت نزولی و نشانگر بروز افت مداوم و کاهش

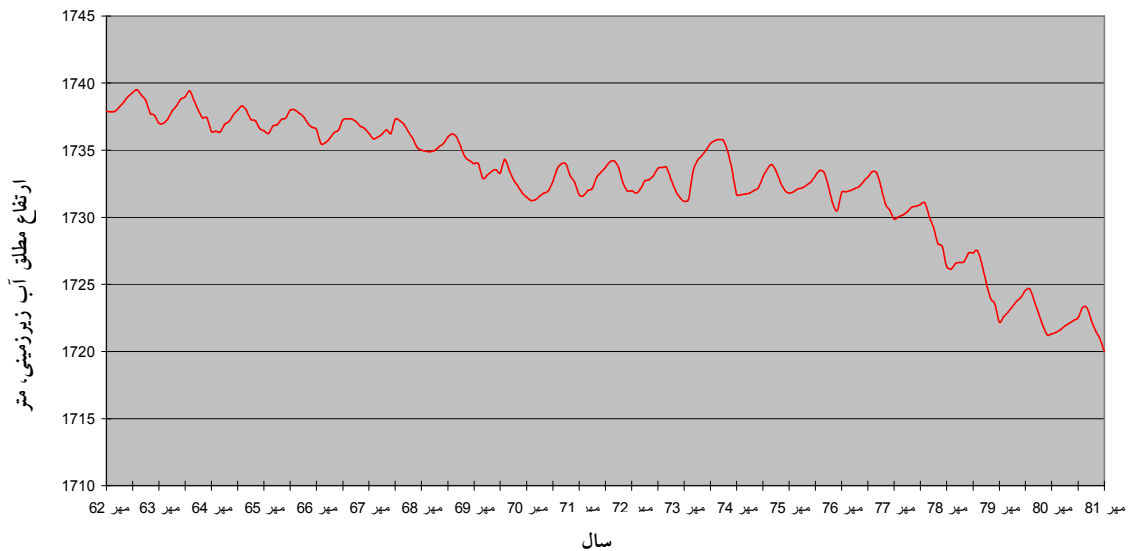
ذخائر مخازن آب زیرزمینی می‌باشد. میزان افت متوسط آبخوان بین سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۱ برابر ۱۷/۴۶ متر است. هم‌چنین با توجه به این شکل به وضوح مشخص است که روند سالانه ارتفاع سطح آب زیرزمینی دشت در شش‌ماهه اول سال به صورت نزولی و در شش‌ماهه دوم سال به صورت صعودی است. در این دوره زمانی، افت متوسط سالیانه برابر ۰/۹۳ متر می‌باشد که حاکی از تغییرات نگران‌کننده‌ای در کاهش ذخائر آب زیرزمینی منطقه است.

د- پیش‌بینی درازمدت سطح آب زیرزمینی

از آنجا که در برنامه‌های درازمدت، اطلاع از وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی و میزان آب در دسترس، یکی از موارد مهم و ضروری در توسعه پایدار به شمار می‌آید، داشتن اطلاعات موثق و علمی از وضعیت آینده منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در بسیاری از علوم از جمله هواشناسی، اقتصاد و کشاورزی به منظور کسب اطلاعات

جدول ۴- متوسط سالیانه ارتفاع سطح آب زیرزمینی دشت همدان- بهار در فواصل زمانی ۸۱-۱۳۶۲

سال آبی	متوسط ارتفاع، متر	سال آبی	متوسط ارتفاع، متر
۶۲-۶۳	۱۷۳۸/۴۵	۷۲-۷۳	۱۷۳۲/۶۵
۶۳-۶۴	۱۷۳۸/۰۲	۷۳-۷۴	۱۷۳۴/۲۳
۶۴-۶۵	۱۷۳۷/۱۹	۷۴-۷۵	۱۷۳۲/۴۸
۶۵-۶۶	۱۷۳۷/۱۷	۷۵-۷۶	۱۷۳۲/۲۳
۶۶-۶۷	۱۷۳۶/۵۶	۷۶-۷۷	۱۷۳۲/۲۰
۶۷-۶۸	۱۷۳۶/۳۲	۷۷-۷۸	۱۷۲۹/۹۳
۶۸-۶۹	۱۷۳۵/۲۲	۷۸-۷۹	۱۷۲۶/۱۶
۶۹-۷۰	۱۷۳۳/۲۶	۷۹-۸۰	۱۷۲۳/۱۵
۷۰-۷۱	۱۷۳۲/۴۵	۸۰-۸۱	۱۷۲۲/۰۰
۷۱-۷۲	۱۷۳۲/۴۸	مجموع افت سطح آب زیرزمینی ۱۶/۴۵ متر	



شکل ۱- هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت بهار در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۲

$$\nabla^b Z_t = \sum_{i=1}^a \phi_i \omega_{t-i} + a_t + \sum_{j=1}^c \psi_j a_{t-j} \quad (1)$$

در این رابطه، Z_t مقدار پدیده مورد نظر در زمان t بوده و مقادیر ϕ و ψ ضرایب محاسبه شده برای مدل هستند. مقدار a_t عضو t ام سری اغتشاش خالص مستقل است [۱۱].

در این بخش ابتدا مشاهدات با تفاضل‌گیری یا استفاده از مدل‌های فصلی ایستا شده و سپس با استفاده از شکل‌های ACF و PACF^۳، فرایند ARIMA شناسایی می‌گردد [۱۱].

برآورد ضرایب مدل: پس از شناخت مدل باید ضرایب متناسب با داده‌ها برای مدل محاسبه گردد. برای این منظور روش‌های زیادی از جمله روش یول-واکر^۵، روش دوربین-واتسون^۶، روش حداکثر درست‌نمایی^۷ و روش حداقل مربعات^۸ وجود دارد [۱۲].

تشخیص درستی مدل: پس از شناسایی مدل و برآورد ضرایب، بازرسی‌های تشخیصی در مورد مدل برازش داده شده به کار می‌رود. این روش‌های تشخیصی به گونه‌ای هستند که نسبت به ناهنجاری‌های احتمالی مدل حساس بوده و ما را در شناسایی صحت مدل کمک می‌کنند. از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش زیاد برازاندن، روش بررسی باقی‌مانده‌ها و روش آزمون نقص برازش اشاره کرد [۱۰].

معتبر از آینده یک فرایند خاص، از مدل‌های پیش‌بینی استفاده می‌شود. یکی از پیشرفته‌ترین ابزارهای مدل‌سازی برای پیش‌بینی، تحلیل سری‌های زمانی^۱ در آمار است که در این پژوهش برای مدل‌سازی و پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت، مورد استفاده قرار گرفته است.

تحلیل سری‌های زمانی معمولاً دو هدف را دنبال می‌کند: ۱- به مدل در آوردن مکانیسم تغییرات فرایند مورد نظر، در طول زمان

۲- پیش‌بینی مقادیر آینده فرایند، با استفاده از مدل ارائه شده و بر مبنای روند تغییرات آن در طول زمان به طور کلی برای برازش یک مدل سری زمانی بر مجموعه‌ای از مشاهدات، سه مرحله اساسی باید طی شود:

- شناخت مدل
- برآورد ضرایب مدل
- بررسی درستی مدل

شناخت مدل مناسب: در این مرحله، کار اصلی عبارت است از شناسایی زیر رده مناسبی از خانواده مدل‌های کلی که می‌توانند برای نمایش الگوی داده‌ها به کار گرفته شوند [۱۰]. مدل ARIMA(a,b,c)^۲ کلی‌ترین مدل سری زمانی است که با توجه به ماهیت داده‌ها و مدل شناسایی شده برای سری، مقادیر عددی a, b, c محاسبه و ارائه می‌گردد. شکل ریاضی این مدل با فرض $\omega_t = Z_t - Z_{t-1}$ به صورت رابطه (۱) می‌باشد [۱۰].

³ Auto Correlation Function
⁴ Partial Auto Correlation Function
⁵ Yule Wakker
⁶ Durbin Watson
⁷ Maximum Likelihood Method
⁸ Mean Squar Method

¹ Time Series Analysis
² Auto Regressive Integrated Moving Average

روش کار

سالانه سطح ایستابی دشت بهار برای ۲۰ سال آینده پیش‌بینی شد و نمودار آن ترسیم گردید (شکل ۲).

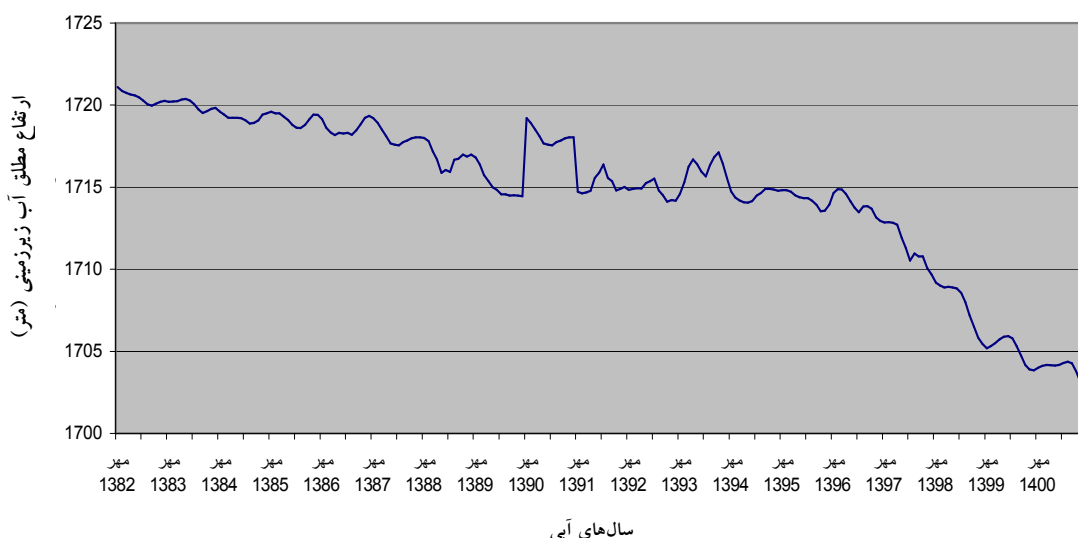
نتایج

پس از بررسی‌های نهایی صحت مدل، مدل $ARIMA(1,1,0)$ به داده‌ها برازش داده شد و این مدل مناسب‌ترین مدل آماری برای نشان دادن روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت بهار شناخته شد. نتایج نشان می‌دهد باقی‌مانده‌ها دارای توزیع نرمال بوده و در نتیجه مدل ارائه شده مناسب‌ترین مدل برای داده‌هاست. در جدول ۵ مقادیر محاسبه شده برای ضرایب مدل $ARIMA(1,1,0)$ آورده شده است. شکل ریاضی مدل به صورت رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$\omega_t = 0/0752321\omega_{t-1} - 0/08722593 \quad (2)$$

با استفاده از این مدل، متوسط ارتفاع سطح آب زیرزمینی در ۲۰ سال آینده پیش‌بینی گردید. مقادیر پیش‌بینی حاصل از مدل نشان می‌دهد، با فرض ادامه یافتن روند کنونی در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و هم‌چنین میزان مصرف ذخیره آبی این سفره‌ها، در ۲۰ سال آینده با کاهش حدود ۱۷/۵ متری در ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی دشت روبرو خواهیم بود (جدول ۶).

این پژوهش از نوع تحلیلی گذشته‌نگر است و در آن با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های گذشته سطح آب زیرزمینی دشت همدان - بهار، اقدام به مدل‌سازی برای روند تغییرات سطح آب در طول زمان شده و سپس با استفاده از مدل ارائه شده، سطح آب در ۲۰ سال آینده پیش‌بینی شده است. بدین منظور داده‌های ماهیانه سطح آب زیرزمینی دشت در طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۲ در نظر گرفته شد. سپس به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی سطح ایستابی، از تحلیل سری زمانی توسط نرم‌افزار آماری SPSS استفاده گردید. با توجه به نمودار اولیه داده‌ها (شکل ۱)، به وضوح مشخص است که داده‌ها دارای روند فصلی با دوره تناوب ۱۲ هستند. در اولین گام به منظور ایستاکردن داده‌ها ابتدا مدل فصلی بر روی داده‌ها اجرا شد و در مرحله بعد یک بار فرایند تفاضل‌گیری بر روی داده‌ها صورت گرفت [۱۱]. سپس با استفاده از شکل‌های ACF و PACF، مدل مناسب برای داده‌ها شناسایی گردید. برای برآورد ضرایب مدل از روش حداقل مربعات استفاده شد [۱۲]. در مرحله بعد برای تشخیص درستی الگو از نمودار P برای تست نرمال بودن باقی‌مانده‌ها استفاده شد [۱۱]. در نهایت با استفاده از مدل ارائه شده مقادیر ماهانه و متوسط



شکل ۲- هیدروگراف پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت بهار در سال‌های آبی ۱۳۸۲-۱۴۰۰

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده برای ضرایب مدل ARIMA(1,1,0)

P-value	مقدار T	انحراف معیار	B	-
۰/۰۰۰۰۰	۱۶/۹۵۶	۰/۰۴۴	۰/۰۷۵	ضریب
۰/۰۴۲۵	-۲/۰۳۶	۰/۰۴۳	-۰/۰۸۷	مقدار ثابت

جدول ۶- متوسط سالیانه ارتفاع سطح آب زیرزمینی پیش‌بینی شده دشت همدان- بهار در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۴۰۱

سال	متوسط ارتفاع پیش‌بینی شده (متر)	سال	متوسط ارتفاع پیش‌بینی شده (متر)
۱۳۸۲	۱۷۲۰/۴۵۵	۱۳۹۳	۱۷۱۵/۹۸۰
۱۳۸۳	۱۷۲۰/۰۵۱	۱۳۹۴	۱۷۱۴/۵۸۰
۱۳۸۴	۱۷۱۹/۲۵۶	۱۳۹۵	۱۷۱۴/۳۲۲
۱۳۸۵	۱۷۱۹/۱۵۲	۱۳۹۶	۱۷۱۴/۰۷۰
۱۳۸۶	۱۷۱۸/۶۰۳	۱۳۹۷	۱۷۱۱/۷۲۰
۱۳۸۷	۱۷۱۸/۲۱۲	۱۳۹۸	۱۷۰۸/۲۹۷
۱۳۸۸	۱۷۱۶/۹۰۲	۱۳۹۹	۱۷۰۵/۲۴۵
۱۳۸۹	۱۷۱۵/۳۰۸	۱۴۰۰	۱۷۰۴/۰۴۱
۱۳۹۰	۱۷۱۴/۵۴۰	۱۴۰۱	۱۷۰۳/۰۲۴
۱۳۹۱	۱۷۱۵/۱۹۳	افت سطح آب زیرزمینی ۱۷/۴۳ متر	
۱۳۹۲	۱۷۱۴/۸۴۶		

بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق یک مطالعه تحلیلی است که در آن با استفاده از اطلاعات گذشته، روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت همدان- بهار مورد بررسی قرار گرفت و ضمن به مدل در آوردن این تغییرات، سطح آب زیرزمینی در آینده پیش‌بینی شد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان به نکات زیر اشاره نمود:

۱- مقادیر P-Value مربوط به ضرایب مدل نشان می‌دهد که با سطح اطمینان ۹۶٪ مدل ارائه شده مناسب‌ترین مدل برای روند تغییرات سری است.

۲- از آنجا که مدل ارائه شده برای روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت یک مدل نزولی است، انتظار می‌رود در آینده نیز روند ادامه پیدا کرده و هم‌چنان با کاهش سطح آب زیرزمینی در دشت مواجه باشیم.

۳- با توجه به روند فصلی مدل ارائه شده و مشاهده نوسانات موجود در نمودار پیش‌بینی (شکل ۲) می‌توان چنین استنباط کرد که، مهم‌ترین منبع تغییرات سری، ناشی از نوسانات فصلی بوده که مهم‌ترین آن‌ها میزان بارندگی و

برداشت زیاد از منابع دشت است و هرگونه نوسان در این دو می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر روی روند سری در آینده داشته باشد. این تغییرات می‌تواند به صورت طبیعی و یا مداخلات انسانی صورت پذیرد. بنابراین با انجام تمهیداتی مثل کاهش سرانه آب و یا تغذیه مصنوعی سفره می‌توان روند نزولی سری را کاهش داد.

۴- در ارتباط با روند سالانه تغییرات با توجه به نمودار پیش‌بینی چنین استنباط می‌شود که روند سالانه‌ای که در گذشته بوده، در آینده نیز ادامه خواهد یافت؛ یعنی سطح آب زیرزمینی دشت در هر سال در طول شش ماهه اول روند نزولی و در شش ماهه دوم روند صعودی دارد.

راهکارهای کلی پیشنهادی برای کنترل افت سطح آب زیرزمینی دشت همدان- بهار

- کنترل عوامل بیرونی اثرگذار بر منابع آب زیرزمینی دشت: این عوامل عمدتاً شامل خصوصیات اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، شیب زمین و ساختمان زمین‌شناسی منطقه دشت است. بررسی این عوامل که عموماً خارج از کنترل انسان هستند، نشان

می‌دهد که تنها می‌توان از طریق مانورهای فیزیکی اثرات تخریبی عوامل بیرونی را تا حدی تعدیل کرد. کنترل عوامل انسانی اثرگذار بر منابع آب زیرزمینی دشت: اصلی‌ترین اقدامی که باید در شیوه مدیریت مصرف آب صورت گیرد، جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب به خصوص در بخش کشاورزی است. استفاده از روش‌های پیشرفته آبیاری و کشت محصولات با نیاز آبی پایین، باعث کاهش فشار بر منبع شده و امکان ترمیم ذخیره در درازمدت فراهم می‌گردد. همچنین آموزش همگانی در تقلیل مصارف زائد و صرفه‌جویی

می‌تواند بر این امر مؤثر باشد. تدوین قوانین در محدود کردن برداشت آب و عدم صدور مجوز برداشت جدید توسط سازمان‌های مربوطه نیز یک گام ضروری در انجام این کار می‌باشد.

احیای سفره با استفاده از روش‌های موجود: در دشت بهار با توجه به تنوع استفاده از آب زیرزمینی، کاهش کمیّت و تغییرات آب و هوایی، بر روی امکان‌سنجی تغذیه مصنوعی مطالعه و ارزیابی انجام گردد.

منابع

- ۱- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، (۱۳۷۸). "کتاب جامع صنعت آب و فاضلاب کشور"، روابط عمومی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.
 - ۲- معاونت آمار و اطلاعات، (۱۳۷۹). "آمارنامه استان همدان"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان همدان، همدان.
 - ۳- سازمان حفاظت محیط زیست همدان، (۱۳۶۹). "گزارشی پیرامون وضعیت موجود آلودگی و منابع آلوده‌کننده آب در استان همدان و رودخانه گاماسیاب"، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
 - ۴- دفتر مطالعات منابع آب، (۱۳۸۰). "گزارش بیان منابع آب زیرزمینی دشت همدان- بهار در سال آبی ۱۳۷۹-۱۳۷۸"، اداره کل امور آب استان همدان، همدان.
 - ۵- معاونت هماهنگی و برنامه‌ریزی، (۱۳۷۸). "منابع و مصارف آب در استان همدان"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، همدان.
 - ۶- دفتر مطالعات منابع آب، (۱۳۸۰). "گزارش مطالعات منابع آب زیرزمینی دشت بهار، سال ۱۳۷۹-۱۳۷۸"، اداره کل امور آب استان همدان، همدان.
 - ۷- دفتر مطالعات منابع آب، (۱۳۷۴). "گزارش مطالعات منابع آب زیرزمینی دشت بهار، سال ۱۳۷۳-۱۳۷۲"، اداره کل امور آب استان همدان، همدان.
 - ۸- دفتر مطالعات منابع آب، (۱۳۸۲). "گزارش خلاصه وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت‌های استان همدان در سال آبی. ۱۳۸۱-۱۳۸۰"، اداره کل امور آب استان همدان، همدان.
 - ۹- سازمان حفاظت محیط زیست همدان، (۱۳۷۷). "آلودگی و منابع آلاینده آب رودخانه‌های استان همدان- رودخانه عباس‌آباد و قره‌چای، مرحله سوم"، دانشگاه تهران.
 - ۱۰- بزرگ‌نیا، ا.، (۱۳۶۷). "تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش‌بینی"، معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، مشهد.
 - ۱۱- مشکانی، م.ر.، (۱۳۷۱). "تحلیل سری‌های زمانی: پیش‌بینی و کنترل"، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- 12- Quenouille, M., (1992). "Approximation Test of Time Series Models", J.R Statist. Vol. 11, pp: 18-84.