نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره پنجم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

مدیریت آب شهری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی منابع آب MODSIM (مطالعه موردی: شهر گرگان)

*سمیرا حسین‌پور[۱]، امیراحمد دهقانی[۲]، عبدالرضا ظهیری[۳]، مجتبی شوریان[۴] و مهدی مفتاح‌هلقی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: نیاز روزافزون به آب نتیجه رشد جمعیت و توسعه شهری است که برنامه‌ریزی همه‌جانبه برای تأمین آب به مقدار کافی و کیفیت مناسب را ضروری می‌سازد. مدل‌سازی یکی از ضروریات مدیریت و برنامه‌ریزی برای منابع و مصارف آب است. مدل‌های ریاضی جامع کمی- کیفی آب، غربال‌گری مناسب برای تحلیل گزینه‌های متعدد مدیریت منابع آب به‌شمار می‌روند. MODSIM یک سیستم پشتیبانی تصمیم مدیریت منابع برای تحلیل برنامه‌ریزی بلندمدت، مدیریت میان‌مدت و عملکردهای کوتاه‌مدت می‌باشد که در بخش‌های حوضه‌ای، بین‌حوضه‌ای و آب شرب و... مورد استفاده قرار گرفته است. مهم‌ترین مشکلات تأمین آب شرب شهری گرگان، عدم بهره‌برداری از منابع آب، محدودیت آب زیرزمینی تأمین‌کننده آب گرگان، افزایش برداشت و اثرات آن بر کاهش منابع آب و همچنین کاهش کیفیت آب سفره‌ها و احتمال شوری برخی از چاه‌ها می‌باشد. ارائه راه‌کارهای مناسب برای افق‌های بعدی و بررسی همه‌جانبه منابع تأمین و درصد خسارات وارده در افق مورد نظر ضروری می‌باشد. هدف از این پژوهش تجزیه و تحلیل منابع آب موجود، مدیریت آب شرب شهر گرگان با مدل MODSIM و تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف مدیریتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، با استفاده از مدل MODSIM مدیریت آب شرب شهر گرگان در یک دوره کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مورد بررسی قرارگرفته است و به‌منظور تأمین فشار مجاز در شبکه و جلوگیری از نشت شبکه، شهر منطقه‌بندی شده است. کالیبراسیون مدل برای سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ و در مقیاس روزانه انجام‌شده و نهایتاً قابلیت مدل بر اساس معیارهایی مانند اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری با استفاده از قابلیت کدنویسی در مدل MODSIM انجام و مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با سناریوهای مختلف، مدیریت آب شرب در دوره‌های آتی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که در تمامی سناریوهای مدیریتی، منطقه ۱ زون فشاری (شمالی‌ترین قسمت گرگان) و مناطق ۸ تا ۱۰ (جنوبی‌ترین قسمت گرگان) شاخص اعتمادپذیری زیاد و شاخص آسیب‌پذیری کم‌تری داشتند.

* مسئول مکاتبه: hosseinpour_samira@yahoo.com

همچنین اگر شرایط تأمین آب به‌صورت فعلی باشد (سناریوی مرجع) در افق زمانی ۱۴۰۰ با ۲/۷ درصد افزایش جمعیت نسبت به سال ۱۳۹۱، شاخص اعتمادپذیری ۲/۷٪ و شاخص آسیب‌پذیری ۵۰ هزار مترمکعب بر روز خواهد بود.
نتیجه‌گیری: استفاده از مدل MODSIM در شبیه‌سازی و مدیریت آب شرب موفق بوده و به همین دلیل استفاده از این مدل و همچنین لینک کردن این نرم‌افزار با نرم‌افزارهای دیگر، از جمله آب زیرزمینی، کیفیت آب و... توصیه می‌گردد و بر اساس نتایج این مدل و سناریوها، می‌توان شرایط تأمین آب در آینده را بررسی کرده و راهکارهای مدیریتی ارائه نمود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آب شرب، شاخص اعتمادپذیری، شاخص آسیب‌پذیری، MODSIM، شهر گرگان

مقدمه

مدیریت منابع آب شامل توسعه، کنترل، محافظت، تنظیم قوانین و استفاده بهینه از منابع آب سطحی (مخازن و رودخانه‌ها) و آب زیرزمینی است. فعالیت‌هایی که در حیطه مدیریت و برنامه‌ریزی آب قرار می‌گیرد، شامل تنظیم سیاست‌ها؛ ارزیابی منابع آب در سطح محلی، استانی و ملی؛ اجرای سیاست‌های مدیریتی؛ برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از سازه‌ها و تسهیلات، مطالعات علمی و مهندسی و آموزش و یادگیری است (13). آب شرب شهری به خاطر مسایل بهداشتی و تأمین نیازهای اولیه و اساسی انسان و نیز به جهت احتمال بروز تنش‌های اجتماعی در زمان کمبود آن در میان کاربردهای مختلف آب، از حساسیت و اولویت بالاتری برخوردار است (10).

مهم‌ترین مشکلات تأمین آب شرب شهری گرگان، عدم بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی جهت شرب، افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، محدودیت پتانسیل منابع آب حوزه قره‌سو (محدوده آب زیرزمینی تأمین‌کننده آب گرگان)، روند فزاینده تقاضا برای آب شرب، کاهش آبدهی چاه‌ها و قنوات و چشمه‌ها (به‌ویژه در تابستان)، افزایش برداشت بیش از اندازه بخش کشاورزی در پایین‌دست و اثرات آن بر کاهش منابع آب شرب و همچنین عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب زیرزمینی و در نتیجه کاهش کیفیت آب سفره‌ها و احتمال شوری برخی از چاه‌ها می‌باشد.

در چند دهه گذشته تلاش‌های زیادی برای توسعه مدل‌های کامپیوتری مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب انجام‌شده است. عنوان دیگری که به این مدل‌ها گفته می‌شود، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری است. این اصطلاح از آن‌جا به این مدل‌ها اطلاق می‌شود که این مدل‌ها نتایج سناریوها و گزینه‌های مختلف تصمیم، با تعداد متغیرهای زیاد را قبل از اجرای آن تصمیم، تعیین می‌کنند. هر یک از این مدل‌ها دارای معایب و مزایای خاص خود هستند. در این پژوهش مدل MODSIM به‌دلیل آسانی دسترسی، مجانی بودن، به‌روز بودن و از همه مهم‌تر قابلیت سفارشی‌سازی آن انتخاب شده است. طرح جامع آب کشور نیز که بزرگ‌ترین پروژه منابع آب نرم‌افزاری کشور است، بر اساس این مدل در حال بازنگری است. شوریان و موسوی (2006) به‌منظور تعیین سیمای بهینه منابع آب بالادست حوضه سیروان از MODSIM به‌عنوان یک شبیه‌ساز با هدف انتقال آب بین‌حوضه‌ای بهره گرفتند و مسأله طراحی و بهره‌برداری بهینه از یک سیستم منابع آب را با هدف کمینه کردن هزینه کل مورد بررسی قرار دادند (11). رأفتی سخنگو (2010) کاربرد زیرسامانه تحلیل سیستم MODSIM در

سیستم‌های پشتیبانی تصمیم (DSS) را در قسمت شمالی حوضه کشف‌رود بررسی کردند و بر اساس معیارهایی مانند اعتمادپذیری، اعتمادپذیری کمی، برگشت‌پذیری و نیز میزان افت سطح آب زیرزمینی مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت، پیشنهادها و راهکارهای برای هرچه بهتر برآورده کردن نیازهای آبی در این حوضه‌ها در آینده را ارائه دادند (8). کریمی و موسوی (2010) دو مدل MODSIM و WEAP را در حوضه اترک با هم مقایسه کردند نتایج نشان داد در صورت وجود مقادیر الویت نیاز و همچنین مطرح نبودن بحث ترجیح در عرضه‌ها، مدل‌ها یکسان عمل می‌کنند (6). امامی و همکاران (2012) از MODSIM برای شبیه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های مخازن برقابی استفاده کرده و از طریق کدنویسی در MODSIM خروجی مخزن را بر اساس نیاز تولید انرژی تعیین کرده‌اند (2). سبززاده و همکاران (2011) پارامترهای (ضرایب بازگشتی جریان از نیازها) مدل پشتیبان تصمیم مدیریت حوضه آبریز MODSIM را کالیبره کردند (9). آتشی (2012) شبیه‌سازی تخصیص تلفیقی کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی شرب شهر مشهد را با استفاده از مدل MODSIM مورد بررسی قرار داده است؛ که شهر مشهد به ۲۰ پهنه تقسیم شده و در MODSIM شبیه‌سازی شده است و راهکارهایی برای کمبود محاسبه‌شده در سال ۱۴۲۰ ارائه دادند که یکی از آن‌ها رقیق‌سازی منابع آب با کیفیت پایین‌تر می‌باشد (1). هاشیموتو و همکاران (1982) اعتمادپذیری[1]، برگشت‌پذیری[2]، آسیب‌پذیری[3] را به‌عنوان سه شاخص مهم در ارزیابی عملکرد سیستم‌های منابع آب معرفی کرده و از آن‌ها برای ارزیابی سیاست‌های مختلف بهره‌برداری استفاده کرده‌اند (4). گیب‌بنس و گودمن (2000) در مطالعات خود در پروژه کشاورزی Wind River واقع در ایالت Wyoming از تلفیق MODSIM و GIS بهره گرفتند و یک مدل بهره‌برداری از منابع آب این ایالت تهیه کردند (3). سردج‌ویس و همکاران (2004) روشی را ارائه کردند که به کمک آن ارزیابی و رتبه‌بندی سناریوهای مختلف مدیریتی به کمک نرم‌افزار MODSIM به‌طور مستقیم امکان‌پذیر می‌شود (12).

هدف از این پژوهش تجزیه و تحلیل منابع آب موجود و آب مصرفی شهر گرگان در افق‌های کوتاه‌مدت (در سال ۱۴۰۰)، میان‌مدت (۱۴۱۰) و بلندمدت (۱۴۲۰) با مدل MODSIM می‌باشد. همچنین بررسی و تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف مدیریتی از اهداف دیگر این پژوهش به‌حساب می‌آید و با توجه به مقدار آسیب‌پذیری بهترین و بحرانی‌ترین سناریوها مشخص می‌شود.

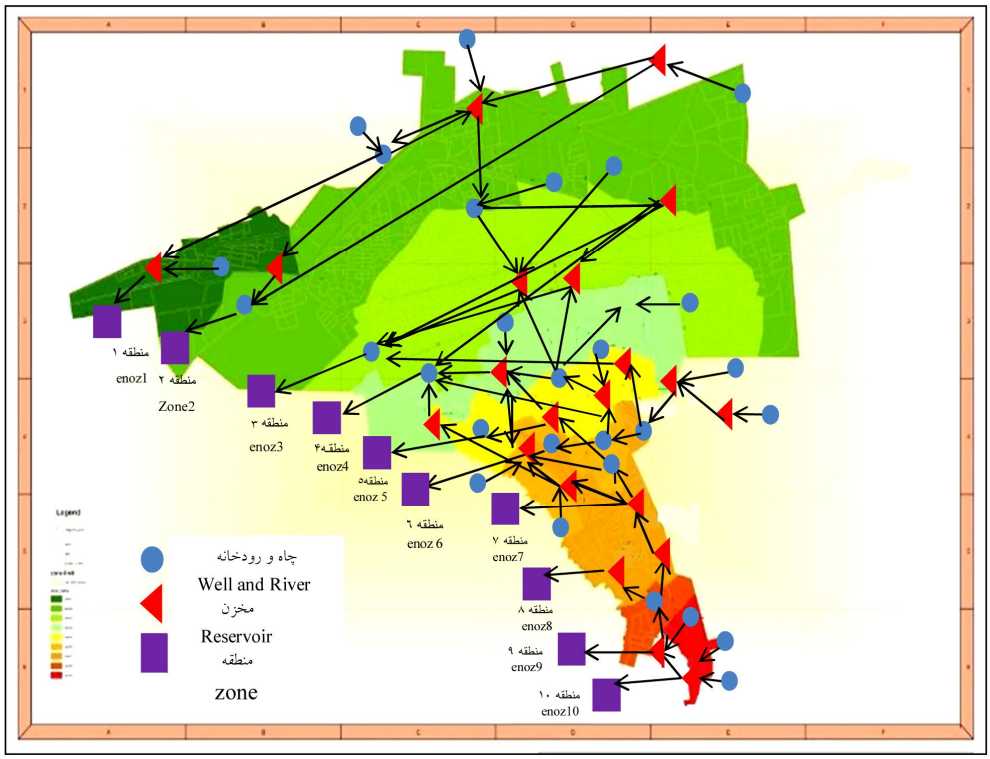
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهر گرگان مرکز استان گلستان و در موقعیت جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی در شمال‌شرق ایران واقع شده و مساحتی بالغ بر ۳۰۸۰ هکتار دارای ۳۳۶۶۶۰ نفر جمعیت در سال ۱۳۹۱ است. این شهر دارای اقلیم نیمه‌خشک بوده است. منابع تأمین آب در این شهر از چاه‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد که سهم چاه‌ها در تأمین آب بسیار بیش‌تر از منابع آب‌های سطحی است. مدل‌سازی شهر گرگان برای یک دوره ۱ ساله از فروردین ۱۳۹۱ تا فروردین ۱۳۹۲ به‌صورت روزانه انجام شد. برای کالیبراسیون و صحت‌سنجی از داده‌های ارتفاع سطح آب مخازن در همین سال استفاده گردید.

1- Reliability
2- Resiliency
3- Vulnerability

مـــدل MODSIM: یـــک سیـــستم پـــشتیبان در تصمیم‌گیری برای سیستم‌های بهره‌برداری چندمنظوره از مخـازن، مـدیریت تلفیقـی منـابع آب سـطحی و زیرزمینی، با قابلیت در نظر گرفتن مکانیسم حاکم بـر مناسبات اداری و قانونی استفاده از منابع آب می‌باشد. یکی از قابلیت‌های این مدل امکان کدنویسی در آن به زبان‌های VB.Net و C#.Net است.

شکل ۱ مدل‌سـازی شـهر گرگـان در MODSIM را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مـشخص اسـت در حال حاضر در شهر گرگـان ۱۰ زون وجـود دارد. زون اول در شمال گرگان (مناطق میدان بسیج) و زون ۱۰ در جنوب گرگان (مناطق جنگل نهارخوران) واقع شده است.



شکل ۱- مدل‌سازی شهر گرگان در MODSIM.

Figure 1. Simulation of Gorgan city in MODSIM.

دوره طرح برای تأمین و انتقـال آب شـرب برابـر ۲۷ سال پس از مدل‌سازی تا سال ۱۴۲۰ می‌باشد کـه به ۳ بخش، دوره اضطراری و کوتاه‌مدت برای ۷ سال (تا سال ۱۴۰۰)، دوره میان‌مدت برای ۱۷ سال (تا سال ۱۴۱۰) و دوره درازمـدت بـرای ۲۷ سـال (تـا سـال ۱۴۲۰) می‌باشد.

سطوح مختلف سناریوها: سناریوها بایـد در سـطوح مختلف توسعه تعریف شوند. نکته قابل تأمل ایـن‌کـه در پژوهش پیش‌رو فـرض اساسـی بـر آن اسـت کـه پیشینه تمامی سناریوهای موجـود یکـسان بـوده و در نتیجه این امر بستر مناسب‌تر و منطقـی‌تـری را بـرای مقایسه نتایج سناریوها ایجاد خواهد نمود. در پژوهش صورت گرفته سطوح مختلـف توسـعه بـه‌شـرح زیـر می‌باشند:

جدول ۱- بررسی اجمالی سناریوهای توسعه در منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Overview developed scenarios in the study area.

علامت اختصاری	سطح سناریو Scenario level	توضیحات Explanation
S_1	اول First	سناریوی مرجع: تحت این سناریو هیچ‌گونه سیاست و راهکار خاص مدیریتی اعمال نشده است. Reference scenario: Under this scenario, no specific management policy and strategy were not applied.
S_{21}	دوم Second	تحت این سناریو میزان آب زیرزمینی ۲۰٪ کاهش یافته است. Under this scenario, the groundwater table has dropped 20%.
S_{22}	دوم Second	تحت این سناریو میزان آب سطحی ۲۰٪ کاهش یافته است. Under this scenario, the surface water level has dropped 20%.
S_{23}	دوم Second	تحت این سناریو منابع تأمین (چاه‌ها) با کیفیت نامناسب از شبکه حذف گردیده است. Under this scenario, sources (wells) poor quality of the network has been deleted.
S_{24}	دوم Second	تحت این سناریو تلفات شبکه از ۴۰٪ به ۲۰٪ کاهش یافته است. Under this scenario, network losses dropped from 40% to 20%.
S_{31}	سوم Third	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S_{21} و S_{22} بررسی می‌گردد. Under this scenario, a combination of scenarios S_{21} and S_{22} is checked.
S_{32}	سوم Third	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S_{21}، S_{22} و S_{23} بررسی می‌گردد. Under this scenario, a combination of scenarios S_{21}, S_{22} and S_23 is checked.
S_{33}	سوم Third	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S_{21}، S_{22}، S_{23} و S_{24} بررسی می‌گردد. Under this scenario, a combination of scenarios S_{21}, S_{22}, S_{23} and S_{24} is checked.

معیار ارزیابی کارایی سیستم

اعتمادپذیری: فراوانی نسبی عدم شکست را، اعتمادپذیری می‌نامند. خروجی‌های سیستم به دو مجموعه مقادیر رضایت‌بخش (S) و مقادیر نارضایت‌بخش (F) تقسیم می‌شوند. اعتمادپذیری سیستم، α، یعنی احتمال آن‌که سیستم در حالت رضایت‌بخش است (5).

$$\alpha = \text{Prob}[x_1 \in S] \qquad (۱)$$

$$\text{اعتمادپذیری} = \frac{\text{تعداد موفقیت}}{\text{تعداد گامکل زمانی}} \qquad (۲)$$

تعداد موفقیت: در اینجا تعداد روزهایی است که سیستم بتواند مقدار تقاضا را تأمین کند.

تعداد کل: تعداد کل روزهای سال برای مدل که در اینجا یک سال می‌باشد.

آسیب‌پذیری: عبارت است از نسبت مقدار آب مورد نیاز برای این‌که شبکه بتواند آب مورد تقاضا را تأمین کند به تعداد شکست در سیستم و به‌صورت زیر تعریف می‌شود (7).

$$\text{آسیب‌پذیری} = \frac{\text{مجموع کمبود در دوره}}{\text{تعداد روزهای شکست}} \qquad (۳)$$

مقدار کمبود: در اینجا جمع کل مقادیر تأمین نشده تقاضا به کل دوره‌هایی که تقاضا تأمین نشده است.

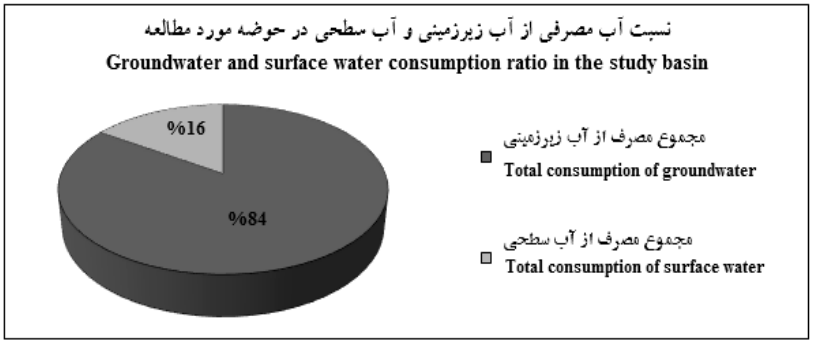
تعداد روزهای شکست: در اینجا تعداد روزهایی است که سیستم نتواند مقدار تقاضا را تأمین کند.

در این پژوهش برای محاسبه اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری از قابلیت کدنویسی به زبان VB.Net در MODSIM استفاده شده است و تعداد گام زمانی برای دوره یک‌ساله در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

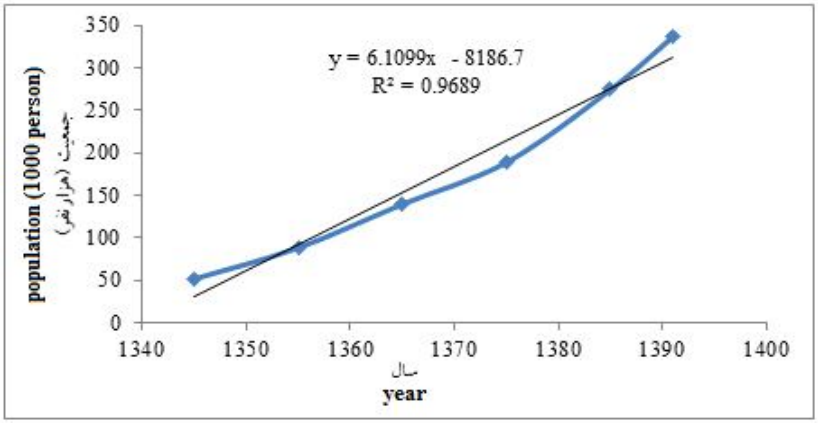
تعیین سرانه آب شهری و میزان مصرف: در این قسمت روش‌های محاسبه پارامترها، نتایج حاصل از کالیبراسیون و اجرای مدل در دوره طرح با سناریوهای مختلف بررسی می‌گردد. جمعیت، میزان مصرف آن برای هر نفر و سرانه آب مصرفی هر نفر در سال و در ماه‌های مختلف مشخص گردید و سپس آب زیرزمینی به‌دلیل این‌که در شرایط حاضر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع اصلی تأمین آب شهر گرگان بوده است، مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۲).

روش گسترش نموداری: با توجه به جمعیت‌های گذشته از منحنی گسترش برازش شده می‌توان جمعیت آینده را برآورد کرد (شکل ۳).



شکل ۲- نسبت آب مصرفی از آب زیرزمینی و آب سطحی در حوضه مورد مطالعه.

Figure 2. Consumable water ratio of groundwater and surface water in the study area.



شکل ۳- تغییرات جمعیت در سال‌های مختلف.

Figure 3. Population changes in different years.

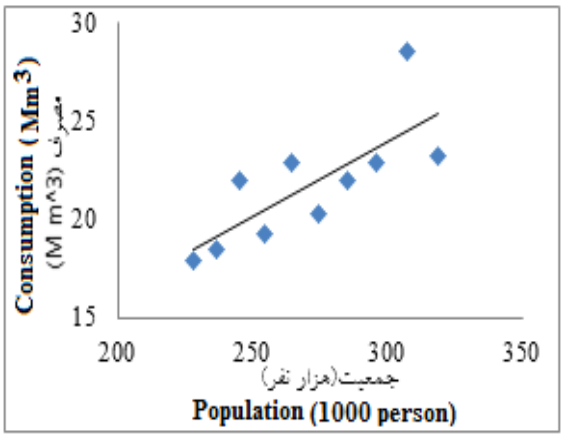
همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده روند تغییرات جمعیت به‌صورت افزایشی می‌باشد و به کمک رابطه این منحنی جمعیت در سال‌های آینده پیش‌بینی شده است. جدول ۲ مقادیر جمعیت سرشماری سال‌های اخیر و ضریب رشد آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تغییرات و پیش‌بینی جمعیت در سال‌های مختلف.

Table 2. Changes and population estimation in different years.

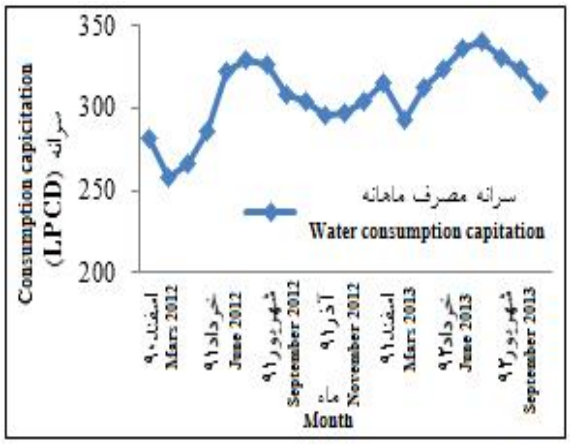
1385	1375	1365	1355	1345	پارامتر / سال Parameter/year
274438	188710	139430	88033	51181	جمعیت سرشماری Population Census
4.29	3.82	3.07	4.71	5.57	ضریب رشد Growth factor

در نمودار شکل ۴ مصرف آب شرب شهر گرگان با توجه به افزایش جمعیت شهر نشان داده شده است و نمودار شکل ۵ سرانه مصرف آب هر نفر را در ماه‌های مختلف سال ۹۱ و ۹۲ نشان می‌دهد. با توجه به نمودار مشخص است که سرانه مصرف در تابستان به حداکثر مقدار می‌رسد و با توجه به کمبود آب در تابستان و گرمی هوا این موضوع وجود یک مدیریت و بهینه‌سازی مصرف را در تابستان ضروری می‌کند.



شکل ٤- ارتباط بین مصرف و جمعیت شهر گرگان.

Figure 4. Relationship between consumption and population at Gorgan city.



شکل ۵- سرانه مصرف آب در ماه‌های مختلف سال ۹۱ و ۹۲.

Figure 5. Water consumption capitation in different months of the 2012 and 2013 years.

سرانه مصرف آب شرب از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۹۱ روند تقریباً افزایشی دارد. با توجه به این روند افزایشی، برای سال‌های آتی با در نظر گرفتن برنامه‌ریزی‌ها و فرهنگ‌سازی، سرانه با روند کم‌تری افزایش یافته است، همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده محاسبه شده است.

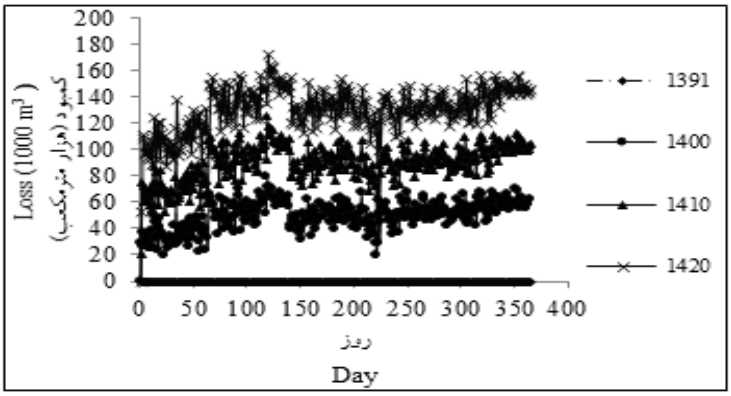
جدول ۳- سرانه مصرف آب شهر گرگان در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱٤۲۰.

Table 3. Water consumption capitation in 2001 to 2041 years.

سال year	سرانه مصرف (LPCD)	سال year	سرانه مصرف (LPCD)
1381	214	1388	254
1382	246	1389	299
1383	207	1390	301
1384	237	1391	321
1385	203	1400	343
1386	212	1410	355
1387	212	1420	364

نتایج حاصل از کالیبراسیون و ارزیابی مدل: به‌منظور کالیبراسیون مدل، اولویت‌های تخصیص به‌نحوی تنظیم شده‌اند تا معیارهای ارزیابی شاخص اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری به مقادیر واقعی نزدیک شوند. نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل در جدول ۴ عملکرد سیستم شبکه آبرسانی شهر در سال‌های آتی با ۲ معیار ارزیابی، اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری برای سناریوهای مختلف محاسبه شده است.

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در سال‌های آتی با ثابت در نظر گرفتن شرایط، روند افزایشی برای تقاضای مصرف آب شرب، کمبود آب شرب وجود خواهد داشت. در این شکل سال ۱۳۹۱ به‌عنوان سال مبنا هیچ کمبودی نداشته است ولی در سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ به‌ترتیب مقادیر کمبود به‌دست‌آمده با شرایط حاضر بیشتر می‌شود.



شکل ٦- مقدار کمبود به‌دست آمده در مدل برای سال‌های آتی با توجه به سناریوی مرجع بدون در نظر گرفتن منطقه‌بندی.

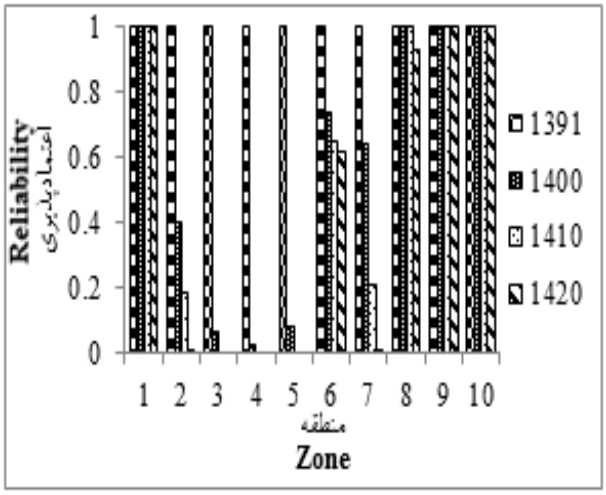
Figure 6. Obtaining lack value of model for the future years, according to the reference scenario, regardless zoning.

جدول ٤- ارزیابی عملکرد سیستم برای کل منطقه تحت سناریوهای مختلف بر اساس اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری.

Table 4. Evaluation of system performance under different scenarios for the total region based on the reliability and vulnerability.

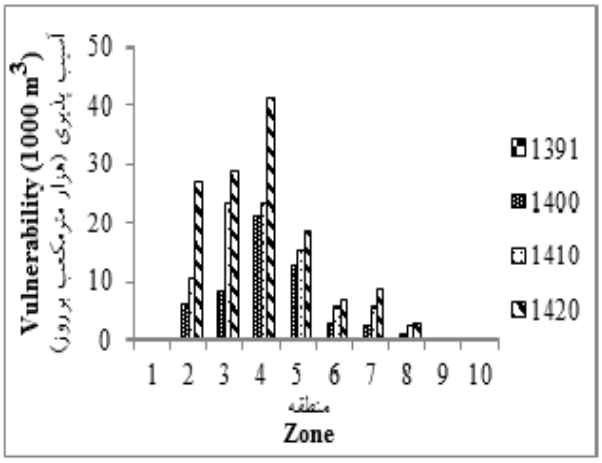
سال year	سناریو Scenario	اعتمادپذیری Reliability	آسیب‌پذیری (هزار مترمکعب) Vulnerability ($1000\ m^3$)	سناریو Scenario	اعتمادپذیری Reliability	آسیب‌پذیری (هزار مترمکعب) Vulnerability ($1000\ m^3$)
1391	کالیبراسیون Calibration	1	0			
1391	S_1	1	0	S_{24}	1	0
1400	S_1	0.0027	50	S_{24}	0.1425	18
1410	S_1	0	90	S_{24}	0	47
1420	S_1	0	131	S_{24}	0	79
1391	S_{21}	0.0027	18	S_{31}	0	46
1400	S_{21}	0	65	S_{31}	0	68
1410	S_{21}	0	104	S_{31}	0	107
1420	S_{21}	0	144	S_{31}	0	147
1391	S_{22}	0.2411	4	S_{32}	0	41
1400	S_{22}	0	50	S_{32}	0	88
1410	S_{22}	0	123	S_{32}	0	127
1420	S_{22}	0	129	S_{32}	0	167
1391	S_{23}	0.0027	25	S_{33}	0.0027	20
1400	S_{23}	0	71	S_{33}	0	57
1410	S_{23}	0	111	S_{33}	0	89
1420	S_{23}	0	151	S_{33}	0	121

سناریوی S_1: این سناریو همان سناریوی مرجع و کالیبره است، همان‌طور که دیده می‌شود در بخش شرب، اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری در سال ۱۳۹۱ به‌ترتیب برابر ۱۰۰٪ و صفر هستند و اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری در شرایط کالیبراسیون نیز به همین صورت بوده است. در سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰، اعتمادپذیری ۰.۰۰۲۷، ۰، ۰ و آسیب‌پذیری ۵۰، ۹۰، ۱۳۱(۱۰۰۰ مترمکعب بر روز) بوده است به این معنی که با توجه به افزایش جمعیت برای سال‌های بعد، روند افزایشی در مصرف مشاهده می‌شود. در نتیجه اعتمادپذیری کم‌تر و آسیب‌پذیری بیش‌تر به وجود می‌آید. اعتمادپذیری صفر یعنی، در تمام روزهای سال، ما با مشکل کمبود آب مواجه خواهیم شد و آسیب‌پذیری نیز نشان خواهد داد که به‌طور میانگین در آن سال به چه مقدار سیستم با مشکل روبرو خواهد شد.



شکل ۷- مقادیر اعتمادپذیری برای سال‌های آتی با سناریوی S_1 برای هر منطقه.

Figure 7. Reliability values for the future years with the S_1 scenario in each region.



شکل ۸- مقادیر آسیب‌پذیری برای سال‌های آتی با سناریوی S_1 برای هر منطقه.

Figure 8. Vulnerability values for the future years with the S_1 scenario in each region.

در شکل‌های ۷ و ۸ در بالا، اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری بر اساس سناریوی S_1 محاسبه شده است، در این شکل‌ها، عملکرد مناطق ۱، ۸، ۹ و ۱۰ به‌دلیل دارا بودن منابع تأمین کافی و تراکم جمعیت کم در سال‌های بعد نیز دچار مشکل نخواهند شد ولی در مناطق ۲ تا ۷ به‌دلیل کمبود منابع آبی در این مناطق و تراکم جمعیت زیاد در سال‌های بعد دچار مشکل خواهند شد.

سناریوی S_{21}: این سناریو بر مبنای سناریوی مرجع (S_1) بوده و تنها تفاوتش در ۲۰٪ کاهش آب زیرزمینی می‌باشد، این سناریو اعتمادپذیری را به‌طور میانگین برای سال‌های ۱۳۹۱، ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰، ۷ درصد نسبت به سناریوی S_1 کاهش و آسیب‌پذیری شبکه را برای این سال‌ها به مقدار ۱۸۵۱ مترمکعب بر روز نسبت به سناریوی S_1 افزایش داده است.

سناریوی S_{22}: این سناریو بر مبنای سناریوی مرجع (S_1) بوده و تنها تفاوتش در کاهش ۲۰٪ آب سطحی می‌باشد، این سناریو اعتمادپذیری را به‌طور میانگین ۴ درصد نسبت به سناریوی S_1 کاهش و آسیب‌پذیری

سیستم را به‌طور میانگین ۴۸۱ مترمکعب در روز نسبت به سناریوی S_1 افزایش داده است. با توجه به این‌که آب سطحی رابطه مستقیمی با خشکسالی دارد، باید توجه ویژه‌ای در سال‌هایی که احتمال خشکسالی وجود دارد معطوف داشت.

سناریوی S_{23}: این سناریو بر مبنای سناریوی مرجع (S_1) بوده و تنها تفاوتش حذف چاه‌های با کیفیت نامناسب در تأمین آب شرب می‌باشد، این سناریو اعتمادپذیری را به‌طور میانگین ۱۱ درصد نسبت به سناریوی S_1 کاهش و آسیب‌پذیری شبکه را به‌طور میانگین ۲۹۸۱ مترمکعب بر روز نسبت به سناریوی S_1 افزایش داده است. با توجه به این‌که کیفیت آب شرب یک مسأله حیاتی می‌باشد باید منابع تأمین با کیفیت نامناسب حذف گردد و یا برای مصارف دیگر استفاده گردد.

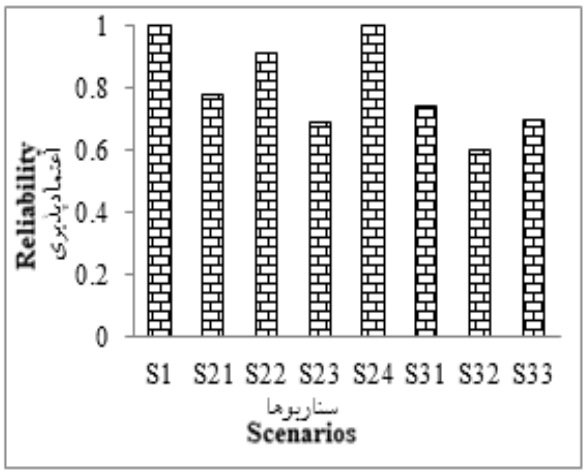
سناریوی S_{24}: این سناریو بر مبنای سناریوی مرجع (S_1) بوده و کاهش تلفات آب در سیستم می‌باشد، این سناریو اعتمادپذیری را به‌طور میانگین ۳ درصد نسبت به سناریوی S_1 افزایش و آسیب‌پذیری شبکه را به‌طور میانگین ۲۳۲۲ مترمکعب نسبت به سناریوی S_1 کاهش داده است. این مسأله بیانگر این است که با توجه به افزایش مصارف در سال‌های آتی کاهش تلفات سیستم، موضوع مهمی می‌باشد و از جمله روش‌های کارآمد برای سیستم تعریف و توصیه می‌گردد.

سناریوی S_{31}: این سناریو ترکیبی از سناریوهای قبلی است که در آن سناریوهای S_{21} و S_{22} باهم ترکیب شده‌اند. اثر این سناریو بر بخش تأمین آب، کاهش اعتمادپذیری و افزایش آسیب‌پذیری در شبکه با توجه به سناریوی مرجع (S_1)، S_{21}، S_{22}، S_{23} و S_{24} می‌باشد.

سناریوی S_{32}: این سناریو ترکیبی از سناریوهای قبلی است که در آن سناریوهای S_{21}، S_{22} و S_{23} با هم ترکیب شده‌اند. اثر این سناریو بر بخش مدیریت، کاهش اعتمادپذیری و افزایش آسیب‌پذیری در شبکه با توجه به سناریوی مرجع (S_1) و همچنین سناریوهای S_{21}، S_{22}، S_{23}، S_{24} و S_{31} می‌باشد.

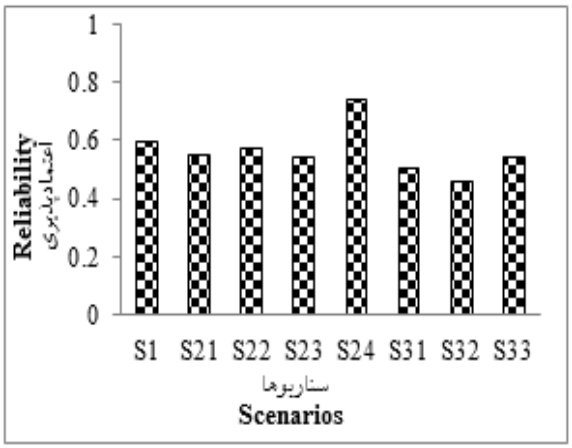
سناریوی S_{33}: این سناریو ترکیبی از سناریوهای قبلی است که در آن سناریوهای S_{21}، S_{22}، S_{23} و S_{24} با هم ترکیب شده‌اند. در این سناریو، سناریوی S_{24} با سناریوهای دیگر در تضاد بوده و تأثیر منفی آن‌ها را بر بخش تأمین کم می‌کند، آسیب‌پذیری نسبت به سناریوهای S_{21}، S_{23}، S_{31} و S_{32} کاهش یافته است.

نتایج حاصل از مقایسه سناریوها: با توجه به شکل ۹ تا شکل ۱۲ با مقایسه معیارهای اعتمادپذیری برای سناریوهای مختلف در سال‌های آتی دیده می‌شود که این معیار برای سناریوی S_{32} در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ نسبت به سناریوهای دیگر کم‌تر است و سناریوی S_{24} نسبت به سناریوهای دیگر در تمامی دوره‌ها بیش‌تر می‌باشد.



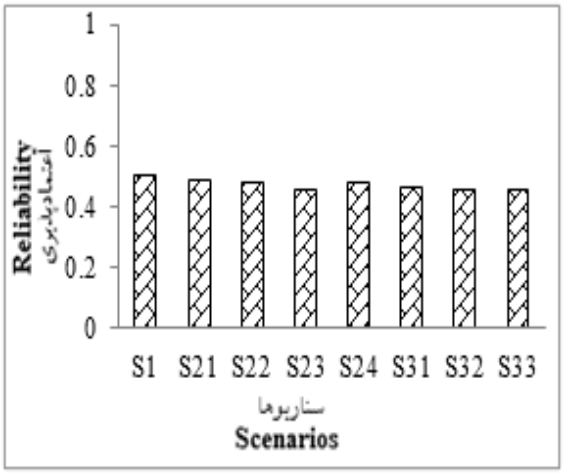
شکل ۹- مقایسه اعتمادپذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ۱۳۹۱.

Figure 9. Comparison of mean supply demand reliability the whole area under different scenarios in 2012.



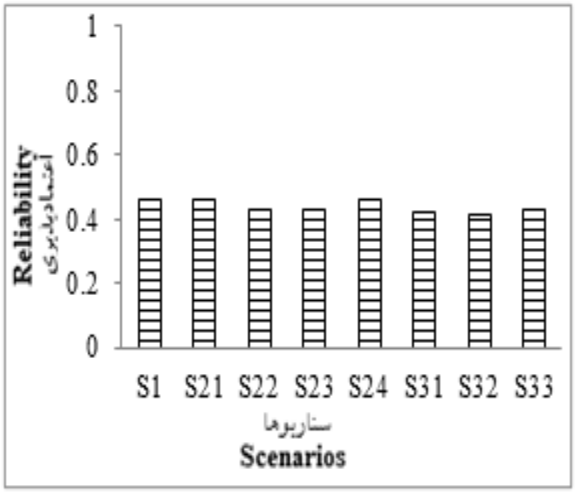
شکل ۱۰- مقایسه اعتمادپذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ۱٤۰۰.

Figure 10. Comparison of mean supply demand reliability the whole area under different scenarios in 2021.



شکل ۱۱- مقایسه اعتمادپذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ۱٤۱۰.

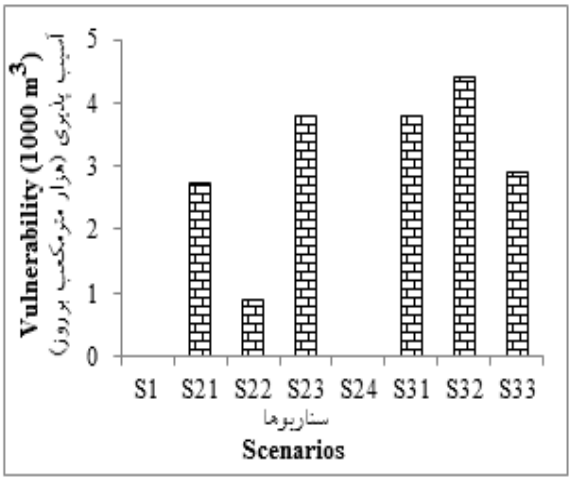
Figure 11. Comparison of mean supply demand reliability the whole area under different scenarios in 2031.



شکل ۱۲- مقایسه اعتمادپذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ۱٤۲۰.

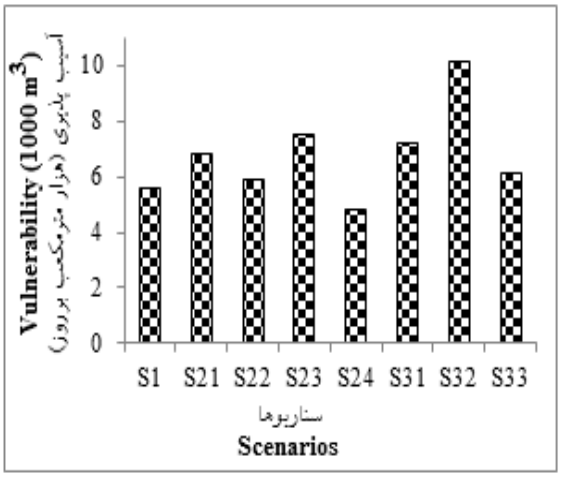
Figure 12. Comparison of mean supply demand reliability the whole area under different scenarios in 2041.

با توجه به شکل‌های ۱۳ و ۱۶ با مقایسه معیارهای آسیب‌پذیری برای سناریوهای مختلف در سال‌های آتی دیده می‌شود که این معیار برای سناریوی S_{32} در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ نسبت به سناریوهای دیگر بیش‌تر است و سناریوی S_{24} نسبت به سناریوهای دیگر در تمامی دوره‌ها کم‌تر می‌باشد.



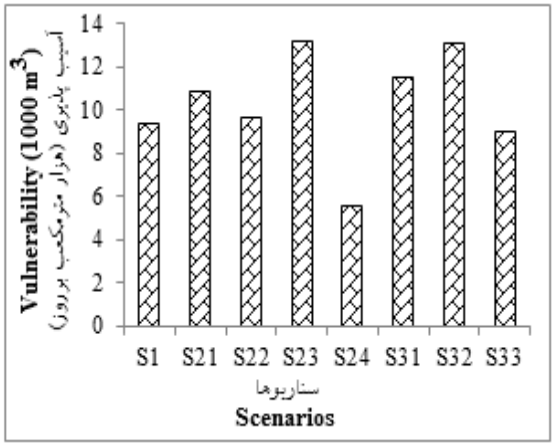
شکل ۱۳- مقایسه آسیب‌پذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ۱۳۹۱.

Figure 13. Comparison of mean supply demand vulnerability the whole area under different scenarios in 2012.



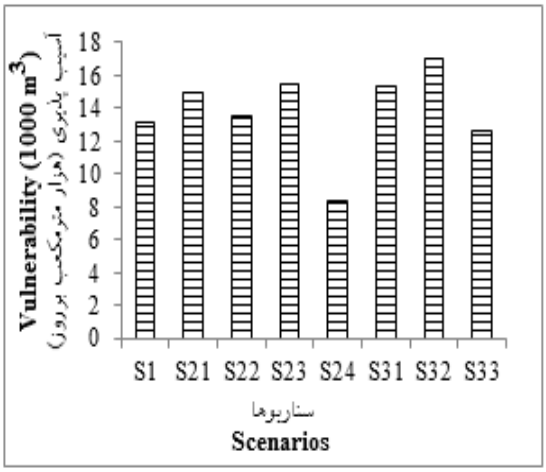
شکل ١٤- مقایسه آسیب‌پذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ١٤٠٠.

Figure 14. Comparison of mean supply demand vulnerability the whole area under different scenarios in 2021.



شکل ١٥- مقایسه آسیب‌پذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ١٤١٠.

Figure 15. Comparison of mean supply demand vulnerability the whole area under different scenarios in 2031.



شکل ١٦- مقایسه آسیب‌پذیری تأمین تقاضای متوسط کل منطقه تحت سناریوهای مختلف در سال ١٤٢٠.

Figure 16. Comparison of mean supply demand vulnerability the whole area under different scenarios in 2041.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از مدل MODSIM مدیریت آب شرب شهر گرگان در یک دوره کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مورد بررسی قرار گرفته است. کالیبراسیون مدل برای سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ و در مقیاس روزانه انجام‌شده و نهایتاً قابلیت مدل بر اساس معیارهایی مانند اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با سناریوهای مختلف، مدیریت آب شرب در دوره‌های آتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که:

✓ از مدل MODSIM به‌خوبی می‌توان برای مدیریت آب شهری استفاده کرد که نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات آتشی (2012) که به شبیه‌سازی کمی و کیفی منابع آب شرب شهر مشهد پرداخته‌اند مطابقت دارد.

✓ در تمامی سناریوهای مدیریتی، منطقه ۱ زون فشاری (شمالی‌ترین قسمت گرگان) و مناطق ۸ تا ۱۰ (جنوبی‌ترین قسمت گرگان) شاخص اعتمادپذیری زیاد و شاخص آسیب‌پذیری کم‌تری داشتند. همچنین اگر شرایط تأمین آب به‌صورت فعلی باشد (سناریوی مرجع) در افق زمانی ۱۴۰۰، شاخص اعتمادپذیری ۲/۷٪ و شاخص آسیب‌پذیری ۵۰ هزار مترمکعب بر روز خواهد بود.

✓ مناطق ۱، ۸، ۹ و ۱۰ در تمامی سناریوها، شاخص اعتمادپذیری بالا و شاخص آسیب‌پذیری خیلی پایینی داشتند، ولی مناطق ۲ تا ۷ به‌دلیل تراکم جمعیتی بالا و منابع تأمین پایین دقیقاً برعکس مناطق ۱، ۸، ۹ و ۱۰ می‌باشند و دارای شاخص اعتمادپذیری پایین و شاخص آسیب‌پذیری بالایی می‌باشند.

✓ ارزیابی سناریوی S_{24}، که مربوط به کاهش تلفات شبکه آبرسانی شهر بوده است، نسبت به سناریوهای دیگر با توجه به اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری، نتایج بهتری را نشان داده است.

✓ ارزیابی سناریوی S_{32}، که مربوط به ترکیب ۳ سناریوی S_{21}، S_{22}، S_{23} می‌باشد، نسبت به سناریوهای دیگر با توجه به نتایج شاخص‌های اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری، رضایت‌بخش نبود.

منابع

1.Atashi, M. 2012. Simulationconsolidated Appropriations of quality and quantity water resources water of groundwater and surface of in Mashhad. M.Sc. Thesis, University of Mashhad Ferdowsi. (In Persian)

2.Emamitabrizi, S., Mosavi, S.J., and Afzali, R. 2012. Optimization-simulation model to design and exploitation the optimal of a reservoir hydroelectric systems. J. Map. Engin. Fac. Engin. 45: 7. 753-762. (In Persian)

3.Gibbens, G., and Goodman, J. 2000. Integration of GIS and the River Basin Network Flow Model MODSIM-Case Study: Wind River Irrigation Project. Wyomin, Colorado State University.

4.Hashimoto, T., Stedinger, J.R., and Loucks, D.P. 1982. Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation. J. Water Resour. Res. 18: l. 14-20.

5.Kang, B., Lee, S.J., Kang, D., and Kim, Y. 2007. A flood risk projection for Yongdam dam against future climate change. J. Hydro-Environ. Res. 1: 2. 118-125.

6.Karimi, S.M., and Mosavi, S.J. 2010. Compare models WEAP and MODSIM-in based priority allocation of water resources at the catchment. Tente Conference first on Civil Engineering. 19 Esfand 2010, Ghaemshahr Islamic Azad University.

7.Loucks, D.P., and Van Beek, E. 2005. Water Resources System Planning and Management an Introduction to Method, models and application. United Nation Educational to Scientific and Cultural Organization/ delft Hydraulic. Netherlands, chapter 10.

8.Raafatisokhango, A.M. 2010. Application of MODSIM systems analysis in decision support system (DSS). M.Sc. Thesis, University of Mashhad Ferdowsi. (In Persian)
9.Sabzadeh, A., and Alimohammadi, S. 2011. The estimated rate of return flow from agriculture to help handle particle optimization algorithm. J. Irrig. Drain. 4: 6. 297-305. (In Persian)
10.Sadr, K., Abdiyan, M., and Khodarahmi, R.A. 1994.The estimated water demand in Tehran. Isfahan Water J. 13: 58-47. (In Persian)
11.Shourian, M., and Mosavi, S.J. 2006. Planning the optimal allocation of water resources in the catchment basin transfer purposes. Water Resources Management Conference Second, Isfahan Technology University. (In Persian)
12.Srdjevic, B., Medeiros, Y.D.P., and Faria, A.S. 2004. An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios. Water Resources Management, 18: 35-54.
13.Wurbs, R.A. 1994. Computer Models for Water Resources Planning and Mangement. Virginia: USACE, IWR, WRSC.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(5), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Urban water management using water resources planning MODSIM model

***S. Hosseinpour[1], A.A. Dehghani[2], A.R. Zahiri[3], M. Shoriyan[4] and M. Meftah Halghi[2]**

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Resource Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Assistant Prof., Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran

Received: 01/18/2015; Accepted: 11/02/2015

Abstract

Background and Objectives: Increasing need for water is the result of population growth and urban development, which demands a comprehensive programming for sufficient amount and appropriate quality of water. Modeling is one of the necessary elements of management and planning for water resources and use. Integrated mathematical quality-quantity water models are suitable tool to analysis various water resources management options. MODSIM is a decision support system for the analysis programming of long-term, mid-term and short-term functions that is used in the basin, inter-basin, drinking water and etc. The most important urban drinking water supply problems in Gorgan are lack of exploitation of surface and groundwater sources for drinking, groundwater restrictions to supply drinking water of Gorgan, severe drop in groundwater table, increasing trend of drinking water demand, ample water exploitation in agriculture sector in downstream and its effect on declining drinking water and improper recharge aquifers consequently causing disqualification in aquifers and salinity in wells. Offering appropriate solutions is essential for the next horizon, comprehensive study of the sources and the percentage of losses incurred on the desired horizon. The aim of this research is to analyze water resources management of drinking water of Gorgan assessing different managerial scenarios.

Material and Methods: In this study drinking water of Gorgan city was evaluated in short-term, mid-term and long-term periods by means of MODSIM model and the city's zoning to provide allowable pressure and prevent the leakage in the network. Model calibration was done for 2012 and 2013 on a daily scale and eventually the model was assessed on the basis of criteria's such as reliability and vulnerability. Hence by using various scenarios the future management of drinking water was evaluated.

Results: According to results, in all scenarios the 1st pressure zone (the most northern part of Gorgan) and 8-10 zones (the most southern part of Gorgan) have high reliability and low vulnerability indexes. In addition if the water supply conditions remain same as current (the reference scenario) in 2021 with a population increase of 7.2 percent compared to 2012, the reliability index and vulnerability index would be 7.2 percent and 50000 cubic meters per day.

Conclusion: Applying MODSIM model has been successful in simulation and management of drinking water resources hence using this model and linking it to other software's such as those related to groundwater and water quality is suggested. According to the result of model and scenarios, it is possible to inspect future water condition and recommend managerial strategies.

Keywords: Drinking water management, Reliability index, Vulnerability index, MODSIM, Gorgan city

* Corresponding Author; Email: hosseinpour_samira@yahoo.com