



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

زینب فیض الهی^۱، محمدرضا شهبازبگیان^{۱*}، سید عبدالکریم هاشمی^۱ و سیاوش شایان^۱

^۱ گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

آسازمان برنامه و بودجه، تهران، ایران

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

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

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

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^۱ 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 هر کدام بطور مجزا از دو حلقه تعادلی و تقویتی تشکیل شدند. سپس این زیرسیستم‌ها 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 سیاست‌هایی در راستای مدیریت تقاضای این منابع منطقه بیان شده است.

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

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

واژه های کلیدی: آمایش سرزمین با محوریت آب، سازمان فضایی، تفکر سیستمی، دشت میناب، پویایی سیستم ها.

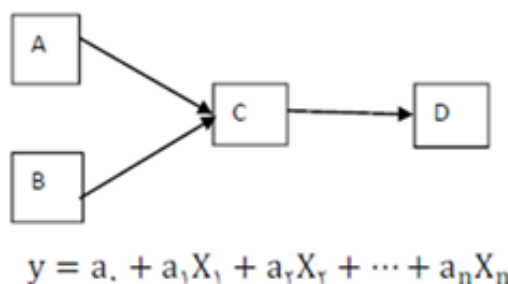
مقدمه

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 پدیده ها در فضای جغرافیایی اشاره دارد و حاصل توزیع مردم و فعالیت های اقتصادی در فضا است (Burgalassi and Luzzati, 2015). در واقع ساختار فضایی، توزیع فضایی جمعیت و فعالیت در پهنه سرزمین است که شبکه های ارتباطی این پهنه ها و گره ها را به هم متصل می کند (Garcia- Lopez, 2012).

در آمایش سرزمین برای ترسیم و نمایش سازمان فضایی و ساختار فضایی منطقه ها بطور عمده از ابزارهایی همچون سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می شود (Klapka *et al.*, 2010). بنابراین سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پایگاه داده یا عملکرد نقشهبرداری 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 داده های فضایی بطور عمده استاتیک و غیرخطی می باشد (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 نمی شود (شکل ۱) (Bagheri and Hjorth, 2007).

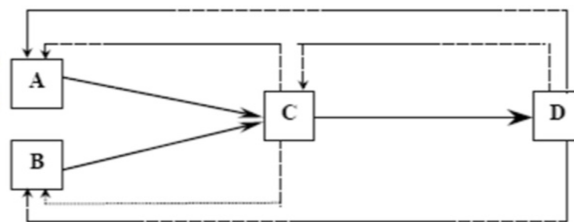
برنامه ریزی آمایش سرزمین بر روی روابط فضایی سرزمینی تمرکز دارد و یک راه موثر برای ادغام برنامه های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در جهت توسعه فضایی است (Albrechts *et al.*, 2003). به بیان دیگر ابزار اصلی برنامه ریزی و تصمیمگیری منطق های و ملی، آمایش سرزمین میباشد، از نظر مفهومی آمایش سرزمین برقراری تعادل بین سه عنصر انسان، فضا و فعالیت است (Akbari *et al.*, 2016); در واقع آمایش سرزمین به روش هایی که بطور عمده توسط بخش عمومی برای توزیع فعالیت ها در فضا استفاده می شود اشاره می کند (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 حوزه های کانونی برخورد فعالیت های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی، همچنین حوزه های پیرامونی و میزان ارتباط و پیوستگی با یک سیستم تاکید می شود (Shakuie, 2006). همچنین به گفته کلاپکا سازمان فضایی، به جمعیت، توزیع فضایی و تعاملات بین



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

خلا جدی در مطالعات آمایش سرزمین است. ایده مقاله پیشرو آن است که خلا مزبور با رویکرد پویایی سیستم‌ها قابل پوشش است. در این راستا رویکرد پویایی سیستم‌ها برگرفته از تفکر سیستمی بعنوان ابزاری در مدیریت و برنامه ریزی است (Bagheri and Hjorth, 2007) که توصیفی از روابط سیستمی و غیر خطی را در برگرفته (شکل ۲) (Richmond 1993) و توانایی حل مسئله‌های پیچیده، مانند مسئله‌های آب را دارد.



نگرش سیستمی

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

هستند پرداخته و با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها، سازمان فضایی حاکم بر تقاضای آب شهری را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (Holmes *et al.*, 2014). همچنین صادقی و شهبازبگیان 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 پرداخته اند (Sadegi and Shahbazbegian, 2014). در پژوهشی دیگر آگوس رودیانو 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 منابع آب پایدار را ارزیابی نمودند (Rudyanto *et al.*, 2016). شهبازبگیان و همکاران در مطالعه ای با رویکرد آمایشی، سازمان فضایی حاکم بر منابع آب مشترک دو کشور ایران و افغانستان را به مثابه یک سیستم خود سامان در نظر گرفتند که در طول زمان پیچیدگی آن افزایش می‌یابد (Shahbazbegian *et al.*, 2016). براین اساس آنها تحت سناریوهای بین المللی

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 تأخیر در سیستم توجه نمی‌کنند، بنابراین محدود کردن برنامه ریزی آمایش سرزمین تنها به این ابزار، این نوع برنامه ریزی را به یک نوع برنامه ریزی ثابت تبدیل می‌نماید (De Roo, 2012) که توانایی حل مسئله‌های پیچیده را نداشته و این خود گویای وجود یک

در نتیجه، توجه به سازمان فضایی و تغییرهای فضایی منابع آب از اولویت‌ها و سیاست‌های برنامه ریزی آمایش سرزمین برای تصمیم‌گیری 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 آب موجود و تقاضای منابع آب 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 منابع آب با استفاده از پویایی سیستم‌ها پرداخته شده است می‌توان به پژوهش (دیویس و همکارانش ۲۰۱۱)، که به ارزیابی یکپارچه بخش‌های هیدرولوژیکی و زمینه‌های اقتصادی - اجتماعی و طبیعی در زمینه آمایش منابع آب پرداخته اند اشاره کرد؛ در این پژوهش با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها به تحلیل سازمان فضایی منابع آب جهانی که در آن سیاست‌های مختلف منابع آب 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

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 نتیجه‌گیری 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 شبیه‌سازی بویژه بررسی و مطالعه رفتار پویایی سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های منابع آب می‌پردازد (Forrester, 1961) و امکان مطالعه ساختار و رفتار سیستم‌های پیچیده اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را فراهم می‌کند (Sterman, 2000).

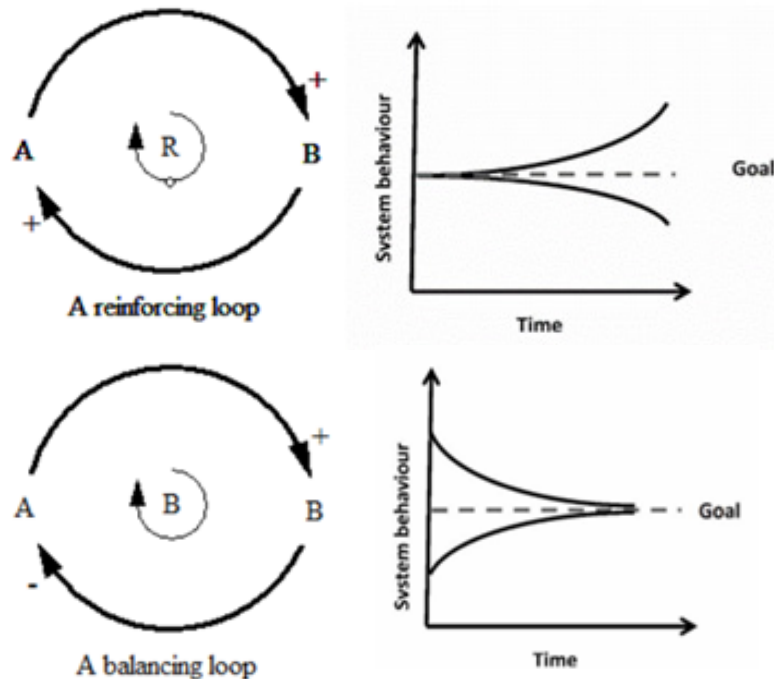
در این روش، سیستم‌های پیچیده توسط بازخورهای متعدد، تاخیر زمانی، ذخیره‌سازی و از طریق معادلات دیفرانسیل مربوط به هم توصیف می‌شوند. هدف پویایی سیستم‌ها، پیشبینی کمی آینده نیست بلکه بدنبال دست یافتن به دانش وسیع در مورد ارتباطات دینامیکی متقابل میان سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی، محیط زیستی است (Sterman 2000).

در این راستا، نمودارهای علت، 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 صرفه نظر از میزان پیچیدگی در عمل از تعدادی حلقه مثبت و منفی تشکیل شده‌اند که رفتار سیستم حاصل برآیند رفتار حلقه‌ها است (شکل ۴) (Sterman, 2000).

بنابر شکل ۴، نمودارهای علت نحوه تاثیر متغیرها بر روی یکدیگر و پس‌خوران بین آنها را نمایش می‌دهند. بدین صورت که اگر تغییرات متغیر مستقل و وابسته در یک جهت باشند

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 آب 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 (Nasari et al., 2017). (Bastani et al., 2018). به بیان یک سیستم جامع و یکپارچه برای توسعه صنعت کشاورزی ایران با مطالعه سازمان فضایی منطقه، 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 دوره‌های 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 این منابع آب 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., 2017).

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



شکل ۳- حلقه‌های علت و معلولی تقویتی و تعادلی در بویایی سیستم‌ها (Sterman 2000)
 Fig. 3- Causal Loop Diagrams (CLDs), reinforcing (R) and balancing (B) loops in system dynamics (Sterman 2000)

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 قرار گرفته‌اند.

معرفی منطقه مطالعاتی

دشت میناب با مساحت ۵۳۹۲٫۹ کیلومتر مربع در استان هرمزگان واقع شده است. (شکل ۳، 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، سبب خشکسالی دشت میناب و روستاهای اطراف شده و برداشت بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی افت شدید آنها را بدنبال داشته است (شکل ۳، Hosseinzadeh and Nohegar, 2012).

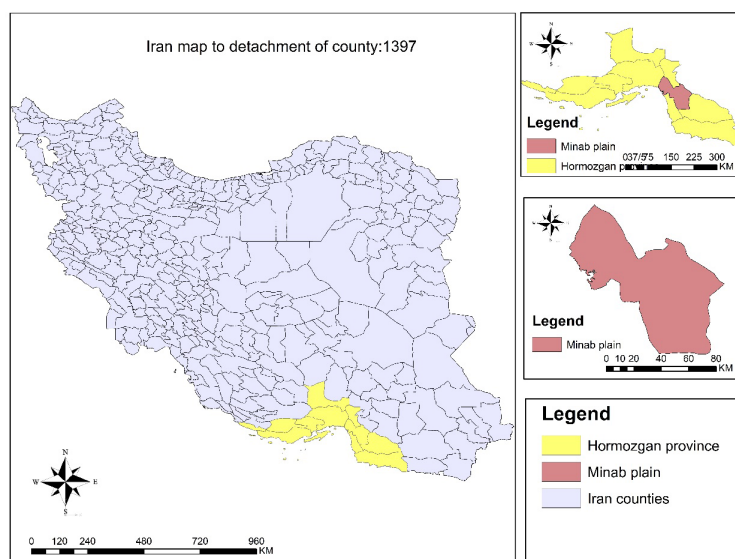
نتایج و بحث تحلیل سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب

بمنظور تحلیل سیستمی، هر یک از سه بخش اقتصادی،

رابطه علی مثبت و در صورتی که تغییرات متغیر مستقل و وابسته عکس یکدیگر باشند رابطه علی منفی خواهد بود. اگر حاصلضرب علامت‌های یک حلقه مثبت شود، 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 منابع 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 به دست آمده تدقیق گردید. پس از آن با استفاده از نرم افزار ونسیم مدل مفهومی بنابر اصول، حلقه‌های علیتی ترسیم و حلقه‌های تقویتی و تعادلی



شکل ۴- نقشه ایران و موقعیت دشت میناب (نگارندگان)
Fig. 4- Location of the Minab plain in Iran (Author)

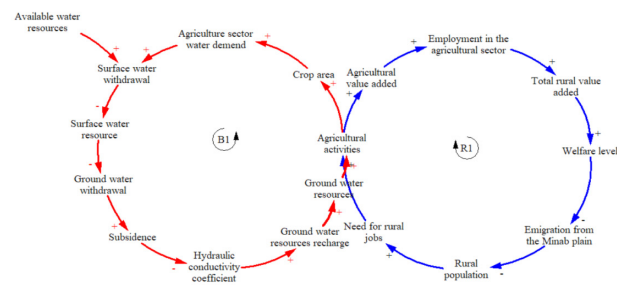
به کاهش مهاجرت به خارج از میناب خواهد شد که اگر کاهش یابد نتیجه ای عکس و افزایش مهاجرت و در نتیجه کاهش جمعیت در روستا را در پی خواهد داشت. افزایش جمعیت در روستا نیاز به کار را افزایش داده و به دنبال آن، فعالیت‌های کشاورزی نیز بیشتر می‌شوند. بدین ترتیب حلقه تقویتی اول تشکیل شده است (شکل ۵).

حلقه تعادلی ترسیم شده در شکل ۵ نشان دهنده 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 منابع آب سطحی، برداشت آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد. این پدیده ارتباط مستقیمی با فرورنشست زمین دارد چراکه با افزایش رخدادهای فرورنشستی، ضریب هدایت هیدرولیکی کاهش یافته و در ادامه روند تغذیه منابع آب زیرزمینی را مختل می‌نماید. این امر موجب کاهش منابع آب 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 (شکل ۵).
بمنظور تصدیق رفتار مورد انتظار از حلقه تعادلی اول از سنجه خشکسالی (SPI)^۲ استفاده شده است. در نمودار

اجتماعی و منابع آب دشت میناب بعنوان یک زیرسیستم 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 برنامه ریزی کشور و سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان هرمزگان و همچنین آمار و داده‌های منطقه به دست 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 شده اند.

تحلیل سیستمی زیر سیستم بخش اقتصادی دشت میناب

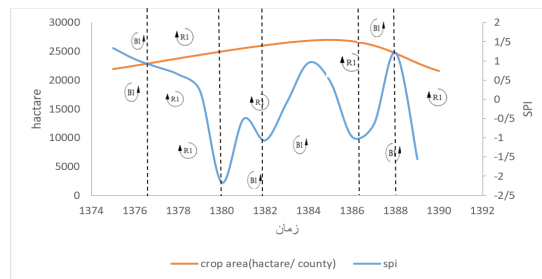
از آنجا که بخش کشاورزی بیشترین سهم تولید ارزش افزوده در دشت سیستان را دارد، بنابراین مکانیزم سیستمی بخش اقتصادی دشت میناب بیشتر متمرکز بر این قسمت می‌باشد. زیرسیستم بخش اقتصادی از دو حلقه تعادلی و تقویتی تشکیل شده است (شکل ۵). حلقه تقویتی مکانیزم ترسیم شده، چگونگی رشد فعالیت کشاورزی را در منطقه نشان 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



شکل ۵- زیر سیستم بخش کشاورزی
Fig. 5- Agricultural subsystem sector

گرایش پیدا کرده اند و در نتیجه سطح زیر کشت در این دوره افزایش یافته است (شکل ۶). کشاورزان برای حفظ یا افزایش سطح زیر کشت خود، نیاز به منابع آبی دارند، در نتیجه نیاز خود را از طریق برداشت منابع آب زیرزمینی برطرف می کنند، این برداشت سبب فشار به منابع آب زیرزمینی شده و کاهش سطح این منابع را به همراه خواهد داشت. این روند تا سال ۱۳۸۶ ادامه داشته و از این سال به بعد با وجود کاهش سطح زیر کشت و بارندگی، منابع آب زیرزمینی پاسخگوی سطح زیر کشت نبوده و بشدت کاهش یافته اند (شکل ۷). هر کدام از نمودارهای مرجع، حلقه سیستمی مسئول برای هر قسمت از رفتار نمودار در طول زمان با علائم مخفف R و B مشخص شده اند.

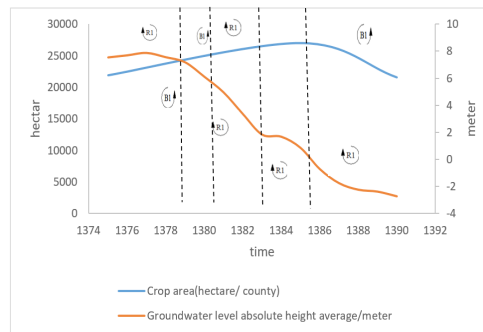
شکل ۶، سنجه خشکسالی SPI و سطح زیر کشت منطقه قابل مشاهده می باشد. با توجه به این نمودار، خشکسالی و ترسالی منطقه در زمان ۲۵ سال همواره با نوساناتی رو به رو بوده و سطح زیر کشت با وجود خشکسالی ها همواره در حال افزایش است، این افزایش تا سال ۸۶ ادامه داشته و از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۸۸ با وجود بارندگی و یک دوره ترسالی، منجر به کاهش سطح زیر کشت شده است. بنابر بررسی صورت پذیرفته، شاید بتوان گفت که دلیل روند افزایشی سطح زیر کشت تا سال ۸۵ با وجود خشکسالی های مربوطه آن است که تا سال ۱۳۸۵ دشت میناب با افزایش جمعیت روبه رو شده و نیروی کار منطقه بدلیل نبود اشتغال کافی به سمت فعالیت های کشاورزی



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

ادامه داشته و این روند منجر به کاهش سطح ارتفاع منابع آب زیرزمینی و پاسخگو نبودن به نیاز آبی کشاورزان شده است. این امر عامل اصلی خشک شدن تعداد زیادی از باغ ها از جمله نخیلات منطقه بوده است. همچنین در زمان وقوع خشکسالی سهمی از آب سد به کشاورزان تعلق نمی گیرد که در این صورت کشاورزان ناگزیر از برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی برای رفع نیاز آبی خود می باشند. به این ترتیب با کاهش سطح زیر کشت و افزایش برداشت منابع

قسمت اعظم این برداشت مربوط به برداشت آب از چاه های بستر رودخانه میناب برای انتقال به مصرف های شرب بندرعباس می باشد (Minab plain water balance, 2012). همچنین بقیه منابع آب نیز از طریق چاه های کمک جدول (کانال های آبی که در اطراف سد احداث می شوند) برای آبیاری باغ ها استفاده می شود (Minab plain reconstruction report, 2017). در واقع با کاهش سطح زیر کشت در سال ۸۶، همچنان برداشت منابع آب زیرزمینی



شکل ۷- نمودار تغییرات سطح زیر کشت و تغییرات میانگین ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی
 Fig. 7- The time series of crop area versus ground water level

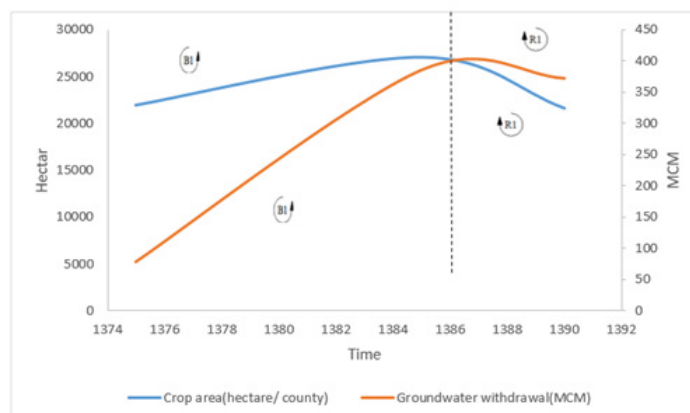
تقاضای آب شهری را به دنبال دارد ولی نوع آب مصرفی در آن با مصرف کشاورزی تفاوت داشته و بیشتر موجب افزایش مصرف آب تصفیه شده شهری خواهد شد. بدلیل اولویت داشتن تامین آب شرب به کشاورزی این مکانیزم موجب ایجاد محدودیت برای فعالیت کشاورزی خواهد شد. همچنین براساس شکل ۹ حلقه تقویتی دوم گویای آن است که افزایش فعالیت‌های 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 (شکل ۹).

برای تحلیل مکانیزم سیستمی بخش اجتماعی از نمودارهای مرجع برای اثبات عملکرد حلقه‌ها استفاده شده است. شکل ۱۰، که روند رشد جمعیت میناب را با توجه به سنجه خشکسالی نشان می‌دهد، بیانگر این

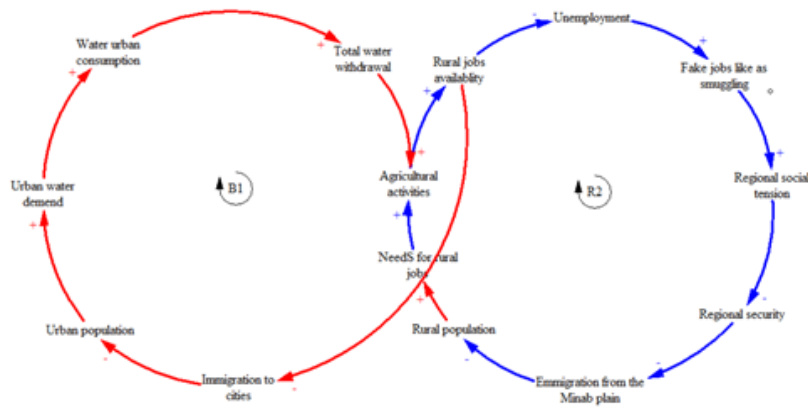
آب زیرزمینی، یک حلقه تقویتی در منطقه ایجاد شده که منطقه را از حالت پایداری دور کرده است (شکل ۸).

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 شکل ۶، 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



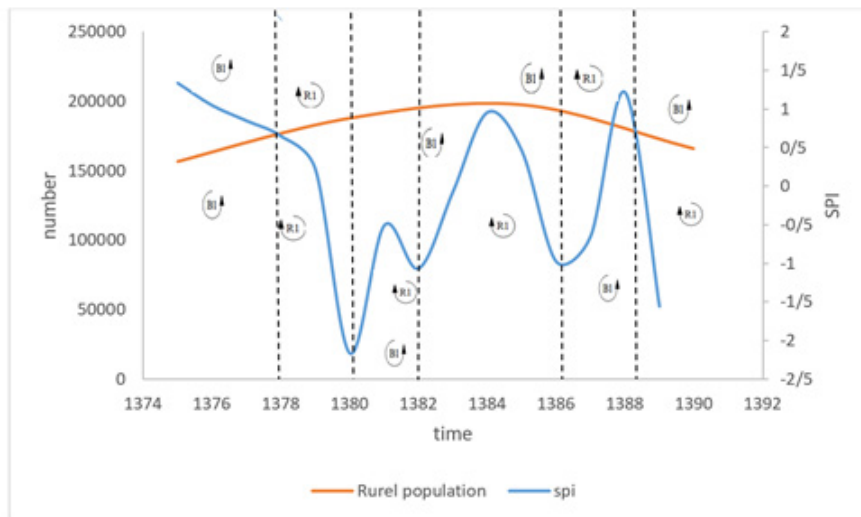
شکل ۸- نمودار برداشت از منابع آب زیرزمینی در برابر سطح زیر کشت
 Fig. 8- Groundwater resources withdrawal versus crop area



شکل ۹ - زیرسیستم بخش جمعیت
Fig. 9- Subsystem of the social sector

نتوانسته 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 (شکل ۱۱)؛ در نتیجه بیکاری در سطح روستا بیشتر شده و مهاجرت برای دسترسی به شغل مناسب صورت گرفته است (شکل ۱۲). با توجه به شکل ۱۳، 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

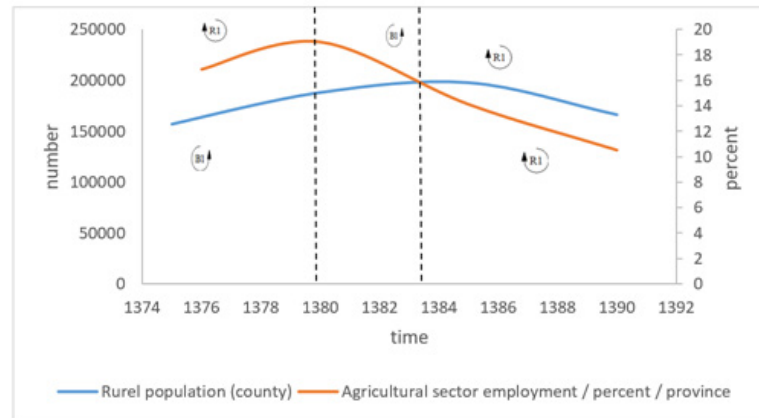
واقعیت است که جمعیت روستا با یک رشد سریع از سال ۱۳۷۵ تحت فعالیت حلقه تقویتی R2 رو به افزایش بوده است. سپس با بروز خشکسالی‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۲ و فعالیت حلقه تعادلی B1 منتج از کاهش فعالیت کشاورزی و به تبع آن افزایش بیکاری و مهاجرت روند آن تضعیف شده و با یک رفتار هدفجو تا سال ۱۳۸۵ روند رشد جمعیت متوقف 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



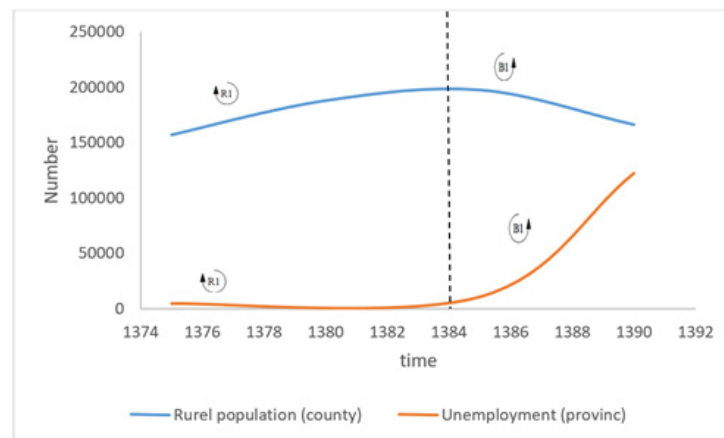
شکل ۱۰- جمعیت روستا در برابر سنجه خشکسالی SPI
Fig. 10- Rural population versus SPI index

دوباره مهاجرت به شهر افزایش یافت. (شکل ۱۳). این عامل‌ها بر تقاضای آب شهری تأثیر داشته و روند رشد جمعیت شهرها سبب افزایش تقاضای آب شهری در سال‌های اخیر شده است (شکل ۱۴).

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 به نسبت شدید،



شکل ۱۱- شاغلان بخش کشاورزی در برابر جمعیت روستا
Fig. 11- Agricultural employee versus rural population



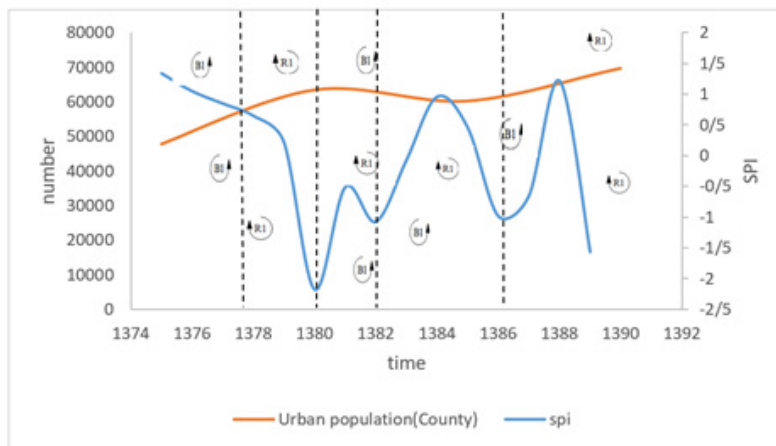
شکل ۱۲- جمعیت بیکار در دشت میناب در برابر جمعیت کل روستا
Fig. 12- Unemployment population versus total rural population

انتقال آب از سد استقلال میناب نیز افزایش می‌یابد که این انتقال آب موجب تشدید برداشت از منابع آب موجود می‌شود. در نتیجه با افزایش برداشت، منابع آب در دسترس کمتر شده که به تبع آن منجر به کاهش فعالیت‌های کشاورزی و سطح زیر کشت خواهد داشت.

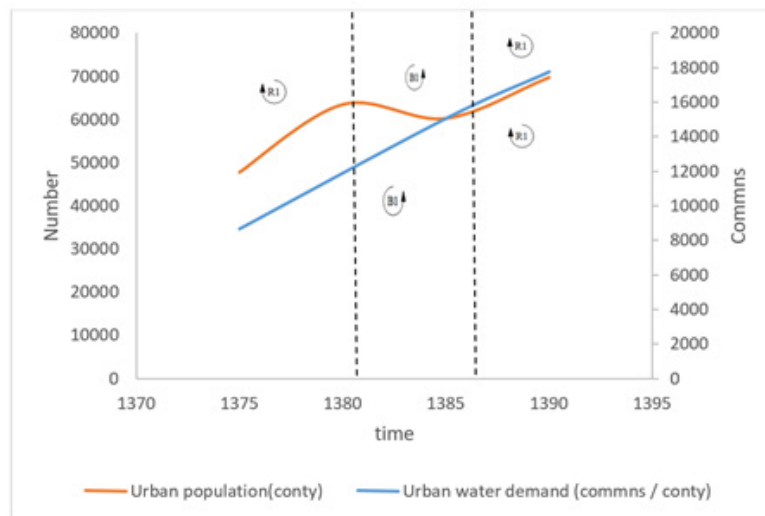
بیان راهکار برای حفظ تعادل سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب

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

مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب در این 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 تعادلی ۲ در شکل ۱۵) نیز آورده شده است. که بدلیل نبود آمار داده و اطلاعات این حلقه به صورت منفک مورد تحلیل قرار گرفته است. حلقه تقویتی مزبور، نشان می‌دهد هرچه برداشت از 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،



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



شکل ۱۴- جمعیت شهری در برابر تقاضای آب شهری
 Fig. 14- Urban population versus urban water demand

به سیاست‌های کم آب بری همچون تقویت و ایجاد مناطقاآزاد تجاری و تقویت فعالیت‌های آبزیپروری مانند پرورش میگو اشاره نمود. از آنجایی که هیچ سرمایهگذار 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 آبزیپروری 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 افزایش سطح زیرکشت به ۳۰۰۰ هکتار در سال را دارد. اجرای

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 این تغییر معیشت باید در چارچوب توسعه و جایگزین نمودن فعالیت‌های کشاورزی با فعالیت‌های غیرکشاورزی کم آب بر، طبق موقعیت و شرایط منطقه انجام شود. در این راستا می‌توان



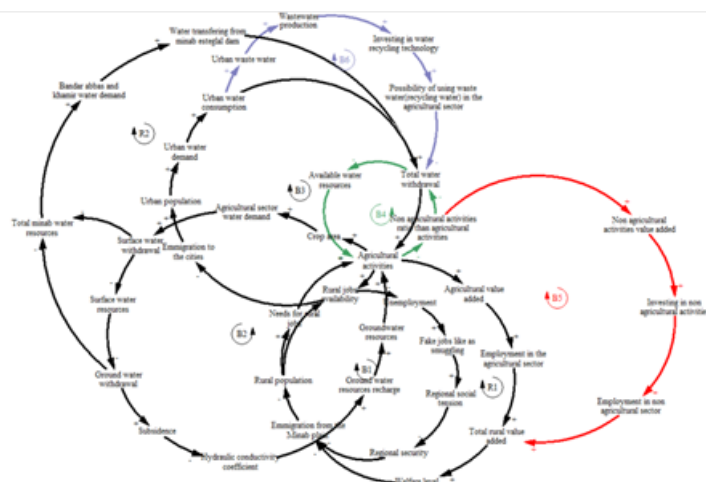
شکل ۱۵- مکانیزم سیستمی حاکم بر منابع آب دشت میناب
 Fig. 15- The System mechanism governing the Minab plain water resources

صورت سطح رفاه در بلند مدت افزایش یافته و مهاجرت به خارج از میناب کاهش می یابد. 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 می نماید (شکل ۱۶).

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 راه اندازی سیستم بازچرخانی آب، راهکار دیگر مبتنی بر اعمال سیاست استفاده از تکنولوژی بازچرخانی آب با تمرکز بر پس آب بخش شهری است (حلقه آبی رنگ ترسیم شده در شکل ۱۶). از سوی دیگر، افزایش مصرف آب شهری و به تبع آن افزایش

سیاست های مزبور منجر به ایجاد دو حلقه تعادلی منجر به تقویت فعالیت های غیرکشاورزی در مکانیزم سیستمی مستخرج خواهد شد (حلقه سبز و قرمز رنگ شکل ۱۶). این حلقه های تعادلی با کاهش نسبت فعالیت های کشاورزی به غیرکشاورزی برداشت از منابع آب زیرزمینی و آب سطحی را کاهش داده و بدین ترتیب تاثیر منفی حلقه های تقویتی اول، مانند مهاجرت، بیکاری و حلقه تقویتی دوم مانند نیاز به کار، مهاجرت به شهر، تقاضای آب شهری را که آسیب پذیری منطقه را افزایش می دهند کنترل می نمایند.

بدین ترتیب با افزایش فعالیت های غیرکشاورزی و به تبع آن افزایش ارزش افزوده آن بخش، سرمایه گذاری و همچنین اشتغال در منطقه افزایش خواهد یافت. در این



شکل ۱۶ - راهکارهای سیستمی ترسیم شده بر روی مکانیزم سیستمی دشت میناب
 Fig. 16- Systems strategies to map on the Minab plain system mechanism

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

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

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 .

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

گذاری در منطقه خواهد شد. بدین ترتیب ایجاد فعالیت های غیرکشاورزی با تغییر معیشت در منطقه برای کنترل حلقه های تقویتی و نیز تکنولوژی بازچرخانی آب برای کنترل حلقه تعادلی، با اجرای سیاست‌های در نظر گرفته شده می تواند تعادل سازمان فضایی حاکم بر منابع آب دشت میناب را افزایش دهد.

برای سرمایه‌گذاری در بخش گسترش فعالیت‌های غیرکشاورزی و نیز راه اندازی سیستم بازچرخانی آب است. کاهش سرمایه گذاران در این منطقه در سال‌های اخیر معلول نبود توجه به ظرفیت ها و پتانسیل های مزبور در منطقه و تمرکز صرف بر بخش پر آب بر کشاورزی بوده است بنابراین اعمال سیاست های مزبور خود به خود موجب افزایش تکاثری سرمایه

نتیجه گیری

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 سرمایه‌گذار، 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 آبیپروری، (۲) سرمایه گذاری، تقویت منطقه آزاد تجاری، و (۳) سیاست بازچرخانی آب بعنوان اصلیت‌ترین راهکار مدیریت منابع آب در این منطقه تعیین گردید.

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

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. در این راستا سازمان فضایی سه بخش اقتصادی، اجتماعی و منابع آب بصورت جداگانه و در ارتباط با هم بصورت سیستمی ترسیم شدند و مکانیزم حلقه‌های علتو 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 برنامه ریزی 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 هر یک 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 آبیپروری مانند میگو بدلیل وجود منطقه‌های ویژه آبیپروری مانند خورها در منطقه بود که در حال حاضر با سطح زیرکشت ۲۰۰۰ هکتار و با تولید سالانه ۱۵۰۰۰ تن در سال در حال بهره برداری می‌باشد. بنابراین بعنوان اولین سیاست در منطقه با توجه به پتانسیل آن طبق نظر کارشناسان، پیشنهاد شد که پتانسیل توسعه برای این بخش از فعالیت تا سطح زیرکشت ۵۰۰۰ هکتار و با تولید سالانه 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

SPI منفی بیانگر بارش کم تر از مقدار متوسط آن است.

مثبت، نمایانگر بارش بیشتر از مقدار بارش متوسط و مقادیر

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., Sohrabi, H., Hooshyar, M. and Elyas, A., 2017. Conjunctive management of surface and groundwater under severe drought: A case study in southern Iran. arXiv preprint arXiv:1709.01654.
- 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 Hydrosociences and Environment*. P.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, Delft, The Netherlands, 20-24 July 2014; Authors version. *System Dynamics Society*.
- 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* (pp. 159-194). Routledge.
- 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*. Cambridge, 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. pp,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.
- Minab plain reconstruction report., 2017 Second edition. water resources management corporation of Minab. (In Persian with English abstract).

- Minab plain water balance., 2012. Management of basic water resources studies. (In Persian with English abstract).
- Morphet, J., 2010. Effective practice in spatial planning, Routledge.
- Provincial fisheries organization Report. 2018 (In Persian with English abstract).
- Radianti, J., Tasrif, M. and Roštiana, E., 2003. A Dynamic Model for Spatial Planning in Metropolitan Areas1. In International Conference of the System Dynamics Society (pp. 1-27).
- 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: acritical set of critical thinking skills for the 90's and beyond. 13 dartmouth college Zhigway. System Dynamics Review.9(2), 113-133
- Rudyanto, A. Suhardjono., 2016. Dynamics system modelling of sustainable water resources managment due to the regional spstial (case study on batam island of riau island, indooneia). Basic and Applied. 6(2), 15-23
- Sadegi.M , Shahbazbegian.M.R, and khaledi.sh., 2014. System analysis Effective mechanisms on sustainability of Siŝtan province against aridity whit emphasis on spatial planning. The fifth conference Iran water resources management,Tehran, Iranian Water Resources Association, Shahid Beheshti university, https://www.civilica.com/Paper-WRM05-WRM05_034.html. (In Persian with English abstract).
- Shahbazbegian, M.R., Turton, A. and Mousavi Shafae, 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.D., 2000. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world (No. HD30. 2 S7835 2000).
- 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.





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

Zeinab Feizolahi,¹ Mohamamdreza Shahbazbegian,^{1*} Seyed Abdolkarim Hashemi^{1,2} and Siavash Shayan¹

¹ Department of Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Planning and Budget Organization, 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 principals, 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

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

management approach have been extracted and discussed based on the performance of the given mechanism to maintain the spatial organization equilibrium of the Minab plain.

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