فصلنامه علوم محیطی،دوره هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸

۲۳۱-۲۴۸

تحلیل آمایشی سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب با رویکرد پویایی سیستم‌ها

زینب فیض الهی، محمدرضا شهبازبگیان*، سید عبدالکریم هاشمی و سیاوش شایان

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸

فیض الهی، ز.، م.شهبازبگیان. س.ع. هاشمی نخل ابراهیمی و س. شایان. ۱۳۹۸. تحلیل آمایشی سازمان فضایی حاکم بر منابع‌آب دشت میناب با رویکرد پویایی سیستم‌ها. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۴): ۲۴۸-۲۳۱.

سابقه و هدف: کمبود منابع آب شیرین و مدیریت آن، بعنوان یکی از دغدغه‌های اصلی بسیاری از کشورهای گرم و خشک می‌باشد که با کمبود منابع آب مواجه هستند. در این راستا مدیریت تقاضای منابع آب با رویکرد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین یکی از مسئله‌های بسیار مهم در بخش مدیریت آب در سطح جهان بحساب می‌آید.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر مکانیزم سیستمی حاکم بر بخش‌های مهم متعامل با منابع آب دشت میناب به مثابه سازمان فضایی حاکم بر منطقه با رویکرد پویایی سیستم‌ها در نظر گرفته شده است. در این مقاله ابتدا با استفاده از اصول دانش پویایی سیستم‌ها سه بخش اقتصادی، اجتماعی و مکانیزم انتقال آب به هرمزگان در قالب حلقه‌های علت و معلولی با نرم افزار و نسیم[1] ترسیم و سپس عملکرد آن‌ها با نمودارهای مرجع تصدیق شده است، که این فرآیند با مطالعه داده‌ها و اطلاعات مشاهده‌های منطقه و نیز مصاحبه حضوری با کارشناسان و مسئولان منطقه صورت گرفته است. به منظور کاهش وابستگی دشت میناب به فعالیت‌های کشاورزی پرآب و مدیریت تقاضای منابع آب، مکانیزم سیستمی سازمان فضایی هر سه بخش اقتصادی بصورت مجزا ترسیم شد. در این راستا زیرسیستم کشاورزی و جمعیتی هرکدام بطور مجزا از دو حلقه تعادلی و تقویتی تشکیل شدند. سپس این زیرسیتم‌ها بصورت جامع و در ارتباط با هم در قالب یک مکانیزم سیستمی سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب ترسیم شدند. در نهایت با مطالعه سیستمی سازمان فضایی منطقه سه سیاست از درون مکانیزم سیستمی در جهت مدیریت تقاضای منابع آب منطقه استخراج گردید.

نتایج و بحث: در این مقاله با تحلیل و مطالعه سازمان فضایی حاکم بر دشت میناب و با استفاده از دانش پویایی سیستم‌ها، عامل‌های تاثیرگذار منفی بر منابع آب این منطقه شناسایی گردید و سیاست هایی در راستای مدیریت تقاضای این منابع منطقه بیان شده است.

نتیجه گیری: با تحلیل مکانیزم سیستمی حاکم بر سازمان فضایی دشت میناب و استخراج سیاست‌های مربوطه سه روش ۱) سیاست تقویت آبزی‌پروری، ۲) سرمایه گذاری، تقویت منطقه آزاد تجاری، و ۳) سیاست بازچرخانی آب بعنوان اصلی ترین راهکار مدیریت منابع آب در این منطقه تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: آمایش سرزمین با محوریت آب، سازمان فضایی، تفکر سیستمی، دشت میناب، پویایی سیستم‌ها.

*Corresponding Author. *Email Address*: Mr.shahbazbegian@modares.ac.ir

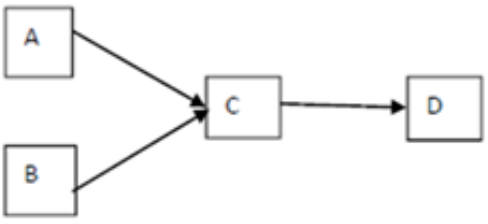
مقدمه

برنامه‌ریزی آمایش سرزمین برروی روابط فضایی سرزمینی تمرکز دارد و یک راه موثر برای ادغام برنامه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در جهت توسعه فضایی است (Albrechts *et al*., 2003). به بیان دیگر ابزار اصلی برنامه‌ریزی و تصمیم گیری منطقه‌ای و ملی، آمایش سرزمین می باشد، از نظر مفهومی آمایش سرزمین برقراری تعادل بین سه عنصر انسان، فضا و فعالیت است (Akbari *et al*., 2016): در واقع آمایش سرزمین به روش‌هایی که بطور عمده توسط بخش عمومی برای توزیع فعالیت‌ها در فضا استفاده می‌شود اشاره می‌کند (Morphet, 2010). بنابراین فضا یک مفهوم مهم در آمایش سرزمین است.

در این راستا، سازمان فضایی هر منطقه تبلور جریان و الگوی ارتباطات فضایی آن منطقه است، از دیدگاه جغرافیایی، بمنظور شناخت سازمان و نظام فضایی جغرافیایی، بر حوزه‌های کانونی برخورد فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی، همچنین حوزه‌های پیرامونی و میزان ارتباط و پیوستگی با یک سیستم تاکید می‌شود (Shakuie, 2006). همچنین به گفته کلاپکا سازمان فضایی، به جمعیت، توزیع فضایی و تعاملات بین این دو برگشته و در واقع الگوی پیچیده تعاملات مزبور است (Klapka *et al*., 2010)؛ در حالی که مفهوم ساختار فضایی به توصیف انتزاعی یا تعمیم یافته توزیع پدیده‌ها در فضای جغرافیایی اشاره دارد و حاصل توزیع مردم و فعالیت‌های اقتصادی در فضا است (Burgalassi and Luzzati, 2015). در واقع ساختار فضایی، توزیع فضایی جمعیت و فعالیت در پهنه سرزمین است که شبکه‌های ارتباطی این پهنه‌ها و گره‌ها را به هم متصل می کند (Garcia- Lopez, 2012).

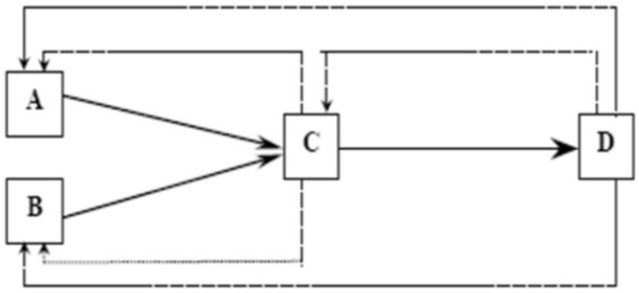
در آمایش سرزمین برای ترسیم و نمایش سازمان فضایی و ساختار فضایی منطقه‌ها بطور عمده از ابزارهایی همچون سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود (Klapka*etal*.,2010). بنابراین سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پایگاه داده یا عملکرد نقشه برداری یا نقشه سازی را ایفا کرده و اساسا یک برنامه ذخیره سازی و نمایش اطلاعات است (Wegener, 2001) و ماهیت آن بلحاظ تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و ارائه داده‌های فضایی بطور عمده استاتیک و غیرخطی می‌باشد(Klapka *et al*., 2010). در تفکر خطی فرض بر ثابت بودن اتفاقات و روند آن‌ها در یک سیستم در طول زمان است و هیچ گونه بازخوردی از خروجی به ورودی در نظر گرفته نمی‌شود (شکل ۱) (Bagheri and Hjorth, 2007).

از آنجا که این روش‌ها در تحلیل سیستم مورد مطالعه، تنها عامل‌های استاتیک فضا را در نظر می‌گیرند و به عامل‌هایی از جمله تعاملات علت و معلولی بین اجزای سیستم و همچنین به زمان‌های تاخیر در سیستم توجه نمی‌کنند، بنابراین محدود کردن برنامه‌ریزی آمایش سرزمین تنها به این ابزار، این نوع برنامه‌ریزی را به یک نوع برنامه‌ریزی ثابت تبدیل می‌نماید(De Roo, 2012) که توانایی حل مسئله‌های پیچیده را نداشته و این خود گویای وجود یک خلا جدی در مطالعات آمایش سرزمین است. ایده مقاله پیشرو آن است که خلا مزبور با رویکرد پویایی سیستم‌ها



$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_nX_n$$

شکل ۱- نگرش خطی در آمایش سرزمین(Richmond 1993)
Fig. 1- Linear approach in spatial planning (Richmond 1993)



شکل ۲-نگرش سیستمی در آمایش سرزمین (Richmond 1993)
Fig. 2- System approach in spatial planning (Richmond 1993)

قابل پوشش است. در این راستا رویکرد پویایی سیستم‌ها برگرفته از تفکر سیستمی بعنوان ابزاری در مدیریت و برنامه‌ریزی است (Bagheri and Hjorth, 2007) که توصیفی از روابط سیستمی و غیر خطی را در برگرفته (شکل۲) (Richmond, 1993) و توانایی حل مسئله‌های پیچیده، مانند مسئله‌های آب را دارد.

در نتیجه، توجه به سازمان فضایی و تغییرهای فضایی منابع آب از اولویت‌ها و سیاست‌های برنامه‌ریزی آمایش سرزمین برای تصمیم گیری و مدیریت یکپارچه منابع آب است (Fidelis and Roebeling, 2014). آمایش سرزمین و مدیریت یکپارچه منابع آب هر دو یک هدف مشترک، یعنی مدیریت و تعادل بین منابع موجود و تقاضای این منابع را دنبال می‌کنند. بنابراین دارای ارتباط مستقیمی با یکدیگر می‌باشند(Tong and Chen, 2002).

از جمله تحقیق‌های صورت پذیرفته در زمینه مدیریت یکپارچه منابع آب که در آن‌ها به تجزیه و تحلیل سازمان فضایی حاکم بر این منابع با استفاده از پویایی سیستم‌ها پرداخته شده است می‌توان به پژوهش، Davies and Simonovic (2011) ، که به ارزیابی یکپارچه بخش‌های هیدرولوژیکی و زمینه‌های اقتصادی – اجتماعی و طبیعی در زمینه آمایش منابع آب پرداخته‌اند اشاره کرد؛ در این پژوهش با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها به تحلیل سازمان فضایی منابع آب جهانی که در آن سیاست‌های مختلف این منابع را مورد بررسی قرار دادند پرداخته شده است. همچنین (Holmes *et al*., 2014) به مطالعه مشکل‌های شهرهای کوچک آفریقا که برای تامین آب در برابر افزایش تقاضای شهری رو به رو هستند پرداخته و با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها، سازمان فضایی حاکم بر تقاضای آب شهری را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. همچنین Sadegi *et al*. (2014) با استفاده از رویکرد سیستمی به تحلیل سازمان فضایی حاکم بر دشت سیستان با استفاده از نمودارهای علت و معلولی و نیز مفاهیم آمایش سرزمین، برای کنترل توسعه ناپایدار در منطقه به بیان راهکارهایی که ریشه در ایجاد سود و زیان مشترک برای دو کشور ایران و افغانستان پرداخته‌اند. در پژوهشی دیگر آگوس رودیانتو و همکارانش، با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها، سازمان فضایی مدیریت تقاضای منابع آب پایدار را بین خانوارها، شهر و صنعت در جزیره بتام و بنتام مطالعه سپس با استفاده از مدل شبیه‌ساز سیستمی سیاست‌های مدیریت این منابع پایدار را ارزیابی نمودند (Kotir*etal*.,2016)(Shahbazbegian*etal*.(2016)در مطالعه‌ای با رویکرد آمایشی، سازمان فضایی حاکم بر منابع آب مشترک دو کشور ایران و افغانستان را به مثابه یک سیستم خود سامان در نظرگرفتند که درطول زمان پیچیدگی آن افزایش می‌یابد. براین اساس آن‌ها تحت سناریوهای بین المللی به سیاستگذاری مبتنی بر دانش پویایی سیستم‌ها در هدایت سیستم خودسامان مزبور به سمت افزایش ثبات منطقه پرداختند(همان منابع). در مقاله‌ای دیگر ناصری و همکاران با مدل پویایی سیستم‌ها با مطالعه سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت تبریز به مدیریت منابع این منطقه به دلیل بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی و محدودیت‌های آب سطحی پرداخته و سیاست‌هایی برای

شناسایی نوسانات و بهره‌برداری از سطح منابع آب زیرزمینی و همچنین بحران عرضه و تقاضا پیشنهاد داده شده است (Naseri *et al*., 2017). Bastani *et al*. (2018) به بیان یک سیستم جامع و یکپارچه برای توسعه صنعت کشاورزی ایران با مطالعه سازمان فضایی منطقه پرداخته و متغیرهای مدل مفهومی استخراج شده است. سپس سه سناریو برای توسعه صنعت کشاورزی با استفاده از نرم افزار ونسیم شبیه سازی شده است مطالعات انجام شده گویای آن است که کاربرد پویایی سیستم‌ها در آمایش سرزمین با محوریت آب خیلی ناآشنا نیست و در مطالعه مدیریت یکپارچه منابع آب از بعد آمایشی لازم است که به تفکر سیستمی توجه شود تا بتوان سیستم را بصورت پویا و غیرخطی در طول زمان مطالعه کرد و سناریوهای مختلف برای اندازه‌گیری کارایی سیاست‌ها را شبیه سازی نمود (Radianti *et al*., 2003). مسئله مدیریت تقاضای آب در منطقه‌های خشک و نیمه خشک جهان که در معرض خشکسالی دوره‌ای قرار دارند یکی از مسئله‌های بسیار مهم و حساس بشمار می‌رود، در همین راستا ایران نیز با توجه به قرارگیری در نوار خشک و نیمه خشک و موقعیت جغرافیایی خاص خود، نیاز مبرم به وارد شدن در مبحث‌های آمایش منابع آب و مدیریت تقاضای آنها دارد. دشت میناب که یکی از منطقه‌های بسیار مهم استان هرمزگان از لحاظ منابع آبی است، با مشکل‌های زیادی از لحاظ مدیریت تقاضای منابع آب روبه‌رو است و در سال‌های اخیر بدلیل نبود دسترسی کافی به منابع آب و همچنین شرایط خشکسالی، بخش کشاورزی این منطقه با مشکل‌هایی رو به رو بوده است. (Arab *et al*., 2010).

به دنبال تحلیل آمایش سرزمین دشت میناب با محوریت بخش آب با رویکرد پویایی سیستم‌ها، در این مقاله ابتدا به معرفی مختصر دانش پویایی سیستم‌ها و اصول ترسیم حلقه‌های علت و معلولی و سپس معرفی منطقه و مشکل‌های آبی آن پرداخته می‌شود و پس از معرفی ، با استفاده از اصول تحلیل روابط علت و معلولی، سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در پایان با بحث و نتیجه گیری و بیان راهکارها به پایان می‌رسد.

مواد و روش‌ها

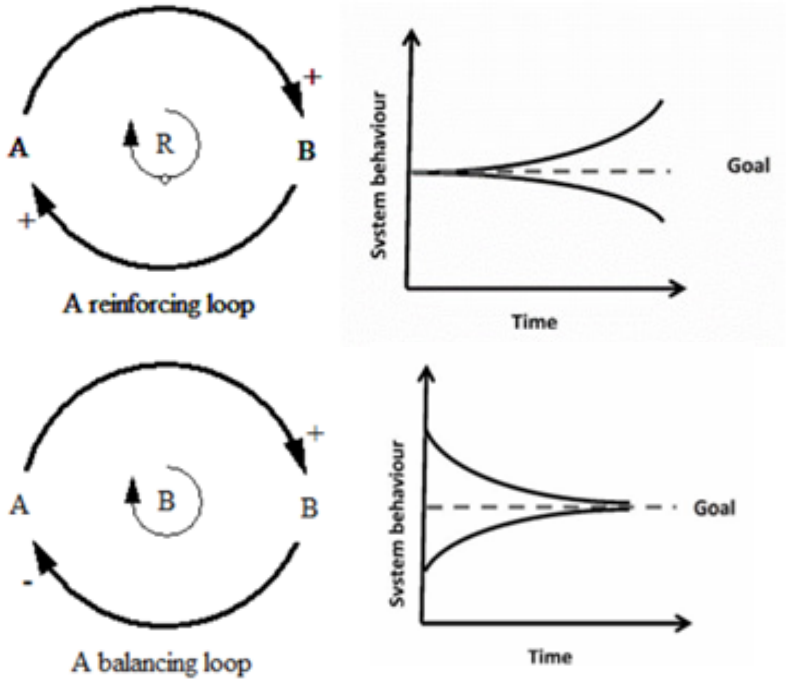
دانش پویایی سیستم‌ها و حلقه‌های علت و معلولی

رویکرد پویایی سیستم‌ها نخستین بار توسط فرستر در موسسه فناوری ماساچوست در سال ۱۹۵۸ مطرح شد (Forrester,1961). پویایی سیستم‌ها شاخه‌ای از تفکر سیستمی است که به بیان یک تفکر مدل‌سازی و متدولوژی شبیه سازی بویژه بررسی و مطالعه رفتار پویایی سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های منابع آب می‌پردازد (Forrester,1961) و امکان مطالعه‌ی ساختار و رفتار سیستم‌های پیچیده ی اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را فراهم می‌کند (Sterman, 2002).

در این روش، سیستم‌های پیچیده توسط بازخورهای متعدد، تاخیر زمانی، ذخیره‌سازی و از طریق معادلات دیفرانسیل مربوط به هم توصیف می‌شوند. هدف پویایی سیستم‌ها، پیش بینی کمی آینده نیست بلکه بدنبال دست یافتن به دانش وسیع در مورد ارتباطات دینامیکی متقابل میان سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی، محیط زیستی است(Sterman, 2002).

در این راستا، نمودارهای علیت، ابزاری برای مفهوم ساختن ساختار یک سیستم پیچیده در تفکر سیستمی هستند. بنابراین پویایی سیستم‌ها برگرفته از تفکر سیستمی است که ساختار سیستم از حلقه‌های علت و معلولی یا همان بازخوردهای موجود در یک سیستم تشکیل شده است. روابط بین دو یا چندین متغیر را از طریق روابط یا حلقه‌های علت و معلول نشان می‌دهند. همه سیستم‌های پویا صرف نظر از میزان پیچیدگی در عمل از تعدادی حلقه مثبت و منفی تشکیل شده‌اند که رفتار سیستم حاصل برآیند رفتار حلقه‌ها است (شکل۴)(Sterman, 2002).

بنابر شکل۴، نمودارهای علیت نحوه تاثیر متغیرها بر روی یکدیگر و پسخوران بین آن‌ها را نمایش می‌دهند. بدین صورت که اگر تغییرهای متغیر مستقل و وابسته در یک جهت باشند رابطه علی مثبت و در صورتی که تغییرهای متغیر مستقل و وابسته عکس یکدیگر باشند رابطه علی منفی خواهد بود. اگر حاصلضرب علامت‌های یک حلقه مثبت شود،



شکل۳-حلقه‌های علت و معلولی تقویتی و تعادلی در پویایی سیستم‌ها (Sterman 2002)
Fig. 3- Causal Loop Diagrams (CLDs), reinforcing (R) and balancing(B) loops in system dynamics (Sterman 2002)

حلقه مزبور یک حلقه تقویتی (R) و در صورتی‌که حاصلضرب آن‌ها منفی شود حلقه مزبور یک حلقه تعادلی (B) خواهد بود. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است هریک از حلقه‌های مزبور رفتار مربوط به خود را در طول زمان ایجاد می‌نمایند.

تحلیل عملکرد حلقه‌های سیستمی

در پژوهش حاضر متغیرهای مهم بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی به مثابه سازمان فضایی حاکم بر بخش منبع آب دشت میناب مورد تحلیل قرار گرفته است. در این بخش از مقاله ابتدا روابط بین متغیرهای کلیدی حاکم بر سازمان فضایی دشت میناب بر اساس اصول ترسیم حلقه‌های علیتی (شکل ۴) ترسیم شد. سپس با استفاده از مصاحبه حضوری با کارشناسان منطقه و مطالعه داده‌ها و اطلاعات مشاهداتی از جمله سالنامه‌های آماری و طرح‌های گزارش آب منطقه گردآوری و روابط اولیه بین متغیرهای مدل با استفاده از تحلیل داده‌های به‌دست آمده تدقیق گردید. پس از آن با استفاده از نرم افزار ونسیم مدل مفهومی بنابر اصول، حلقه‌های علیتی ترسیم و حلقه‌های تقویتی و تعادلی شناسایی گردیده‌اند. در نهایت با استفاده از نمودارهای مرجع رفتارهای مشاهداتی متغیرهای کلیدی در طول زمان ترسیم شده و عملکرد هریک از حلقه‌های ترسیم شده با استفاده از همین نمودارهای مرجع مورد بحث و بررسی قرارگرفته‌اند.

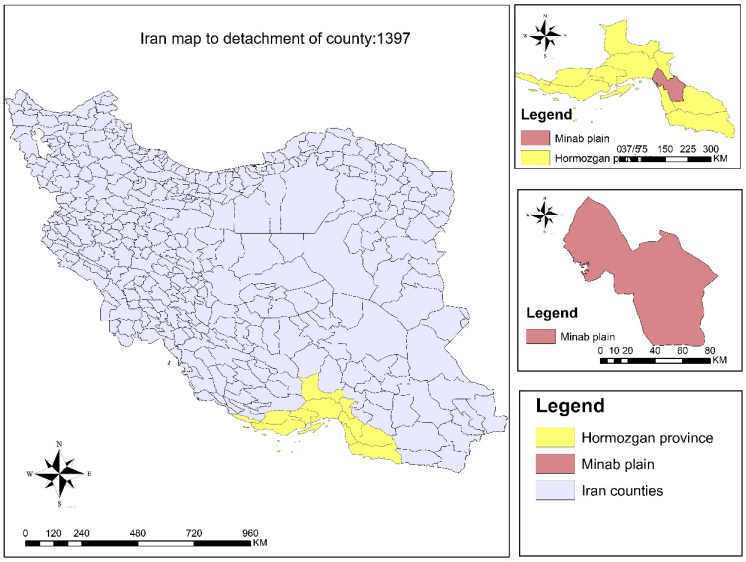
معرفی منطقه مطالعاتی

دشت میناب با مساحت ۵۳۹۲,۹ کیلومتر مربع در استان هرمزگان واقع شده است. (شکل۳) (Bazrafshan *et al*., 2017). دشت مزبور از لحاظ منابع آبی و کشاورزی یکی از حوضه‌های پرآب کشور محسوب می‌شود که در دو دهه گذشته بدلیل افزایش سریع جمعیت و توسعه فعالیت‌های بخش کشاورزی، صنعتی و خدمات بیشتر با محدودیت‌های شدید منابع آب سطحی و زیرزمینی رویاروی بوده است (Razaii, 2014). کاهش منابع آب در نتیجه‌ی استخراج برای تامین منابع آب مزرعه‌ها و مصرف داخلی می‌باشد که، سبب خشکسالی دشت میناب و روستاهای اطراف شده و برداشت بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی افت شدید آن‌ها را بدنبال داشته است (شکل۳) (Hosseinzadeh and Nohegar, 2012).

نتایج و بحث

تحلیل سیستمی حاکم برمنابع آب دشت میناب

بمنظور تحلیل سیستمی، هر یک از سه بخش اقتصادی، اجتماعی و منابع آب دشت میناب بعنوان یک زیرسیستم



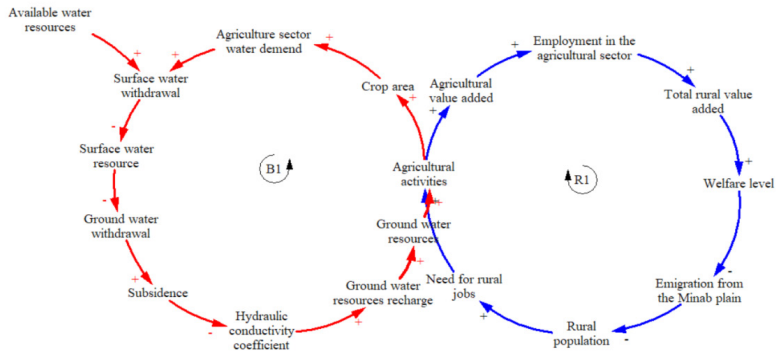
شکل۴- نقشه ایران و موقعیت دشت میناب (نگارندگان)
Fig. 4- Location of the Minab plain in Iran (Author)

بصورت جداگانه مورد تحلیل قرار گرفته و برای تصدیق عملکرد هر حلقه از نمودارهای مرجع استفاده شده است. تحلیل‌های هر بخش از طریق مصاحبه حضوری با کارشناسان و مسئولان منطقه شامل کارشناسان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان هرمزگان و همچنین آمار و داده‌های منطقه به‌دست آمده است. تعدادی از داده‌ها بدلیل نبود اطلاعات در سطح منطقه، در سطح استانی تهیه شده و به منطقه تعمیم و در نمودارهای مرجع آورده شده‌اند.

تحلیل سیستمی زیر سیستم بخش اقتصادی دشت میناب

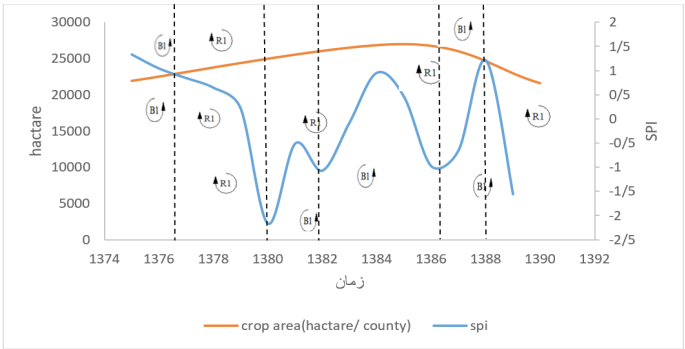
از آنجا که بخش کشاورزی بیشترین سهم تولید ارزش افزوده در دشت سیستان را دارد، بنابراین مکانیزم سیستمی بخش اقتصادی دشت میناب بیشتر متمرکز بر این قسمت می‌باشد. زیرسیستم بخش اقتصادی از دو حلقه تعادلی و تقویتی تشکیل شده است (شکل ۵). حلقه تقویتی مکانیزم ترسیم شده، چگونگی رشد فعالیت کشاورزی را در منطقه نشان می‌دهد، که در آن با افزایش فعالیت‌های کشاورزی کل ارزش افزوده حاصل از کشاورزی، اشتغال در بخش کشاورزی و کل ارزش افزوده روستا افزایش می‌یابد و با افزایش کل ارزش افزوده روستاییان، سطح رفاه آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین افزایش سطح رفاه منجر به کاهش مهاجرت به خارج از میناب خواهد شد که اگر کاهش یابد نتیجه‌ای عکس و افزایش مهاجرت و در نتیجه کاهش جمعیت در روستا را در پی خواهد داشت. افزایش جمعیت در روستا نیاز به کار را افزایش داده و به دنبال آن، فعالیت‌های کشاورزی نیز بیشتر می‌شوند. بدین ترتیب حلقه تقویتی اول تشکیل شده است (شکل ۵).

حلقه تعادلی ترسیم شده در شکل ۵ نشان دهنده‌ی روند برداشت منابع آب برای فعالیت‌های کشاورزی است، که در آن با افزایش فعالیت‌های کشاورزی سطح زیرکشت و بدنبال آن میزان تقاضای آب افزایش یافته و برداشت بیشتر از آب‌های سطحی را بدنبال دارد. برداشت مزبور، منابع آب سطحی را کاهش داده و با زیاد شدن این منابع، برداشت آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد. این پدیده ارتباط مستقیمی با فرونشست زمین دارد چراکه با افزایش رخدادهای فرونشستی، ضریب هدایت هیدرولیکی کاهش یافته و در ادامه روند تغذیه منابع آب زیرزمینی را مختل می‌نماید. این امر موجب کاهش منابع زیرزمینی و به تبع آن کاهش فعالیت‌های کشاورزی خواهد شد. در این حلقه، دسترسی به منابع آب یک محدودیت بحساب می‌آید که این محدودیت تاثیر کلی بر فعالیت‌های کشاورزی داشته و یک مکانیزم محدودیت رشد را ایجاد می‌کند (شکل۵). بمنظور تصدیق رفتار مورد انتظار از حلقه تعادلی اول از سنجه خشکسالی(SPI)[۲] استفاده شده است. در نمودار



شکل۵- زیر سیستم بخش کشاورزی
Fig. 5- Agricultural subsystem sector

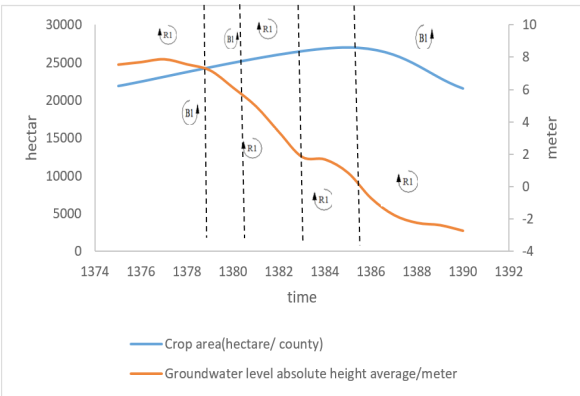
شکل۶، سنجه خشکسالی SPI و سطح زیرکشت منطقه قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به این نمودار، خشکسالی و ترسالی منطقه در زمان ۲۵ سال همواره با نوساناتی رو به رو بوده و سطح زیرکشت با وجود خشکسالی‌ها همواره در حال افزایش است، این افزایش تا سال ۸۶ ادامه داشته و از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۸۸ با وجود بارندگی و یک دوره ترسالی، منجر به کاهش سطح زیرکشت شده است. بنابر بررسی صورت پذیرفته، شاید بتوان گفت که دلیل روند افزایشی سطح زیر کشت تا سال ۸۵ با وجود خشکسالی‌های مربوطه آن است که تا سال ۱۳۸۵ دشت میناب با افزایش جمعیت روبه‌رو شده و نیروی کار منطقه بدلیل نبود اشتغال کافی به سمت فعالیت‌های کشاورزی گرایش پیدا کرده‌اند و در نتیجه سطح زیر کشت در این دوره افزایش یافته است (شکل۶). کشاورزان برای حفظ یا افزایش سطح زیرکشت خود، نیاز به منابع آبی دارند، درنتیجه نیاز خود را از طریق برداشت منابع زیرزمینی برطرف می‌کنند، این برداشت سبب فشار به منابع آب زیرزمینی شده و کاهش سطح آن‌ها را بهمراه خواهد داشت. این روند تا سال۱۳۸۶ ادامه داشته و از این سال به بعد با وجود کاهش سطح زیرکشت و بارندگی، منابع آب زیرزمینی پاسخگوی سطح زیرکشت نبوده و بشدت کاهش



شکل ۶- نمودار سنجه خشکسالی(SPI) در برابر سطح زیرکشت
Fig. 6- Drought index (SPI) diagram versus crop area

یافته‌اند (شکل ۷). در هر کدام از نمودارهای مرجع، حلقه سیستمی مسئول برای هر قسمت از رفتار نمودار در طول زمان با علائم مخفف R و B مشخص شده‌اند.

قسمت اعظم این برداشت مربوط به برداشت آب از چاه‌های بستر رودخانه میناب برای انتقال به مصرف‌های شرب بندرعباس می‌باشد (Minab plain water balance, 2012). همچنین بقیه منابع آب نیز از طریق چاه‌های کمک جدول (کانال‌های آبی که در اطراف سد احداث می‌شوند) برای آبیاری باغ‌ها استفاده می‌شود (Minab plain reconstruction report, 2017). در واقع با کاهش سطح زیر کشت درسال ۸۶، همچنان برداشت منابع آب زیرزمینی ادامه داشته و این روند منجر به کاهش سطح ارتفاع منابع



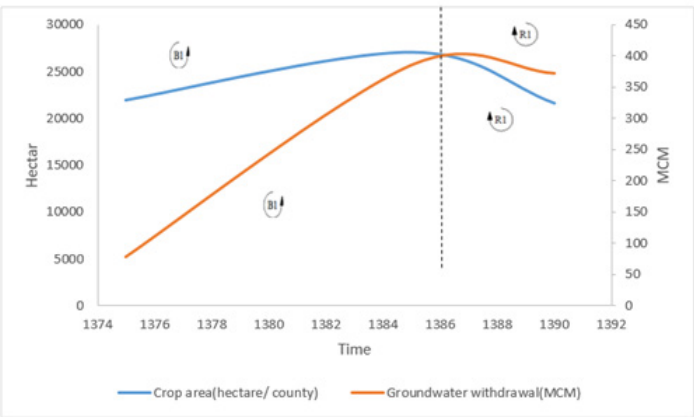
شکل۷- نمودار تغییرهای سطح زیرکشت و تغییرهای میانگین ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی
Fig. 7- The time series of crop area versus ground water level

آب زیرزمینی و پاسخگو نبودن به نیاز آبی کشاورزان شده است. این امر عامل اصلی خشک شدن تعداد زیادی از باغ‌ها از جمله نخیلات منطقه بوده است. همچنین در زمان وقوع خشکسالی سهمی از آب سد به کشاورزان تعلق نمی‌گیرد که در این صورت کشاورزان ناگزیر از برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی برای رفع نیاز آبی خود می‌باشند. به این ترتیب با کاهش سطح زیرکشت و افزایش برداشت منابع آب زیرزمینی، یک حلقه تقویتی در منطقه ایجاد شده که منطقه را از حالت پایداری دور کرده است (شکل۸).

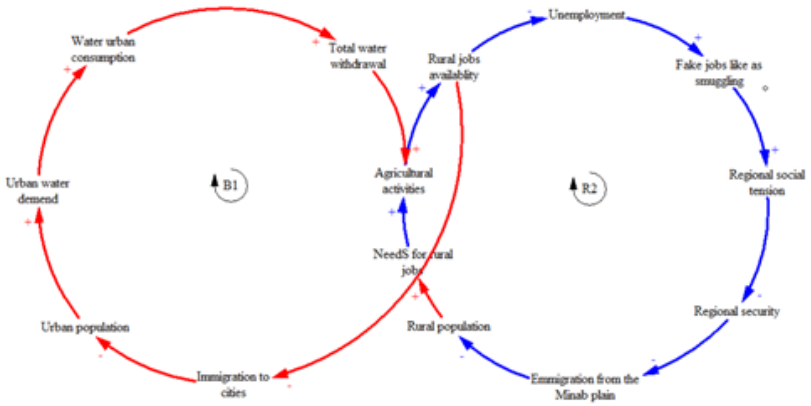
زیر سیستم بخش اجتماعی

دشت میناب از نظر جمعیتی بعنوان یکی از منطقه‌های مهم استان هرمزگان، رتبه دوم منطقه بعد از بندرعباس را به خود اختصاص داده است. در سال‌های اخیر جمعیت روستایی و شهری این منطقه بدلیل خشکسالی تغییرهای زیادی را به خود دیده است. زیرسیستم بخش اجتماعی با تاثیرگذاری در بخش آب می‌تواند این تغییرها را تفسیر نماید. با توجه به شکل۶، این بخش از دو قسمت شهری و روستایی و از دو حلقه تقویتی و تعادلی تشکیل شده است؛ حلقه تعادلی یک، مربوط به مکانیزم سیستمی روند مصرف آب در بخش شهری است. در حلقه تقویتی مزبور، افزایش فعالیت‌های کشاورزی در منطقه، سبب دسترسی به شغل در روستا شده که با افزایش دسترسی به کار در روستا، مهاجرت به شهر کاهش خواهد یافت. بدین ترتیب دشت میناب با افزایش تقاضای آب شهری مواجه خواهد شد. اگرچه این مکانیزم افزایش تقاضای آب شهری را به دنبال دارد ولی نوع آب مصرفی در آن با مصرف کشاورزی تفاوت داشته و بیشتر موجب افزایش مصرف آب تصفیه شده شهری خواهد شد. بدلیل اولویت داشتن تامین آب شرب به کشاورزی این مکانیزم موجب ایجاد محدودیت برای فعالیت کشاورزی خواهد شد.

همچنین براساس شکل۹ حلقه تقویتی دوم گویای آن است



شکل۸- نمودار برداشت از منابع آب زیرزمینی در برابر سطح زیر کشت
Fig. 8- Groundwater resources withdrawal versus crop area

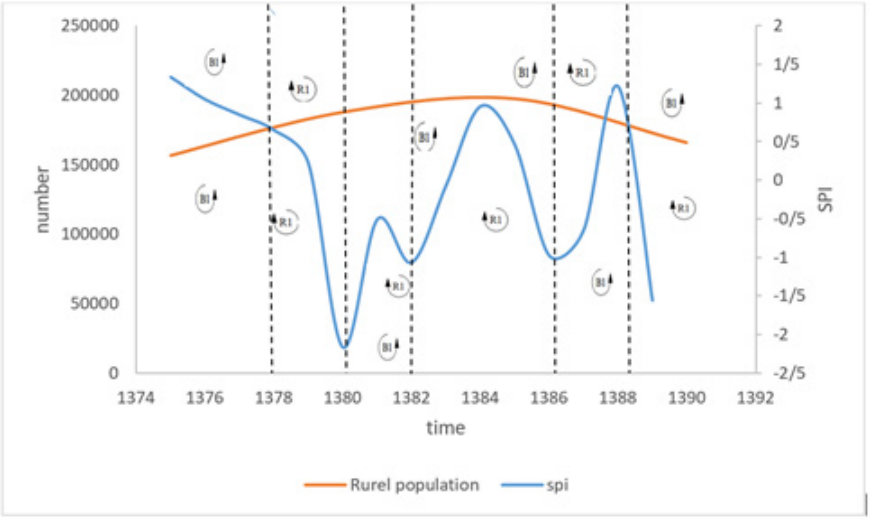


شکل۹ – زیرسیستم بخش جمعیت
Fig. 9- Subsystem of the social sector

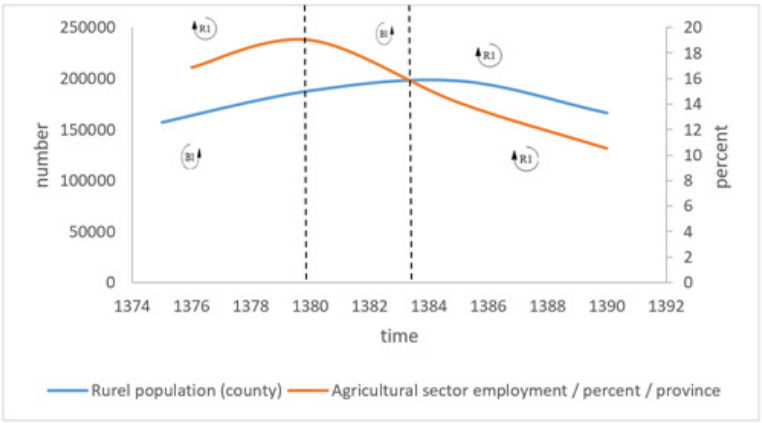
که افزایش فعالیت‌های کشاورزی موجب کاهش بیکاری شده است. بدین ترتیب پتانسیل روی آوردن به سمت شغل‌های کاذب مانند قاچاق و تنش‌های اجتماعی را کنترل می‌نماید؛ حلقه مزبور از آن جهت دارای اهمیت است که افزایش تنش‌های اجتماعی منطقه سبب کاهش امنیت شده و افزایش مهاجرت به خارج از دشت میناب و کاهش جمعیت این دشت را به دنبال دارد(شکل۹).

برای تحلیل مکانیزم سیستمی بخش اجتماعی از نمودارهای مرجع برای اثبات عملکرد حلقه‌ها استفاده شده است. شکل۱۰، که روند رشد جمعیت میناب را با توجه به سنجه خشکسالی نشان می‌دهد، بیانگر این واقعیت است که جمعیت روستا با یک رشد سریع از سال ۱۳۷۵ تحت فعالیت حلقه تقویتی R2 رو به افزایش بوده است. سپس با بروز خشکسالی‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۲ و فعالیت حلقه تعادلی B1 منتج از کاهش فعالیت کشاورزی و به تبع آن افزایش بیکاری و مهاجرت روند آن تضعیف شده و با یک رفتار هدفجو تا سال ۱۳۸۵ روند رشد جمعیت متوقف شده است. و پس از آن با یک روند نزولی کاهش پیدا کرده است. مقایسه رفتار نمودار جمعیت روستا با نمودار سنجه SPI می‌تواند بیانگر آن باشد که در نهایت خشکسالی‌های مربوط به سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۶ منجر به غالبیت حلقه B1 در منطقه شده است.

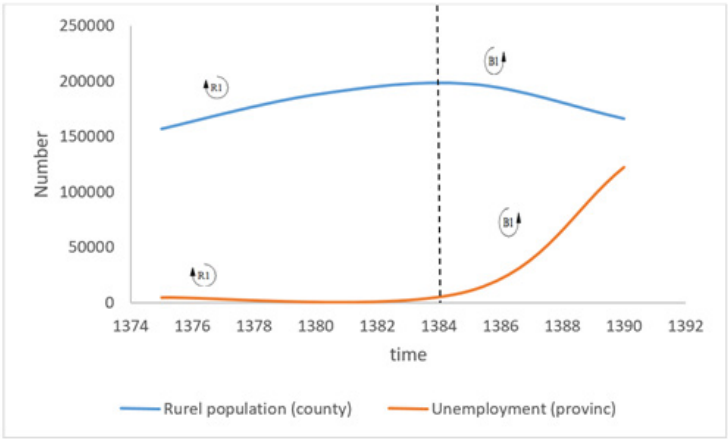
بنابراین اشتغال در بخش کشاورزی که تا سال ۱۳۸۰ روند رو به رشدی داشته، از سال ۱۳۸۳ به بعد، بدلیل اینکه نتوانسته



شکل۱۰– جمعیت روستا در برابر سنجه خشکسالیSPI
Fig. 10- Rural population versus SPI index



شکل۱۱- شاغلان بخش کشاورزی در برابر جمعیت روستا
Fig. 11- Agricultural employee versus rural population

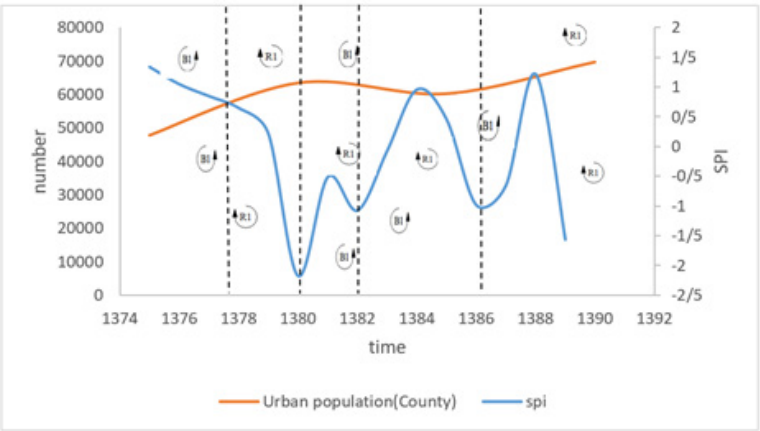


شکل۱۲- جمعیت بیکار در دشت میناب در برابر جمعیت کل روستا
Fig. 12- Unemployment population versus total rural population

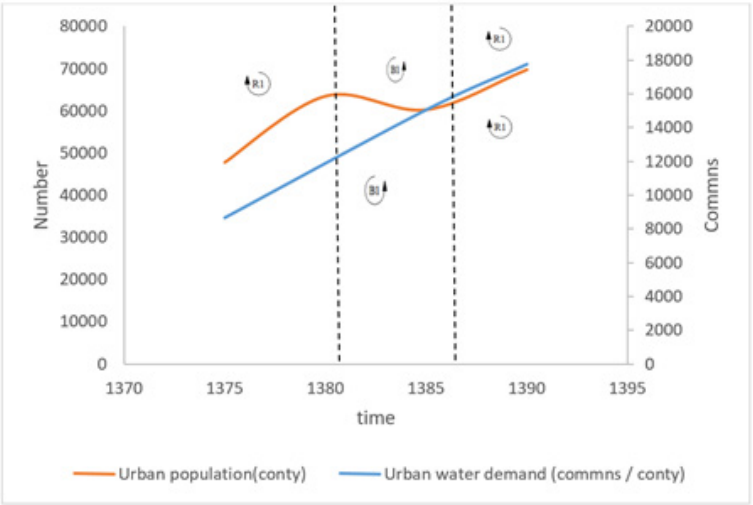
پاسخگوی تقاضای اشتغال جمعیت منطقه باشد مکانیزم تقویتی (R1) را در منطقه ایجاد کرده است. در کل می‌توان گفت که روند اشتغال، بدلیل خشکسالی‌های مکرر و همچنین نبود دسترسی کشاورزان به منابع آب مورد نیاز کاهش یافته است (شکل۱۱)؛ درنتیجه بیکاری در سطح روستا بیشتر شده و مهاجرت برای دسترسی به شغل مناسب صورت گرفته است (شکل۱۲). با توجه به شکل۱۳، بین سال‌های ۷۷ تا ۸۰ رشد جمعیت شهری قدری همسو با روند خشکسالی بوده است. به این ترتیب که به دلیل خشکسالی و کاهش فعالیت‌های کشاورزی، روستاییان برای جستجوی کار به سمت شهرها مهاجرت کرده‌اند، بنابراین جمعیت شهری تا سال ۱۳۸۱ افزایش داشته و از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۸۵ بدلیل یک دوره ترسالی، مهاجرت معکوس (برگشت تعدادی از جمعیت شهری به سمت روستاها) یا مهاجرت به خارج از میناب کاهش یافته است. همچنین در سال ۱۳۸۶ با وقوع یک خشکسالی به‌نسبت شدید، دوباره مهاجرت به شهر افزایش یافت. (شکل۱۳). این عامل‌ها بر تقاضای آب شهری تاثیر داشته و روند رشد جمعیت شهرها سبب افزایش تقاضای آب شهری در سال‌های اخیر شده است (شکل۱۴).

مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب

دراین قسمت مدل کلی مکانیزم سیستمی سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب توصیف شده است. در مدل مزبور حلقه انتقال آب از دشت میناب به دیگر شهرستان‌ها (حلقه تعادلی۲ در شکل ۱۵) نیز آورده شده است. که بدلیل نبود آمار و داده و اطلاعات این حلقه به صورت منفک مورد تحلیل قرار گرفته است. حلقه تقویتی مزبور، نشان می‌دهد هرچه برداشت از



شکل ۱۳- جمعیت شهری در برابر سنجه خشکسالی SPI
Fig. 13- Urban population versus SPI drought index

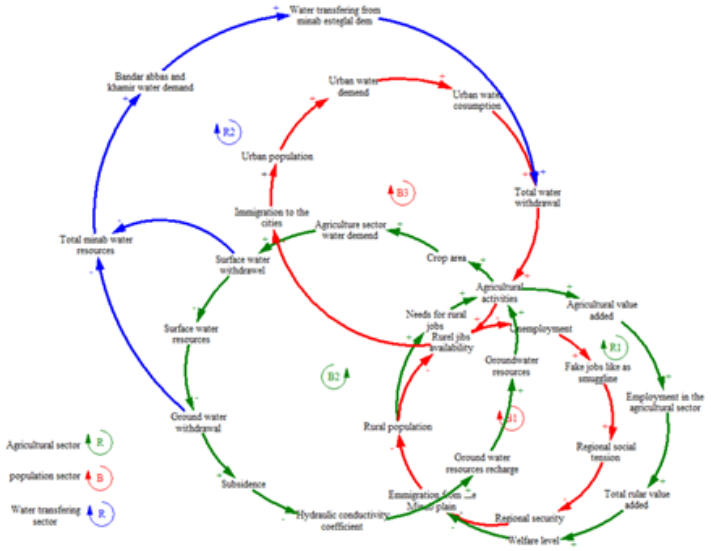


شکل۱۴- جمعیت شهری در برابر تقاضای آب شهری
Fig. 14- Urban population versus urban water demand

منابع آب سطحی و زیرزمینی بیشتر شود، کل منابع آب میناب کاهش یافته و با افزایش کل این منابع، تقاضای شهرستان‌های کم آب مانند بندرعباس و خمیر افزایش می‌یابد (شکل ۱۵). بدین ترتیب به موازات افزایش تقاضای شهرستان‌های کم آب، انتقال آب از سد استقلال میناب نیز افزایش می‌یابد که این انتقال آب موجب تشدید برداشت از منابع آب موجود می‌شود. درنتیجه با افزایش برداشت، منابع آب در دسترس کمتر شده که به تبع آن منجر به کاهش فعالیت‌های کشاورزی و سطح زیر کشت خواهد داشت.

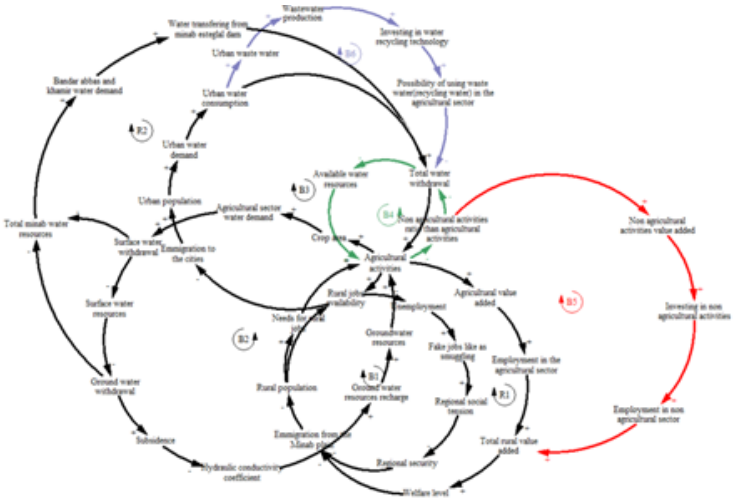
بیان راهکار برای حفظ تعادل سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب

از آنجا که مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب از سه حلقه تعادلی و دو حلقه تقویتی تشکیل شده است. بنابر اصول پویایی سیستم‌ها می‌توان با تمرکز بر حلقه‌های مزبور اثرهای منفی مکانیزم سیستمی حاکم بر منطقه را کنترل کرد و منطقه را به سمت یک حالت پایدار سوق داد. برای این منظور باید بر دو نوع سیاست شامل سیاست‌های منجر به کنترل اثرهای منفی حلقه‌های تقویتی و سیاست‌های منجر به کنترل اثرهای منفی حلقه تقویتی متمرکز بود. تمرکز بر سیاست‌های نوع اول، در کاهش وابستگی به فعالیت‌های کشاورزی و منابع آب زیرزمینی بسیار موثر می‌باشند. بنابراین باید به استراتژی‌های منجر به تغییر معیشت منطقه که منجر به کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی می‌شوند تاکید نمود. از آنجا که بخش کشاورزی مهمترین بخش مصرف کننده آب در آن منطقه بحساب می‌آید. بنابراین



شکل ۱۵- مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب
Fig. 15- The System mechanism governing the Minab plain water resources

این تغییر معیشت باید در چارچوب توسعه و جایگزین نمودن فعالیت‌های کشاورزی با فعالیت‌های غیرکشاورزی کم آب بر، بنابر موقعیت و شرایط منطقه انجام شود. در این راستا می‌توان به سیاست‌های کم آب بری همچون تقویت و ایجاد منطقه‌های آزاد تجاری و تقویت فعالیت‌های آبزی پروری مانند پرورش میگو اشاره نمود. از آنجایی که هیچ سرمایه گذار خارجی و روابط تجاری خارجی با کشورهای همسایه در این منطقه دیده نمی‌شود، با اجرای سیاست مبتنی بر تقویت منطقه آزاد تجاری، مشابه آنچه در شکل ۱۵ ترسیم شده است، می‌توان ارزش افزوده کل استان را افزایش داد. تقویت فعالیت آبزی پروری نیز که در حال حاضر در منطقه دارای نواحی مستعد پرورش میگو با سطح زیرکشت ۲۰۰۰ هکتار و با تولیدهای ۱۵ هزار تن در سال است (Provincial fisheries organization Report , 2018) و کمابیش هیچگونه وابستگی به منابع آب زیرزمینی ندارد، قابلیت افزیش سطح زیرکشت به ۳۰۰۰ هکتار در سال را دارد. اجرای سیاست‌های مزبور منجر به ایجاد دو حلقه تعادلی منجر به تقویت فعالیت‌های غیرکشاورزی در مکانیزم سیستمی مستخرج خواهد شد (حلقه سبز و قرمز رنگ شکل۱۶). این حلقه‌های تعادلی با کاهش نسبت فعالیت‌های کشاورزی به غیرکشاورزی، برداشت از منابع آب زیرزمینی و آب سطحی را کاهش داده و بدین ترتیب



شکل۱۶ - راهکارهای سیستمی ترسیم شده بر روی مکانیزم سیستمی دشت میناب
Fig. 16- Systems strategies to map on the Minab plain system mechanism

جدول ۱- سیاست‌های استخراج شده از مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب
Table 1. Given polices based on system mechanism governing the Minab plain water resources

سیاست‌های سیستمی System policies	فعالیت‌های اختصاصی Specialized activities	تاثیرات Impacts
تقویت آبزی پروری Promoting Aquaculture	پرورش میگو در منطقه‌های مستعد مانند خورها Shrimp cultivating in high potential areas such as estuaries	تغییر الگوی معیشت منطقه Changing livelihood of the region کاهش مصرف آب کشاورزی Decreasing agricultural water consumption افزایش اشتغال Increasing employment کاهش مهاجرت نخبگان Decreasing emigration of elites افزایش سرمایه‌گذاری داخلی
منطقه‌های آزاد تجاری Free trade zone	استفاده از منطقه‌های ساحلی برای تجارت با کشورهای همسایه Use of coastal areas for trading with neighboring Countries تاسیس مجتمع‌های تجاری Building up commercial malls	افزایش سرمایه‌گذاری داخلی Increasing interior investment تغییر الگوی معیشت Changing livelihood of the region افزایش اشتغال Increasing employment تجارت بین کشورهای همسایه Making trade relations with neighboring countries افزایش سرمایه‌گذاری خارجی Increasing foreign investments
بازچرخانی آب Water recycling	استفاده از فاضلاب شهری برای آبیاری بخش کشاورزی Use of municipal wastewaters for irrigation in agricultural land	افزایش خدمات منطقه‌ای Increasing regional services کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی Decreasing pressure on groundwater resources تقویت زیرساخت‌های فاضلاب Promoting waste water infrastructures

تاثیر منفی حلقه‌های تقویتی اول، مانند مهاجرت، بیکاری و حلقه تقویتی دوم مانند نیاز به کار، مهاجرت به شهر، تقاضای آب شهری را که آسیب‌پذیری منطقه را افزایش می‌دهند کنترل می‌نمایند.

بدین ترتیب با افزایش فعالیت‌های غیرکشاورزی و به تبع آن افزایش ارزش افزوده آن بخش، سرمایه گذاری و همچنین اشتغال در منطقه افزایش خواهد یافت. در این صورت سطح رفاه در بلند مدت افزایش یافته و مهاجرت به خارج از میناب کاهش می‌یابد. کاهش مهاجرت به خارج از میناب منجر به افزایش جمعیت روستا شده که افزایش نیروی کار بومی برای بازار کار ایجاد شده با محوریت مشاغل کم آب بر را تقویت می‌نماید(شکل۱۶).

با توجه به افزایش جمعیت شهری در سال ۹۵ و افزایش تقاضای آب شهری (شکل ۱۴) و همچنین نبود سیستم فاضلاب شهری در میناب و پتانسیل بالای راه‌اندازی سیستم بازچرخانی آب، راهکار دیگر مبتنی بر اعمال سیاست استفاده از تکنولوژی بازچرخانی آب با تمرکز بر پساب بخش شهری است (حلقه آبی رنگ ترسیم شده در شکل ۱۶). از سوی دیگر، افزایش مصرف آب شهری و به تبع آن افزایش پساب شهری نیز منجر به افزایش پتانسیل سرمایه گذاری در فنآوری بازچرخانی آب خواهد شد و به دنبال آن امکان استفاده از پساب شهری در بخش کشاورزی نیز فراهم می‌شود که

کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی را در پی دارد. در جدول ۱، سیاست‌های استخراج شده از مکانیزم سیستمی منطقه و همچنین اثرهای این سیاست‌ها بر منطقه آورده شده است.

روی هم رفته بنظر می‌رسد که یکی از مهمترین اقدام‌ها برای فراهم آوردن زمینه‌های اجرای این راهکارها جذب سرمایه گذار برای سرمایه‌گذاری در بخش گسترش فعالیت‌های غیرکشاورزی و نیز راه‌اندازی سیستم بازچرخانی آب است. کاهش سرمایه گذاران در این منطقه در سال‌های اخیر معلول نبود توجه به ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های مزبور در منطقه و تمرکز صرف بر بخش پرآب بر کشاورزی بوده است بنابراین اعمال سیاست‌های مزبور خود به خود موجب افزایش تکاثری سرمایه گذاری در منطقه خواهد شد. بدین ترتیب ایجاد فعالیت‌های غیرکشاورزی با تغییر معیشت در منطقه برای کنترل حلقه‌های تقویتی و نیز تکنولوژی بازچرخانی آب برای کنترل حلقه تعادلی، با اجرای سیاست‌های درنظر گرفته شده می‌تواند تعادل سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب را افزایش دهد.

نتیجه گیری

در این مقاله رویکرد پویایی سیستم‌ها برای پوشش خلاهای سیستم اطلاعات جغرافیایی پیشنهاد داده شد تا مسئله‌های پیچیده‌ای مانند مدیریت تقاضای منابع آب با نگرش سیستمی قابل حل باشد. بنابراین برای تحلیل سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب از پویایی سیستم‌ها استفاده شد. دراین راستا سازمان فضایی سه بخش اقتصادی، اجتماعی و منابع آب بصورت جداگانه و در ارتباط با هم بصورت سیستمی ترسیم شدند و مکانیزم حلقه‌های علت و معلولی در راستای شناسایی متغیرهایی که بر مدیریت تقاضای منابع آب منطقه تاثیر گذار بودند مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. برای تصدیق عملکرد حلقه‌ها از داده‌ها و اطلاعات مشاهداتی و مصاحبه حضوری با مسئولان و کارشناسان سازمان‌های مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و استان هرمزگان بهره گرفته شد. در تحلیل سیستمی این بخش‌ها، حلقه‌های تعادلی و تقویتی و عملکرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین با تحلیل هریک از زیرسیستم‌ها این نتیجه حاصل شد که کل سازمان فضایی حاکم بر دشت میناب دارای ماهیت آرک تایپ محدودیت رشد بوده و این منطقه رشد و توسعه خود را وابسته به منابع آب زیرزمینی قرار داده است. در این راستا سه سیاست با توجه به ویژگی‌های طبیعی و موقعیت ویژه دشت میناب در جهت تغییر معیشت مردم منطقه و همچنین کاهش وابستگی منطقه به منابع آب زیرزمینی، با اتکا به مکانیزم سیستمی سازمان فضایی منطقه استخراج شد. سیاست اول تقویت فعالیت آبزی پروری مانند میگو بدلیل وجود منطقه‌های ویژه آبزی پروری مانند خورها در منطقه بود که در حال حاضر با سطح زیرکشت ۲۰۰۰ هکتار و با تولید سالیانه ۱۵۰۰۰ تن در سال در حال بهره‌برداری می‌باشد.بنابراین بعنوان اولین سیاست در منطقه با توجه به پتانسیل آن بنابر نظر کارشناسان، پیشنهاد شد که پتانسیل توسعه برای این بخش از فعالیت تا سطح زیرکشت ۵۰۰۰ هکتار و با تولید سالیانه ۳۰ هزار تن (سازمان شیلات استانی) در منطقه افزایش یابد. سیاست دوم تقویت منطقه آزاد تجاری بود که بخاطر ساحلی بودن این منطقه و همسایگی با کشورهای عربی برای گسترش روابط تجاری با منطقه و افزایش سرمایه گذاری خارجی و ایجاد اشتغال، قابلیت خوبی به لحاظ رشد و توسعه خواهد داشت. بر اساس نظر کارشناسان منطقه، این سیاست که تاثیر بسزایی در کاهش وابستگی به بخش کشاورزی در منطقه را دارد، با سرمایه گذاری تا سقف اعتبار ۱۰۰۰۰۰ ریال (به قیمت سال پایه ۱۳۹۶) قابلیت عملیاتی شدن را داراست (مصاحبه با کارشناس منطقه). سومین سیاست، در نظر گرفتن بازچرخانی آب بمیزان بازچرخانی آب شهری تا ۲۰ درصد در منطقه بود، دشت میناب با جمعیت ۸۷ هزار نفر در سال ۹۵ نسبت به سال ۹۰ با جمعیت ۷۰ هزار نفر با رشد جمعیت شهری مواجه شده است که این رشد با افزایش تقاضای منابع آب و بدون زیرساخت‌های فاضلاب شهری همراه است. بنابراین با توسعه و تقویت زیرساخت‌های فاضلاب شهری می‌توان این سیاست را اجرایی نمود. بدین ترتیب ترسیم سه حلقه تعادلی بر روی مکانیزم سیستمی سازمان فضایی منطقه نشان داد که چگونه گسترش فعالیت‌های غیرکشاورزی و ایجاد تکنولوژی بازچرخانی آب در این منطقه و همچنین سرمایه گذاری در این بخش‌ها ،کاهش وابستگی این منطقه به فعالیت‌های کشاورزی پرآب و همچنین کاهش میزان مصرف منابع آب زیرزمینی را به دنبال خواهند داشت. اجرای سیاست‌های مزبور در منطقه

موجب کاهش فشار به این منابع، جذب سرمایه گذار، رونق اقتصادی منطقه و در کل سبب توسعه پایدار منطقه می‌شود. تحلیل مکانیزم سیستمی حاکم بر سازمان فضایی دشت میناب و استخراج سیاست‌های مربوطه سه روش ۱) سیاست تقویت آبزی‌پروری، ۲) سرمایه گذاری، تقویت منطقه آزاد تجاری، و ۳) سیاست بازچرخانی آب بعنوان اصلی‌ترین راهکار مدیریت منابع آب در این منطقه تعیین گردید.

پی نوشت‌ها

[1] Vensim

[۲] سنجه خشکسالی SPI، برای کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی گوناگون است که برای هر منطقه معین بر پایه آمار درازمدت با مدت بارندگی(دست کم ۳۰ سال) برای یک دوره دلخواه ۶،۳ و... ماهه است. SPI یک مقدار نرمال شده با میانگین صفر و انحراف معیار یک است، مقادیر مثبت، نمایانگر بارش بیشتر از مقدار بارش متوسط و مقادیر SPI منفی بیانگر بارش کم تر از مقدار متوسط آن است.

منابع

Akbari,Y., Imani Jajromi, H. and Rostamali,V.A., 2016. Analysis and evaluation of barriers in the spatial planning of Iran. Science and Technology Policy. 6(3), 13-5. (In Persian with English abstract).

Albrechts, L., Healey, P. and Kunzmann, K.R., 2003. Strategic spatial planning and regional governance in Europe. Journal of the American Planning Association. 69(2), 113-129.

Arab, D., Elyasi, A., Far, H.T. and Karamouz, M., 2010. Developing an integrated drought monitoring system based on socioeconomic drought in a transboundary river basin: A case study. In Proceedings World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change. pp. 2754-2761.

Bagheri, A. and Hjorth, P., 2007. A framework for process indicators to monitor for sustainable development: practice to an urban water system. Environment. Development and Sustainability. 9(2), 143-161.

Bazrafshan, O., Moradi, M. and Farokhzadeh, B., 2017. Evaluation of Interpolation Techniques for the Salinity of Groundwater in Wet and Dry Seasons (Case Study: Minab Plain, South Coast of Iran). Journal of Hydrosciences and Environment. 1(2), 62-69.

Burgalassi, D. and Luzzati, T., 2015. Urban spatial structure and environmental emissions: A survey of the literature and some empirical evidence for Italian NUTS 3 regions. Cities. 49, 134-148.

Clifford Holmes, J.K., Slinger, J.H., Musango, J.K., Brent, A.C. and Palmer, C.G., 2014. Using system dynamics to explore the water supply and demand dilemmas of a small South African municipality. In 32nd International Conference of the System Dynamics Society, 20th -24th July, Delft, Netherlands.

Davies, E.G. and Simonovic, S.P., 2011. Global water resources modeling with an integrated model of the social–economic–environmental system. Advances in water resources. 34(6), 684-700.

De Roo, G. and Hillier, J., 2016. Spatial planning, complexity and a world 'out of equilibrium': outline of a non-linear approach to planning. In Complexity and planning, Routledge, pp. 159-194.

Fidelis, T. and Roebeling, P., 2014. Water resources and land use planning systems in Portugal—Exploring better synergies through Ria de Aveiro. Land Use Policy. 39, 84-95.

Forrester, J. W., 1961. Industrial dynamics. cambrige, MA: MIT Press. 48(10), 1037-1041.

Garcia-López, M.À., 2012. Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. Journal of Urban Economics. 72(2), 176-190.

Hosseinzadeh, M.M. and Nohegar, A., 2011. Studying the Effect of Drought on Water Resources over Two Decades and Occurrences of the Sinking Phenomenon in Minab Plain. Enivronmental Sciences. 9(1), 75-98.

Klapka, P., Frantál, B., Halas, M. and Kunc, J., 2010. Spatial organisation: development, structure and approximation of geographical systems. Moravian geographical reports. 18(3), 53-65.

Kotir, J. H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N., & Johnstone, R., 2016. A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. Science of the Total Environment, 573, 444-457.

Minab Groundwater Resources Rehabilitation Report, 2017. Second edition. water resources management organization of Hormozgan Provine of Iran.

Minab plain water budget Report, 2012. Comprehensive Water Resources Studies Plan. Ministry of energy of Iran.

Morphet, J., 2010. Effective practice in spatial planning. Routledge. Cananda.

Iran Fisheries Organization Report, 2018. Hormozgan province of Iran (In Persian with English abstract).

Radianti, J., Tasrif, M. and Rostiana, E., 2003. A dynamic model for spatial planning in Metropolitan areas. In Proceedings 21th International Conference of the System Dynamics Society, 20th-24th July, New York City. pp. 1-28.

Rezaii, P. and Zamani Rad, M., 2014. Functional assessment of minab river water quality in hormozgan province. amiemt. Applied mathematics in Engineering. Management and Technology. 2(6), 204-210.

Richmond, B., 1993. System thinking: acitical set of critical thinking skills for the 90's and beyond. 13 dartmouth college Zhighway. System Dynamics Review. 9(2), 113-133.

Sadegi, M., Shahbazbegian, M.R. and Khaledi, Sh., 2014. System analysis Effective mechanisms on sustainability of Sistan province against aridity whit emphasis on spatial planning. In Proceedings 5th National Conference Iran Water Resources Management, 18th-19th February, Iranian Water Resources Association, Shahid Beheshti university, Tehran.

Shahbazbegian, M.R., Turton, A. and Mousavi Shafaee, S.M., 2016. Hydropolitical Self-Organization theory; system dynamics to analyse hydropolitics of Helmand trans-boundary river. Water Policy. 18(5), 1088-1119.

Shakouie, H., 2006. NEW trends in philosophy of geography. Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities (Samt publication),Tehran. (In Persian with English abstract).

Sterman, J., 2002. System Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.

Tong, S.T. and Chen, W., 2002. Modeling the relationship between land use and surface water quality. Journal of environmental management. 66(4), 377-393.

Wegener, M., 2001. New spatial planning models. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 3(3), 224-237.

Environmental Sciences Vol.17/ No.4 /winter 2020

231-248

The Minab plain water-related spatial planning: a system dynamics approach

Zeinab Feizolahi, Mohamamdreza Shahbazbegian,* Seyed Abdolkarim Hashemi and Siavash Shayan

Department of Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2018.12.20 Accepted: 2019.04.07

Feizolahi, Z., Shahbazbegian, M., Hashemi, S.A. and Shayan, S., 2020. The Minab plain water-related spatial planning: A system dynamics approach. Environmental Sciences. 17(4): 231-248.

Introduction: Lack of freshwater resources is considered as the main challenge of dryland countries in the world. Iran, in particular, its southern coastal regions, are also suffering from this issue. One of the main options on the table to tackle this problem is water demand management that has been bolded in Iran. As a result, in terms of the water supply, the Minab plain is one of the most important regions of the Hormozgan Province in Iran and various economic sectors of the plain have been facing many problems due to the lack of access to water resources. In this regard, one of the most important policy options to reduce these problems is water-related spatial planning. Such an approach focuses on spatial relationships and has been considered as an effective way to integrate economic, social and environmental programs into spatial development.

Material and methods: In water-related spatial planning studies, in addition to the traditional view, it is necessary to pay more attention to the system thinking. Thus, in the present study, the given mechanism governing the important parts that interact with water resources of the Minab plain has been mapped through system dynamics principsics, les, drawing a system mechanism.

Result and discussion: Analyzing and studying the spatial organization of the Minab Plain as well as adopting the systems dynamics, in this paper, the negative factors affecting the water resources have been identified and policies for managing the water demand have been presented. Analyzing system mechanism governing the Minab Plain spatial organization and deriving the relevant policies three options have been introduced 1) Reinforcing the aquaculture, 2) investment, strengthening free trade zone, and 3) water recycling.

Conclusion: Finally, apart from conventional policies about water supply, two policies based on the water demand management approach have been extracted and discussed based on the performance of the given mechanism to

*Corresponding Author:. *Email Address*: Mr.shahbazbegian@modares.ac.ir

maintain the spatial organization equilibrium of the Minab plain.

Keywords: Water resources management, Spatial organization, System thinking, Minab plain, System dynamics.