سال سوم، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵، صفحات ۳۱ تا ٤٦
نشریه آب و توسعه پایدار

2016, Vol.3, No.1, Pages 31 to 46
Journal of Water and Sustainable Development

بازخوردهای کلان‌اقتصادی-زیست‌محیطی اتخاذ سیاست "افزایش جمعیت" در ایران

ناصر شاهنوشی[۱*]، سمیه نقوی[۲]، الهه اعظم رحمتی[۳]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشجوی دکتری و کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: shahnoushi@um.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۵/٤/۲٦
تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۱۵

The Economic - Environmental Macro Feedbacks of "Population Increase" Policy Adoption in Iran

N. Shanoushi[1*], S. Naghavi[2], E. Azam Rahmati[3]

1, 2 & 3- Professor of Department of agricultural economics, PhD student and Master of agricultural economics, Ferdowsi university of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: shahnoushi@um.ac.ir)
Received: 16-7-2016
Accepted: 5-9-2016

چکیده

این مطالعه به بررسی تبعات افزایش جمعیت بر روی کیفیت زندگی، با نگاه ویژه به منابع طبیعی و محیط‌زیست درحال کاهش کشور، پرداخته که تجزیه و تحلیل آن برای دوره ۱۶ ساله (۱۳۹۴-۱۳۷۸) صورت گرفته است. از آنجا که آب یکی از مهم‌ترین عوامل رشد و توسعه کشورها می‌باشد و افزایش روزافزون جمعیت، رشد صنعت، گسترش شهرنشینی و تغییر سبک زندگی و ضرورت تأمین امنیت غذایی پایدار در کنار کاهش مداوم منابع آب و سوء مدیریت، کم‌آبی را به بحرانی جدی تبدیل کرده است؛ لذا در مطالعه حاضر با استفاده از شبکه علّی بیزین، رابطه بین افزایش جمعیت و بحران منابع آبی کشور تبیین شده و اثرات این بحران بر شاخص‌ها و متغیرهای کلان اقتصادی و تبعات ناشی از آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نرخ رشد جمعیت، بحران آب بیشتر شده و اثرات اقتصادی بحران آب شامل افزایش نرخ تورم، افزایش نرخ بیکاری و کاهش نرخ رشد اقتصادی بوده و اثرات اجتماعی آن نیز شامل کاهش میزان دسترسی به آب سالم و بهداشتی می‌باشد. بنابراین با توجه به اثرات زیست‌محیطی مانند جدی شدن مسئله بحران آب، آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین، سیاست‌های جمعیتی در سطح کلان باید به‌گونه‌ای اتخاذ شود که تبعات منفی بر منابع طبیعی و محیط‌زیست کشور به همراه نداشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، رشد جمعیت، شبکه علّی بیزین، متغیرهای کلان اقتصادی.

Abstract

In this study we investigated the impacts of population increase on life quality, with a special focus on its impact on the natural resources and environmental issues. This analysis was conducted using data over a 16 year period. Since water is one of the most important factors contributing to the growth and development of countries, the increase in population size, industry sector growth, urbanization expansion, changes in lifestyle and the need for sustainable food security, alongside reducing water resources and mismanagement have all attributed to turning water scarcity into a serious crisis. Therefore, in this study the relationship between population increase and water crisis is explained using the Bayesian network causal. The effects of such a crisis on the economic macro variables and indicators were also investigated. The results indicate that the water crisis will be more intense as the population growth rate increases. The economic consequences of water crisis include increase in inflation rate, unemployment and the decrease in economic growth. Also, the only social consequence is reduction in access to clean and healthy water. Therefore, considering the environmental aspects such as water scarcity, air pollution and global warming, the population policies in macro level must be taken into account that have no negative consequences on national natural resources and environment.

Keywords: Water Crisis, Population Growth, Bayesian Network Causal, Macroeconomics Variables.

مقدمه

آب مهم‌ترین عامل ایجاد جوامع بشری و بقای آن، در طول تاریخ بوده است (درخور و همکاران، ۱۳۹۲). این عنصر حیاتی، مهم‌ترین عامل حفظ حیات موجودات است. آب برای آبیاری در بخش کشاورزی، مصارف خانگی، صنعتی و تجاری و سرانجام در تولید مواد غذایی بسیار ضروری است (رحیمی، ۱۳۸۶). در حال حاضر یک چهارم جمعیت جهان در کشورهایی که کمبود آب دارند، زندگی می‌کنند و این تعداد ممکن است در دو دهه آینده دو برابر شود. رشد جمعیت، شهرنشینی و توسعه اقتصادی کمیابی آب را افزایش خواهند داد (Roson و Damania، ۲۰۱۶). بحران آب[1] از جمله چالش‌های مهم زیست‌محیطی منطقه خاورمیانه است. بسیاری از کارشناسان نگران آن هستند که استفاده از منابع آب در ایران بدون درنظرگرفتن محدودیت آن در آینده مشکلات جدی را ایجاد کند. در ایجاد و تشدید این بحران، عوامل متعدد انسانی و طبیعی، مانند الگوی مصرف آب، نحوه بهره‌برداری از منابع آب، محل مصرف، تکنولوژی مصرف، میزان بارش‌های جوی، نوسانات پدیده‌های اقلیمی، موثرند. در حال حاضر به دلایل عمده ذیل بحران آب لااقل در کشور جدی‌تر از همیشه مطرح می‌باشد:

۱- رشد جمعیت

۲- مصرف بی‌رویه و الگوی مصرف غلط در کشاورزی، صنعت و آب شهری.

۳- مسائل زیست‌محیطی که خود باعث تغییرات جوی و اقلیمی و شرایط آب و هوایی شده است (ابراهیمیان، ۱۳۹۲).

از آن‌جا که کشور ایران با یک سوم متوسط بارش جهانی جزو مناطق خشک جهان محسوب می‌شود، لازم است تعادل عرضه و تقاضای منابع آبی و نیز توجه به کیفیت آن به عنوان یک رویکرد استراتژیک مد نظر قرار گیرد. بررسی‌ها حاکی از آن است که علی‌رغم ۴ برابر شدن جمعیت در طول قرن بیستم سایر فاکتورهای وابسته به مصرف منابع، با نرخ بیشتری رشد داشته‌اند. به عنوان مثال میزان مصرف آب در این دوره ۹ برابر و سطح زمین‌های زیر کشت آبی ۵ برابر افزایش داشته است. همچنین مصرف نامناسب و عملکردهای نابجای بشر در اکوسیستم منجر شد تا نیمی از تالاب‌های جهان در طول قرن بیستم خشک شود (word water، ۲۰۰۲).

نکته قابل تأمل دیگر در توزیع منابع آب در جهان، نامتوازن بودن میزان آب در دسترس با جمعیت ساکن در این مناطق است. جدول شماره (۱) چگونگی توزیع جمعیت و میزان منابع آب در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول مشخص است، تناسب چندانی بین میزان آب در دسترس و جمعیت ساکن در مناطق وجود ندارد .به عنوان مثال آمریکای لاتین و کارائیب با برخورداری از حدود ۹ درصد جمعیت جهان از بیش از ۳۷ درصد از منابع آب برخوردارند؛ اما خاورمیانه و شمال آفریقا با برخورداری از ۵/۹ درصد از جمعیت جهان تنها از ۰/۶ درصد از منابع آب برخوردار می‌باشند.

جدول ۱- توزیع جمعیت و میزان منابع آب در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۲ (World Development Indicators، ۲۰۱۴)

منطقه	جمعیت - میلیون نفر	سهم- درصد	میزان منابع آب تجدیدپذیر - میلیارد متر مکعب	سهم- درصد
شرق آسیا و اقیانوس آرام	۲۲۳۳	۳۳/۳	۱۰۰۹۶	۲۷/۱
اروپا و آسیای مرکزی	۸۹۵	۱۳/۴	۷۰۷۲	۱۹
آمریکای لاتین و حوزه کارائیب	۶۰۸	۹/۰۸	۱۳۹۸۷	۳۷/۵
خاور میانه و شمال آفریقا	۳۹۵	۵/۹	۲۳۱	۰/۶
آسیای جنوبی	۱۶۴۹	۲۴/۶	۱۹۸۲	۵/۳
کشورهای زیر صحرای آفریقا	۹۱۲	۱۳/۶	۳۸۸۴	۱۰/۴
کل	۶۶۹۲	۱۰۰	۳۷۲۵۲	۱۰۰

با توجه به موارد مذکور جمعیت و مسائل مربوط به آن از جمله مسائل چندبعدی و پیچیده جوامع انسانی است که هم تحت‌تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و به‌ویژه زیست‌محیطی می‌باشد و هم تأثیرگذار بر آن؛ می‌توان گفت که مسائل جمعیتی و تغییر و تحولات مربوط به آن به قدری گسترده و دارای پراکندگی است که تحت‌الشعاع و زیرسیطره یک نظریه یا فرمول خاصی قرار نمی‌گیرد؛ بلکه حرکات جمعیتی خاص در یک جهت ویژه احتمالاً در شرایط زمانی و مکانی متفاوت علل مختلف و متنوع و بعضاً متضادی داشته است. دولت‌ها نیز در مقابل این مسئله، سیاست‌های جمعیتی متعدد و متنوعی دارند. برای مثال پدیده باروری یکی از ابعاد مهم جمعیتی است که در بعضی کشورها برای بالا بردن میزان آن، سیاست‌های تشویقی اعمال می‌شود و در جامعه یا کشور دیگری به سبب بالارفتن آن سیاست‌های تنبیهی اعمال می‌شود (بیگدلی و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجا که در شرایط کنونی جهت‌گیری سیاست‌های ایران به سمت اعمال سیاست‌های تشویقی و افزایش جمعیت است، لذا مقاله حاضر به دنبال بررسی پیامدهای

بلندمدت اقتصادی- زیست‌محیطی حاصل از این جهت‌گیری سیاستی، با تأکید ویژه بر محیط‌زیست و منابع آب، می‌باشد. به دلیل این که طی سالیان اخیر رشد جمعیت بطور فزاینده فشار بر منابع زیست‌محیطی مانند آب را بیشتر نموده است، در این پژوهش رابطه بین رشد جمعیت و بحران آب و اثرات اقتصادی حاصل از آن مورد بررسی و کنکاش قرار می‌گیرد. از جمله مطالعات انجام شده در داخل و خارج در زمینه بحران آب می‌توان به مطالعاتی که در ادامه آورده شده، اشاره نمود. یوسفی (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به بررسی علل بحران آب در ایران پرداخته و مطرح می‌کند که کمبود آب شامل تنش آب، کم‌آبی و بحران آب است. جلالی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله خود مطرح کردند که بحران آب فراتر از اثرات زیست‌محیطی، دارای اثرات اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای بر همه بخش‌ها به‌خصوص در بخش کشاورزی است. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که اقلیم از اصلی‌ترین و مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ویژگی‌های اکوسیستم محسوب می‌شود، بدین علّت تغییرات هرچند ناچیز آن اجزای مختلف اکوسیستم را متأثر می‌سازد. تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های انسان و صنعتی شدن کشورهاست که منجر به افزایش دمای کره زمین و افزایش بلایای طبیعی مانند خشکسالی می‌شود. خوارزمی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهش خود ضمن اشاره به مفهوم توسعه پایدار، بیلان آب و سرانه موجودی آب در جهان و ایران، به بررسی شاخص‌های توسعه پایدار از منظر بحران آب پرداخته‌اند. سجادی (۱۳۸۸)، در مقاله خود با عنوان بحران آب و تأثیر آن بر روابط ایران با کشورهای همجوار پس از انقلاب اسلامی مطرح کردند که در دنیای کنونی یکی از مهمترین عوامل چالش و درگیری بین کشورها، محیط‌زیست و مسائل مربوط به آن است. Roson و Damania (۲۰۱۶)، در مقاله‌ای با استفاده از مدل تعادل عمومی و سناریوهای تغییر اقلیم، مناطقی را که بخاطر کمبود آب از نظر رشد اقتصاد محدود شده‌اند را شناسایی کرده و اثرات اقتصاد کلان کمبود آب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کمبود آب برای رشد و توسعه در برخی مناطق محدودکننده بوده و عنوان کردند که مدیریت منابع آب برای برخی از اثرات نامطلوب آب اثرگذار می‌باشد. Roson و Sartori (۲۰۱۵، ۲۰۱۶) در مطالعات خود، از مدل تعادل عمومی جهت تحلیل پیامدهای کمبود آب تحمیل شده توسط تغییرات اقلیم در مدیترانه با تمرکز بر اثرات در صنعت جهانگردی و کشاورزی استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش درآمد گردشگری درآمد ملی افزایش یافته و در ساختار تولید نیز تغییر ایجاد می‌شود.

مبانی نظری

رابطه بلندمدت بین رشد جمعیت و کیفیت زندگی یک منبع بحث برانگیز در بین اقتصاددانان بوده است و به لحاظ تاریخی حمایت از نرخ‌های بالای رشد جمعیت نگرانی در مورد کیفیت و استانداردهای زندگی را تحت‌الشعاع قرار داده است. بحث بر سر رشد جمعیت و اهمیت آن برای رفاه انسان، در ابتدا به صورت جدی توسط مالتوس مطرح شد (Thompson، ۱۹۴۴). او ادعا کرد که جمعیت انسانی به‌صورت تصاعد هندسی رشد می‌کند، درحالی‌که تولید موادغذایی به‌صورت تصاعد حسابی رشد می‌نماید؛ بنابراین پس از مدت کوتاهی رشد تولید از رشد جمعیت عقب می‌ماند و تعداد زیادی از جمعیت فقیر خواهند شد. مالتوس جمعیت را به عنوان عامل تأثیرپذیر از تولید غذا می‌داند. لذا با رشد جمعیت به‌عنوان یک عامل درون‌زا برخورد می‌کند. مالتوس سه اثر منفی را برای افزایش جمعیت مطرح می‌کند (Malthus، ۱۹۹۲).

۱- گسترش فقر از نظر کمی و کیفی

۲- محدودیت منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست

۳- عدم بهبود در کیفیت محیط زندگی

از جمله شواهد تجربی موجود در جهان در رابطه با نظریه مالتوس می‌توان به بررسی اقتصادی بانک توسعه آسیایی بر روی دو کشور پرجمعیت جهان، چین و هند اشاره نمود؛ این بررسی حاکی از آن است که اگرچه این دو کشور (به ویژه چین) نرخ‌های رشد اقتصادی بالایی را در سال‌های اخیر تجربه کرده‌اند و این رشد فوق‌العاده سود زیادی برای ساکنان این دو کشور به ارمغان آورده، اما آنها را در دام جمعیت مالتوس گرفتار نموده است (Lozeau، ۲۰۰۷). براساس این گستره تاریخی مشاهده می‌شود که رشد جمعیت و رفاه انسان ارتباط نزدیکی دارند (Thompson، ۱۹۴۴). با ردیابی تاریخچه اخیر تئوری و پژوهش بر روی رابطه بین جمعیت‌شناسی و اقتصاد به این نتیجه می‌توان دست یافت که کاهش باروری و کاهش نسبت‌های وابستگی جمعیت، فرصتی برای توسعه اقتصادی و کاهش فقر فراهم می‌کند (Cincotta و Engelman، ۱۹۹۷؛ Birdsall و همکاران، ۲۰۰۱؛ Morgan، ۲۰۰۳؛ Prasad، ۲۰۰۳؛ بیگدلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ Sinding، ۲۰۰۹؛ Afzal، ۲۰۰۹؛ Roy و Das، ۲۰۱۱).

البته در کنار نظریه مطرح شده مالتوس، عده‌ای معتقدند که رشد جمعیت منجر به افزایش رشد اقتصادی می‌شود که در این رابطه می‌توان به مطالعات Johanson (۱۹۹۴)، Lozeau (۲۰۰۷) و Ali و همکاران (۲۰۱۳) اشاره نمود. اما از آنجا که تأثیر رشد جمعیت بر توسعه انسان ابعاد مختلفی دارد، نمی‌توان با اطمینان اظهار داشت که تعداد جمعیت بیشتر منجر به توسعه اقتصادی بیشتر می‌شود و این نیاز به ایده‌های نوآورانه، اجرای فناوری و سیاست‌ها و یک بیان اقتصادی دارد که دستیابی به آن آسان نیست.

از نیمه دوم قرن بیستم تغییرات عمیقی در رشد جمعیت جهان، ساختار و توزیع آن و به تبع آن فشار بر منابع طبیعی و محیط‌زیست ایجاد شده است. این تغییرات دربردارنده بحران بزرگی است که

نشان‌دهنده پیچیدگی واقعیت‌های فرهنگی- اجتماعی و اهمیت تعامل بین جمعیت، محیط‌زیست طبیعی، توسعه فعالیت‌های اقتصادی و توزیع کالاها و خدمات می‌باشد. باتوجه به اهمیت رابطه رشد جمعیت و منابع طبیعی به‌طور خلاصه، به سیر تکاملی موضوع جمعیت، محیط‌زیست و منابع در قرن بیستم اشاره می‌شود. در طول قرن بیستم تلاش شد تا به صورت کمی و آماری به فهم تأثیرات جمعیت بر محیط‌زیست پرداخته شود. بحث‌ها و اقدامات سازمان ملل در این حوزه از زمان تأسیس سازمان ملل شروع شد. در این راستا چهار موج عمده را می‌توان از یکدیگر تفکیک کرد:

موج اوّل

در اواخر دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ علایق جمعیت‌شناختی صرفاً روی آثار منفی رشد جمعیت بر منابع طبیعی غیرقابل بازیافت و تولید مواد غذایی متمرکز بود و عملاً به عوارض جانبی زیست‌محیطی توجهی صورت نمی‌گرفت. در طول این دوره به منظور بررسی و آزمون تأثیر رشد جمعیت در ارتباط با زمین‌های قابل کشت، تولید مواد غذایی، ظرفیت حمل، منابع معدنی، انرژی و سرمایه مطالعات بسیاری صورت گرفت.

موج دوّم

در دوّمین موج علایق زیست‌محیطی در طول دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، بیشتر مطالعات روی موضوعاتی چون آلودگی آب و هوا، دفع زباله‌ها و ضایعات، حشره‌کش‌ها و ضایعات رادیو اکتیو متمرکز بود. این دوره، به‌ویژه در مغرب زمین، اوج علاقه به آثار و پیامدهای رشد سریع جمعیت بود.

موج سوّم

طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ میلادی ابعاد جدیدی به موضوع جمعیت و محیط‌زیست افزوده شد. در موج سوم مسایلی چون سوراخ شدن لایه اوزون، گرم شدن دمای کره زمین و اهمیت منابع غیرقابل بازیافت در سطح جهانی مورد توجه قرار گرفت.

موج چهارم

در موج چهارم که سال‌های آخر قرن بیستم را شامل می‌شود، موضوعات دیگری چون مسایل مرتبط با تنوع زیستی، جنگل‌زدایی، مهاجرت، بیماری‌های جدید و ظهور مجدد آنها در سطح جهانی بیشتر مورد توجه قرار گرفت (چشم انداز آب جهانی، ۲۰۰۲).

تصویری از وضعیت موجود

ارائه تصویری از وضعیت موجود ایران به لحاظ شاخص‌های جمعیتی، زیست‌محیطی و منابع آبی بر طبق آخرین آمار بانک جهانی می‌تواند درک مناسب‌تری از اثرات رشد جمعیت بر شاخص‌های اقتصادی را به وجود آورد. جدول (۲) خلاصه‌ای از آخرین آمار وضعیت شاخص‌های جمعیت ایران را نشان می‌دهد.

جدول ۲- شاخص‌های مهم جمعیتی ایران در سال ۲۰۱۴ (World Bank، ۲۰۱۴)

میانگین شاخص‌های جمعیتی	ایران
نرخ رشد جمعیت	۱/۲۸
میزان خام تولد[۲]	۱۷/۵۴
میزان خام فوت[۳]	۴/۶۴
نرخ باروری	۱/۷۱

براساس آخرین آمار ارائه شده توسط بانک جهانی و نیز گزارش ملل متحد (United Nations، ۲۰۱۵)، ایران هفدهمین کشور پرجمعیت جهان به شمار می‌رود. طبق جدول (۳)، جمعیت ایران در سال ۱۹۵۰ از حدود ۱۷ میلیون نفر به ۷۹ میلیون نفر در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. به بیان دیگر در فاصله ۶۵ سال جمعیت کشور ۴/۶ برابر شده است. در حالی‌که جمعیت جهان در همین فاصله زمانی ۲/۹ برابر شده است. بنابراین سرعت رشد جمعیت ایران در دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۵۰، بیش از سرعت رشد جمعیت جهان بوده است.

جدول ۳- مقایسه میزان افزایش جمعیت ایران و جهان در ۶۵ سال گذشته (United Nations، ۲۰۱۵)

جمعیت	۱۹۵۰	۲۰۱۵	میزان افزایش در ۶۵ سال اخیر
ایران (هزارنفر)	۱۷۱۱۹	۷۹۱۰۹	۴/۶
جهان (هزارنفر)	۲۵۲۵۱۴۹	۷۳۴۹۴۷۲	۲/۹

۱- مقایسه شاخص‌های جمعیت ایران و سایر نقاط جهان

براساس گزارش بانک جهانی جدول (۴)، نرخ رشد جمعیت در ایران در طی پنج سال اخیر (از حدود ۲۰۱۰ به بعد) از نرخ رشد جمعیت جهان پیشی گرفته است و براساس آخرین آمار ارائه شده برای سال ۲۰۱۴، حدود ۰/۱۱ بیشتر از نرخ رشد جمعیت جهان بوده است.

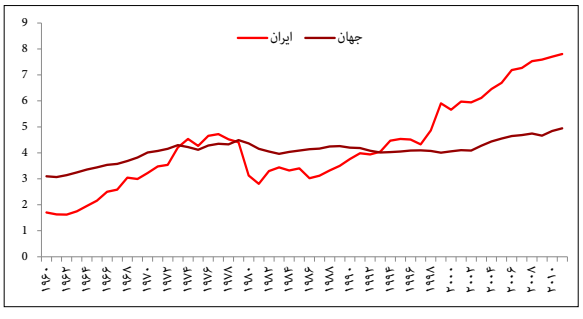
جدول ۴- نرخ رشد جمعیت ایران و جهان (World Bank، ۲۰۱۴)

سال	نرخ رشد جمعیت ایران	نرخ رشد جمعیت جهان
۱۹۹۶	۱/۶۲	۱/۴۵
۱۹۹۷	۱/۸۱	۱/۴۳
۱۹۹۸	۱/۸۹	۱/۴۰
۱۹۹۹	۱/۸۱	۱/۳۷
۲۰۰۰	۱/۶۴	۱/۳۳
۲۰۰۱	۱/۴۵	۱/۳۰
۲۰۰۲	۱/۳۱	۱/۲۸
۲۰۰۳	۱/۲۱	۱/۲۶
۲۰۰۴	۱/۱۶	۱/۲۵
۲۰۰۵	۱/۱۵	۱/۲۶
۲۰۰۶	۱/۱۴	۱/۲۴
۲۰۰۷	۱/۱۲	۱/۲۳
۲۰۰۸	۱/۱۲	۱/۲۳
۲۰۰۹	۱/۱۵	۱/۲۲
۲۰۱۰	۱/۲۰	۱/۲۱
۲۰۱۱	۱/۲۴	۱/۲۰
۲۰۱۲	۱/۲۹	۱/۱۷
۲۰۱۳	۱/۳۰	۱/۲۲
۲۰۱۴	۱/۲۸	۱/۱۷

در مورد نرخ باروری این اجماع کلی وجود دارد که در سال‌های اخیر باروری تقریباً در تمام نقاط جهان کاهش یافته است. در آفریقا که دارای بالاترین سطح باروری است، نرخ باروری از ۴/۹ بچه (برای هر زن) در ۲۰۰۵-۲۰۱۰ به ۴/۷ بچه (برای هر زن) در ۲۰۱۰-۲۰۱۵ کاهش یافته است. نرخ باروری همچنین در آسیا و اقیانوسیه در همان مدت مشابه از ۲/۳ به ۲/۲ در آسیا و از ۲/۵ به ۲/۴ در اقیانوسیه کاهش یافته است. کاهش‌های اخیر باروری در آمریکای لاتین و کارائیب (از ۲/۳ به ۲/۱۵) و آمریکای شمالی (از ۲ به ۱/۸۶) کمی بیشتر بوده است. اروپا تنها منطقه در جهان است که استثنا بوده و نرخ باروری کل اروپا از ۱/۵۵ در ۲۰۰۵-۲۰۱۰ به ۱/۶ در ۲۰۱۰-۲۰۱۵ افزایش داشته است. براساس روند کاهشی مشاهده شده در جهان، نرخ باروری ایران برای همین مدت مشابه از ۱/۸۰ به ۱/۷۴ رسیده است.

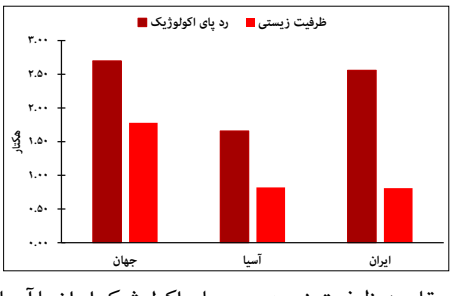
۲- مقایسه ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیک[۴] ایران و جهان

با توجه به تصویر ارائه شده از جمعیت ایران و مقایسه آن با جهان، باید اذعان داشت که تا به امروز رسیدن به جمعیت فعلی کشور، به قیمت تخریب منابع پایه کشور و بسیاری مسائل زیست‌محیطی تمام شده که از جمله اثرات زیست‌محیطی، مسائلی همچون افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، به همراه کاهش ظرفیت زیستی برای پاسخگویی به نیازهای جمعیت ایران است. گاز دی‌اکسید کربن به عنوان عاملی مهم و موثر در گرمایش جهانی و تغییر اقلیم مسئول ۶۰ درصد گرم شدن جهان یا اثر گلخانه‌ای شناخته شده است. شکل (۱) وضعیت میزان انتشار این گاز را در ایران و جهان نشان می‌دهد که براساس آن از سال ۱۹۹۳ به بعد میزان انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با نرخ تصاعدی نسبت به جهان پیشی گرفته است.



شکل ۱- مقایسه میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه
(برحسب متریک تن) در ایران و جهان (World Bank)

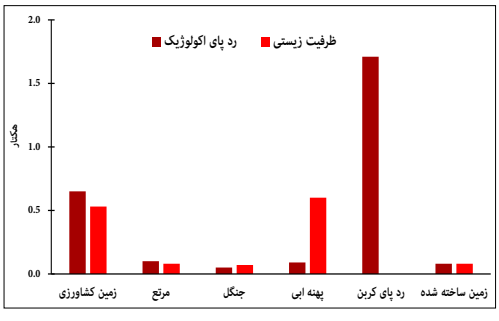
علاوه بر موارد مذکور، براساس اطلاعات منتشر شده توسط جامعه جهانی ردپای اکولوژیک[۵]، میانگین ردپای اکولوژیک هر ایرانی ۲/۶۸ هکتار، درحالی که ظرفیت زیستی ایران برای هر نفر ۰/۸۱ هکتار بوده است. به عبارتی ردپای اکولوژیک هر ایرانی ۱/۸۷ هکتار بزرگتر از ظرفیت زیستی است (Ewing و همکاران،۲۰۱۰). مقایسه سرانه ردپای اکولوژیک ایران و جهان حاکی از آن است که با توجه به آمارهای موجود، سرانه رد پای اکولوژیک ایران تقریباً برابر با متوسط رد پای اکولوژیک جهان است. اما در مقایسه با قاره آسیا با سرانه رد پای ۱/۸، ایران رد پای بسیار بزرگ‌تری نسبت به کشورهای قاره آسیا دارد. همچنین سرانه ظرفیت زیستی ایران تقریباً برابر با آسیا و کمتر از نصف سرانه زیستی جهان است (شکل۲).



شکل ۲- مقایسه ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیک ایران با آسیا و جهان

همچنین همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، ایران بالاترین سرانه ظرفیت زیستی در زمین کشاورزی با ۰/۵ هکتار و پایین‌ترین سرانه ظرفیت زیستی در پهنه آبی با ۰/۰۶ هکتار را دارا است. همچنین بزرگ‌ترین سرانه رد پای اکولوژیک مربوط به رد پای کربن ۷/۱ هکتار و پایین‌ترین رد پا مربوط به جنگل با ۰/۰۵ هکتار

می‌باشد. با مقایسه ردپا و ظرفیت زیستی به تفکیک پهنه‌های زمین، می‌توان به این نتیجه رسید که تنها در پهنه جنگل ظرفیت زیستی ایران بالاتر از رد پای اکولوژیک است. به این معنی که در پهنه جنگل مردم ایران از تمام ظرفیت زیستی استفاده نکرده‌اند و در این بخش پایداری اکولوژیک وجود دارد. در زمین ساخته شده نیز ظرفیت زیستی و رد پای اکولوژیک با هم برابرند که نشان می‌دهد، مصرف در این بخش تا به امروز از ظرفیت زیستی فراتر نرفته است. در پهنه‌های دیگر زمین رد پای اکولوژیک بالاتر از ظرفیت زیستی است، که نشان‌دهنده ناپایداری در این پهنه‌ها می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیک در بخش‌های مختلف ایران

با مقایسه سرانه ظرفیت زیستی و سرانه رد پای ایران می‌توان نتیجه گرفت رد پای اکولوژیک ایران بسیار بزرگ‌تر از سرانه زیستی‌اش می‌باشد. این امر نشان‌دهنده مصرف بیش از حد از منابع و وابستگی به منابع دیگر مناطق جهان برای تأمین نیازهای اکولوژیک ساکنان است. همچنین بر اساس منطق روش رد پای اکولوژیک و نتایج به دست آمده می‌توان گفت که وضعیت اکولوژیک ایران دارای ناپایداری است. البته در سطح ملی و منطقه‌ای می‌توان ناپایداری اکولوژیک و کمبود ظرفیت زیستی را با مصادره منابع از مناطق پشتیبان جبران کرد. اما در سطح جهانی از آنجا که منابع سیاره محدود و مشخص است، نمی‌توان بیش از ظرفیت زیستی زمین مصرف کرد و در صورت فشار بیش از حد بر منابع، امکان تجدید منابع از بین می‌رود و از آنجا که حیات انسان به منابع زیستی کره زمین وابسته است، زندگی و محیط‌زیست انسان در معرض خطر جدی قرار می‌گیرد.

۳- وضعیت موجود منابع آب ایران

برای سنجش میزان بحران آب از شاخص‌ها و مدل‌های متعددی استفاده می‌شود که سه شاخص فالکن مارک[۶]، شاخص سازمان ملل، شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲) از معتبرترین آن‌ها به‌شمار می‌آیند.

فالکن مارک، دانشمند سوئدی، از میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه برای نشان دادن وضعیت بحران آب در کشورها استفاده می‌کند. فالکن مارک معتقد است کشورهایی که سرانه منابع آب تجدیدپذیر بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰ مترمکعب دارند، جزو کشورهای با تنش آبی محسوب می‌شوند. با توجه به جمعیت ۷۵ میلیونی ایران، در حال حاضر سرانه آب تجدیدپذیر ایران از مرز ۱۷۰۰ مترمکعب عبور کرده و کشور ما وارد دوره تنش آبی شده است (Falkenmark و Widstrand، ۱۹۹۲). بر اساس مطالعات سازمان بین‌المللی مدیریت آب، ایران در بین ۱۱۶ کشور از نظر بحران آبی، در رده ۱۴ قرار دارد که این خود نشان‌دهنده وضعیت نامناسب آب ایران است.

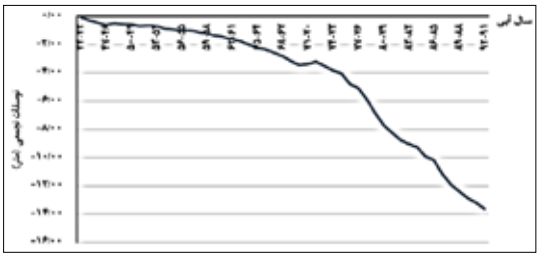
سرانه منابع آب کشور درحال حاضر حدود ۱۷۰۰ مترمکعب برای هرنفر می‌باشند. مقادیر آن از ۵۵۵۵ در سال ۱۳۴۲ تا ۱۷۰۰ در سال ۱۳۹۰ تغییر کرده است. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه کشور درحال وارد شدن به محدوده تنش آبی است اما درحال حاضر در بعضی از استان‌ها میزان سرانه حتی کمتر از ۵۰۰ مترمکعب برای هرنفر است که این نشان‌دهنده کمبود شدید منابع آبی در این استان‌ها است.

جدول ۵- میزان سرانه منابع آب تجدیدشونده کشور (دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا، ۱۳۸۷)

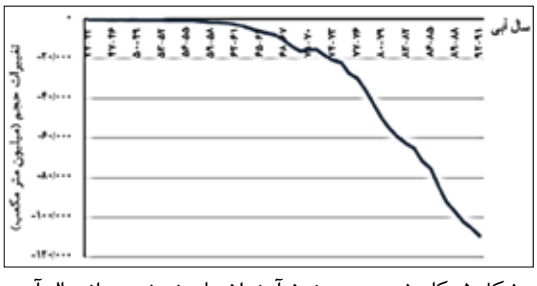
متغیر	واحد	سال				
		۱۳۴۲	۱۳۶۷	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
جمعیت	میلیون نفر	۲۳/۴	۵۳/۰۴	۶۰/۰۵	۷۰/۴	۷۶/۲
برداشت از منابع آب برای مصارف	میلیارد مکعب	۴۳/۷	۷۴/۵	۷۶/۸	۹۴	۱۰۴
سرانه برداشت از منابع آب	مترمکعب در سال	۱۸۶۷	۱۳۹۵	۱۲۸۰	۱۳۳۵	۱۳۶۵
سرانه منابع آب تجدیدشونده	مترمکعب در سال	۵۵۵۵	۲۴۳۴	۲۱۶۷	۱۸۴۶	۱۷۰۶
نسبت برداشت سرانه به تجدیدپذیر	درصد	۳۳/۶	۵۷/۳	۵۹	۷۲/۳	۸۰

ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلی‌متر در سال، از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود است. توزیع مکانی بسیار ناهمگن همین مقدار کم نیز همواره معضلات بسیاری به همراه داشته است. به طوری که فقط یک درصد از مساحت ایران بارشی بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر دارد؛ در حالی که ۲۸ درصد از سطح کشور، بارش سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر دارد (بیگلری و کریمی، ۱۳۹۲).

طبق آمار ارائه شده از شرکت مدیریت منابع آب کشور، تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در طول پنج دهه گذشته به‌طور متوسط سالانه ۰/۲۸ متر کاهش یافته و حجم آب در مخازن زیرزمینی به طور متوسط سالانه حدود ۲۲۳۱ میلیون مترمکعب کاهش یافته است.

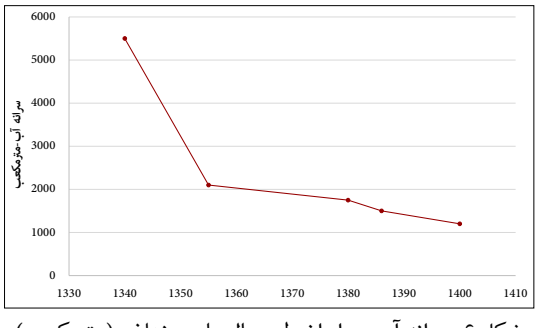


شکل ۴- نوسانات سطح آب زیرزمینی از سال آبی ۴۴-۴۳ الی ۹۲-۹۱ در ایران (شرکت مدیریت منابع آب کشور، ۱۳۹۳)



شکل ۵- کاهش حجم مخزن آبخوان‌های زیرزمینی از سال آبی ۴۴-۴۳ الی ۹۲-۹۱ (شرکت مدیریت منابع آب کشور، ۱۳۹۳).

به مقدار حجم آب قابل تجدید به ازای هرنفر در سال، سرانه آب می‌گویند. با توجه به جمعیت حدود ۶ میلیارد نفری کره زمین سرانه سالیانه آب هر نفر حدود ۶۵۰۰ مترمکعب است؛ ولی این سرانه به طور یکنواخت در سطح دنیا توزیع نشده است، به‌طوری‌که در برخی مناطق همانند کانادا بالغ بر چندین هزار مترمکعب در سال و در بعضی نقاط همچون کویت این سرانه به رقم صفر می‌رسد. با توجه به رشد جمعیت در ایران در سال‌های اخیر، این رقم از ۵۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۴۰به رقم ۲۱۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۵۵ و سپس ۱۷۵۰ مترمکعب درسال۱۳۸۰ و رقم ۱۵۰۰مترمکعب در سال ۱۳۸۶ رسیده است و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۱۴۰۰به کمتر از ۱۲۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر برسد.



شکل ۶- سرانه آب در ایران طی سال‌های مختلف (مترمکعب)

مواد و روش‌ها

بنابر آنچه ذکر شد با توجه به اهمیت بحران آب در ایران و از طرفی اهمیت اثرات اقتصادی بحران آب در ایران در مطالعه حاضر سعی شده است با استفاده از شبکه علّی بیزین تأثیر افزایش جمعیت بر بحران آب و سپس تأثیر بحران آب بر متغیرهای مهم کلان اقتصادی شامل رشد اقتصادی و رشد بخش‌های مختلف اقتصاد (کشاورزی، صنعت و خدمات)، نرخ تورم، نرخ بیکاری، و همچنین اثرات اجتماعی بحران آب با توجه به شاخص عدم دسترسی به آب سالم پرداخته شود. نقشه علّی بیزین ترکیبی از نقشه علّی و شبکه بیزین است که نقشه علّی، نمایش نموداری دانش و شناخت متخصص از موضوع مورد بحث است و شبکه بیزین نمایش شبکه‌ای دانش متخصص بر پایه نظریه احتمال می‌باشد. شبکه بیزینی که در آن روابط وابسته علّی باشد، شبکه عقاید علّی یا شبکه احتمالات علّی یا نقشه علّی بیزین نامیده می‌شود. به دلیل اینکه چارچوب شبکه بیزین بر اساس احتمال طراحی شده است، لذا نقشه علّی بیزین می‌تواند برای ناطمینانی‌های همراه با متغیرها در نقشه استفاده شود. به دلیل ترکیب روش نقشه علّی و شبکه بیزین مدل نقشه علّی بیزین قابلیت نقشه‌های علّی را به صورت‌های گوناگون افزایش می‌دهد و می‌تواند با استفاده از خاصیت تعمیم (انتشار) شبکه بیزین وقتی اطلاعات بیشتری از متغیرهای دیگر به دست می‌آید درباره متغیرهای مورد نظر تحلیل‌های دقیق‌تری داشت (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱).

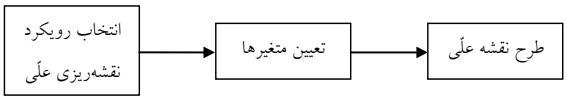
• نقشه علّی

نقشه‌های علّی را می‌توان بر اساس تئوری طراحی کرد. این روش مباحث را توصیفی‌تر از مدل‌های دیگر مثل رگرسیون یا معادلات ساختاری نشان می‌دهد. دیگر اینکه این روش، دارای توانایی استنباط است که بر مبنای تئوری‌های اثبات شده پیشین بدست آمده و در تحلیل تصمیم‌گیری‌ها اهمیت ویژه دارد، زیرا باعث می‌شود که فرد بتواند از طریق استنباط‌ها پیش‌بینی کند (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱).

استنباط متغیرها در نقشه‌های علّی پیچیده به سادگی امکان‌پذیر نیست، چون اولاً نقشه‌های علّی متغیرها نقشه در سطح یکسانی از اطمینان هستند، در حالی‌که شناسایی سطح نااطمینانی در مرحله استنباط مهم است. ثانیاً نقشه‌های علّی نمایش ایستایی از متغیرها هستند. بنابراین در دنیای واقعی نیاز به رویکرد پویا است تا بتوان چگونگی تغییر متغیرها را در طی زمان و با توجه به نوسانات دیگر متغیرها نمایش داد. با استفاده از نمودار جهت‌دار در این مدل که اهرم محاسبات می‌باشد، جهت کارآمد ساختن و هدایت شبکه، جهت تعیین الگوی پیچیده میان مجموعه عناصر استفاده می‌شود. به عبارت دیگر به شناسایی ساختار درون یک سیستم از عناصر تشکیل‌دهنده آن توسط یک ماتریس بیان می‌شود. بنابراین نتایج حاصل از مدل‌سازی نقشه برای بیان یک رابطه خاص میان هر جفت از عناصر در بین مجموعه عناصر شبکه می‌باشد (Porter،۱۹۸۰).

مراحل ساخت نقشه علّی شامل ۳ مرحله است (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱):

مرحله اول شامل انتخاب رویکرد نقشه‌ریزی علّی، مرحله دوم شامل تعیین متغیرها و مرحله سوم شامل، طرح نقشه علّی می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷- مراحل ساخت نقشه علّی (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۰)

در این بخش از متغیرهای معرفی شده در مطالعات داخلی و خارجی که با ساختار اقتصادی ایران نیز مطابقت دارند، به منظور ساخت نقشه علّی بیزین استفاده شده است.

متغیرهای مورد استفاده جهت تهیه نقشه علّی بیزین و بررسی اثرات اقتصادی بحران آب در ایران شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱. متغیر نرخ تورم که تابعی است از نقدینگی، نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد بخش‌های مختلف اقتصادی و بحران آب. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعات قبادی و کمیجانی (۱۳۸۹)، حاجی رحیمی و ترکمانی (۱۳۸۲)، و همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$if=f(gm,ggdp,ggdp_i,ggdp_s,ggdp_a,W_C) \quad (۱)$$

۲. انتشار گازهای گلخانه‌ای که تابعی است از نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات و نرخ رشد جمعیت. متغیرهای مورد استفاده از مطالعه ترابی و همکاران (۱۳۹۱)،حیدری و رنجبر فلاح (۱۳۹۲)، لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۹۰)، همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$co_2=f(ggdp,ggdp_a,ggdp_i,ggdp_s,gp) \quad (۲)$$

۳. شاخص توسعه انسانی که تابعی است از انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی و رشد بخش‌های مختلف اقتصادی و بحران آب می‌باشد. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعه خوشنویس و پژویان (۱۳۹۱) و همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$HDI=f(co_2,ggdp,ggdp_a,ggdp_i,ggdp_s,W_C,W_h) \quad (۳)$$

۴. نرخ بیکاری که تابعی از جمعیت و نرخ رشد اقتصادی و بخش‌های مختلف اقتصادی و بحران آب است. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعه رحیمی و برین (۱۳۹۴) و همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$ur=f(gp,ggdp,ggdp_a,ggdp_i,ggdp_s,W_C) \quad (۴)$$

۵. شاخص بحران آب که تابعی از افزایش جمعیت کشور و انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف آب در بخش‌های مختلف می‌باشد. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعات جلالی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳)، خوارزمی و همکاران (۱۳۹۰)، همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$W_C=f(gp,co_2,cw_a,cw_i,cw_s) \quad (۵)$$

۶. شاخص دسترسی به آب سالم برای آشامیدن که تابعی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و بحران آب می‌باشد. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعه خوارزمی و همکاران (۱۳۹۰)، همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$W_h=f(W_C,co_2) \quad (۶)$$

(لازم به ذکر است که شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای، دسترسی به آب سالم و نرخ رشد اقتصادی به عنوان ابعاد توسعه پایدار درنظر گرفته شده‌اند).

۷. متغیرهای نرخ رشد اقتصادی بخش‌های مختلف که تابعی از نرخ تورم و بحران آب و نرخ رشد نقدینگی و میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی و نرخ رشد جمعیت در نظر گرفته شده‌اند. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعات بخشی دستجردی و خاکی نجف‌آبادی (۱۳۸۹)، اسدزاده و همکاران (۱۳۹۳)، محرابیان و صدقی سیگارچی (۱۳۸۹)، محمدپور و همکاران (۱۳۹۲)، همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$ggdp_a=f(if,W_c,gm_2,cw_a \text{ و } gp) \quad (۷)$$

$$ggdp_i=f(if,W_c,gm_2,cw_i \text{ و } gp) \quad (۸)$$

$$ggdp_s=f(if,W_c,gm_2,cw_s \text{ و } gp) \quad (۹)$$

۸. میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی که تابعی از رشد جمعیت است. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعات آبابایی و همکاران (۱۳۹۳)، همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$cw=f(gp) \quad (۱۰)$$

۹. متغیرهای نقدینگی و افزایش جمعیت

۱۰. نرخ رشد اقتصادی که تابعی است از نرخ تورم، مصرف آب، نرخ رشد بخش‌های مختلف اقتصادی، بحران آب، انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش جمعیت. متغیرهای مورد استفاده از مطالعات مختلف شامل مطالعات Roson و Damania (۲۰۱۶)، بخشی دستجردی و خاکی نجف‌آبادی (۱۳۸۹)، اسدزاده و همکاران (۱۳۹۳)، محرابیان و صدقی سیگارچی (۱۳۹۳)، حاجی رحیمی و ترکمانی (۱۳۸۲)، و همچنین بر اساس نظر کارشناسان و مطابق با شرایط اقتصاد ایران درنظر گرفته شده‌اند.

$$ggdp=f(if,W_c,gm_2,cw_a,cw_i,cw_s,gp,ggdp_a,ggdp_i,ggdp_s) \quad (۱۱)$$

• شبکه بیزین

شبکه بیزین چارچوبی برای نمایش نااطمینانی متغیرها در شبکه فراهم می‌کند، مشابه اثر متغیرهایی که در نقشه آورده نشده‌اند. یک روش معمول برای غلبه بر نااطمینانی متغیرها در شبکه، اندازه‌گیری درجه اطمینان آن متغیر به شرط مقدار علّتش (والد) می‌باشد. فرآیند اندازه‌گیری درجه اطمینان همان تعیین احتمال پیشین[۷] متغیر به شرط مقدار والد

در شبکه است. شبکه بیزین از دو مرحله تشکیل شده است، مرحله کیفی و مرحله کمی. در مرحله کیفی ساختار نموداری شبکه طراحی می‌شود که شامل اتصالاتی جهت‌دار و غیرچرشی است که بیان‌کننده روابط وابسته بین متغیرها می‌باشد. اتصالات جهت‌دار منظور فلش‌هایی است که اشاره به جهت مشخصی دارند و منظور از غیرچرخشی بودن اتصالات این است که راهی برای شروع از یک نقطه و عبور از مجموعه‌ای اتصالات جهت‌دار و برگشت به نقطه شروع وجود نداشته باشد. سپس در مرحله کمی، روابط وابسته بین متغیرها به صورت توزیع احتمال شرطی بیان می‌شود. مهم‌ترین مسئله تعیین کشش اتصالات در نقشه، یعنی تعیین توزیع احتمالات است (Mitchell، ۱۹۹۷).

مبحث شبکه بیزین با تعریف استقلال شرطی شروع می‌شود. به صورت کلی، توزیع احتمال توام با n متغیر را می‌توان با استفاده از قاعده ضرب به دست آورد (Jaing و Wallstrom، ۲۰۰۶).

$$P(x_1,x_2,\ldots,x_n) = P(x_1|x_2,\ldots,x_n)\,P(x_2,\ldots,x_n) =$$
$$P(x_1|x_2,\ldots,x_n)\,P(x_2|x_3,\ldots,x_n)\,P(x_3,\ldots,x_n) =$$
$$P(x_1|x_2,\ldots,x_n)\,P(x_2|x_3,\ldots,x_n)\ldots P(x_{n-1}|x_n)\,P(x_n) \qquad (۱۲)$$

یعنی احتمال توأم همه متغیرها حال‌ضرب احتمال هر متغیر به شرط مقدار والدش (علّت) می‌باشد که این اصلی‌ترین و اساسی‌ترین فرض شبکه بیزین است (Steohenson، ۲۰۰۰).

• ساخت نقشه علّی بیزین (BCM)

نقشه‌های علّی برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف بکار گرفته می‌شود. مراحل ساخت نقشه علّی بیزین به دو بخش تقسیم می‌شود، مرحله کیفی و مرحله کمی.

مرحله کیفی، مرحله طرح نقشه علّی بیزین می‌باشد. در این مرحله ساختار نقشه علّی اولیه به دو علت تغییر پیدا می‌کند:

۱ـ برای حذف بعضی محدودیت‌های مراحل مدل‌سازی که در طرح نقشه‌های علّی وجود دارد.

۲ـ برای ساخت نقشه‌های علّی سازگار با فروض رویکرد بیزین.

پس نقشه علّی که در این مرحله طراحی می‌شود، نقشه‌ای است که شامل نمودارهای جهت‌دار غیر چرخشی است که گره‌ها متغیرها و فلش‌ها روابط مستقل شرطی را نشان می‌دهند.

مرحله کیفی از چند مرحله تشکیل شده است:

مرحله اول: استقلال شرطی در نقشه علّی بیزین

یک مدل شبکه‌ای، هم می‌تواند نقشه وابسته (D-map)[۸] و هم نقشه مستقل (I-map)[۹] باشد (Pearl، ۱۹۸۸). نقشه وابسته، نقشه‌ای است که بیان می‌کند متغیرهایی که به هم متصل هستند واقعاً وابسته هستند. از طرف دیگر نقشه مستقل بیان می‌کند، متغیرهایی که جدا هستند و فلشی به سمت آنها وجود ندارد، با توجه به متغیرهای دیگر، مستقل شرطی هستند. نقشه‌ای که هم نقشه وابسته و هم نقشه مستقل باشد، یک نقشه کامل[۱۰] نامیده می‌شود.

مرحله دوم: تشخیص نوع روابط علّت و معلولی

نقشه‌های علّی درک فردی از روابط علّت و معلولی بین متغیرها را بر اساس روش علت‌یابی مشخص می‌کند نه به صورت درک از نوع بیان گفتاری این‌گونه روابط (Charle، ۱۹۹۲). ادبیات مربوط به منطق بیان می‌کند که افراد روابط علّت و معلولی را بر اساس دو نوع روش علّت‌یابی طبقه‌بندی می‌کنند، روش استدلالی (استقرایی)[۱۱] و قیاسی[۱۲]. یک فرآیند استدلال، زمانی قیاسی نامیده می‌شود که فرآیند علّت‌یابی از علّت به سمت معلول باشد یعنی در جهت علّیت. یک فرآیند علّت‌یابی زمانی استدلالی است که رابطه از معلول به سمت علّت باشد یعنی در خلاف جهت علّیت.

در ساخت نقشه علّی بیزین، اتصالات باید فقط به صورت روابط قیاسی باشد و گزاره‌هایی که از نوع علّت‌یابی استدلالی هستند باید از نقشه حذف شوند.

مرحله سوم: تشخیص روابط مستقیم و غیر مستقیم

در مراحل تدوین نقشه علّی بیزین تفاوت روابط مستقیم و غیرمستقیم بین مفاهیم نشان داده نمی‌شود. این تفاوت برای شناسایی استقلال‌های شرطی در نقشه‌های علّی اهمیت دارد. تشخیص روابط علّت و معلولی مستقیم و غیرمستقیم به سه دلیل مهم است:

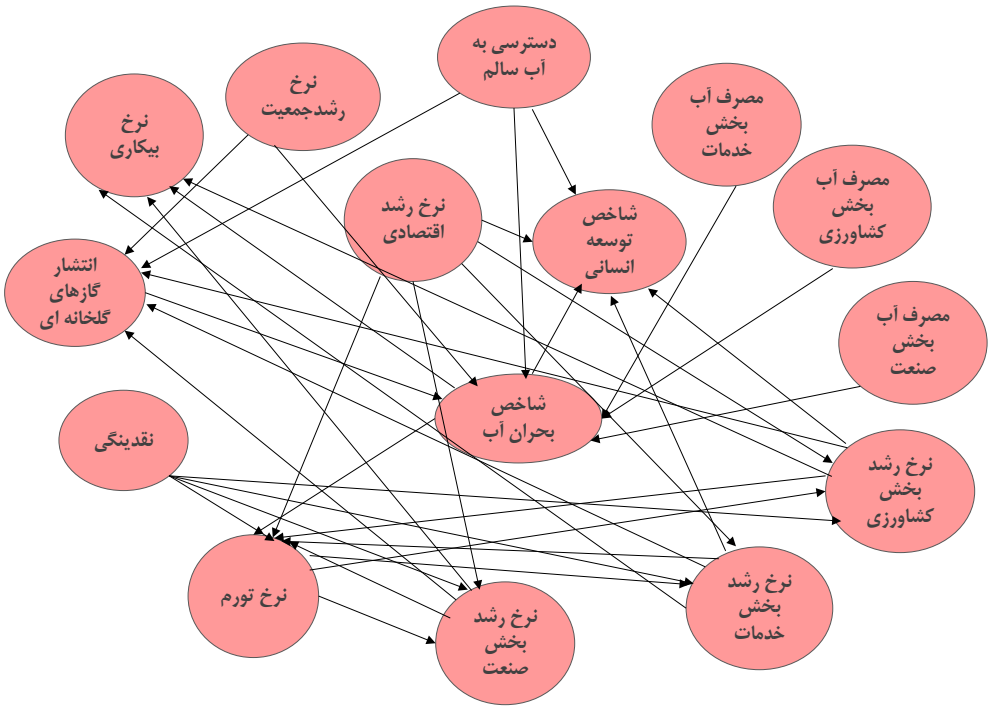
۱- به تشخیص روابط بین متغیرها کمک می‌کند یعنی با توجه به روابط مستقیم و غیرمستقیم می‌توان پی برد که یک متغیر به صورت مستقیم روی دیگری اثر دارد یا فقط با واسطه و تأثیر غیرمستقیم بر آن متغیر دارد.

۲- اگر یک متغیر فقط از طریق یک متغیر واسطه روی دیگری اثر می‌گذارد پس فلش از متغیر اول به سوم اضافی است و پیچیدگی نمایش را بیشتر می‌کند.

۳- تفاوت بین روابط علّت و معلولی مستقیم و غیرمستقیم بر فروض استقلال شرطی و احتمالات شرطی در نقشه اثرگذار هستند (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱).

مرحله چهارم: ارزیابی نهایی نقشه علّی در مرحله کیفی

در اینجا برای اطمینان از درستی عملکرد، به تعیین اعتبار درستی، نقشه علّی پرداخته می‌شود. مرحله ارزیابی نهایی شامل حذف و اضافه کردن اتصالاتی می‌شود که برای رسیدن به هدف اصلی پایه‌ریزی شده بودند و این اتصالات مواردی را اندازه‌گیری می‌کنند که هدف تحقیق، اندازه‌گیری آن‌ها بوده است. تغییر و تبدیل نقشه علّی اولیه به نقشه علّی تکمیل شده می‌تواند بر اساس مطالعات انجام شده و مبانی نظری صورت گیرد. به عنوان مثال روابطی که بوسیله دو یا چند متخصص تأیید می‌شوند را حفظ کرده و مواردی که به توافق نمی‌رسند از مدل حذف می‌شوند. پس از تعیین همه وابستگی‌های ممکن بین متغیرها، نقشه علّی بازبینی شده یک نقشه کامل است؛ یک نقشه وابسته که دقیقاً دارای خصوصیات نقشه مستقل نیز می‌باشد. وجود فلش بین دو متغیر در نقشه، رابطه علّی بین آنها را نشان می‌دهد و نبود فلش استقلال شرطی را نشان می‌دهد (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱).



شکل ۸- نقشه علّی کامل (براساس تئوری‌های اقتصادی و نظر کارشناسان مطابق با شرایط اقتصاد ایران)

با توجه به نقشه علّی کامل، شکل (۸)، برای دستیابی به نقشه علّی بیزین روابط علّت و معلولی که از نوع استدلالی هستند حذف و روابط قیاسی حفظ می‌گردد. روابط مستقیم و غیرمستقیم و روابط چرخشی نیز با توجه به اصول ذکر شده برای رسم نقشه علّی بیزین اصلاح‌می‌شوند.

همان‌طور که در نقشه علّی کامل قابل مشاهده است، شکل (۸)، بین نرخ تورم و نرخ رشد نقدینگی رابطه وجود دارد؛ اما از آنجا که نرخ رشد نقدینگی بر نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد بخش‌های مختلف تأثیرگذار است و نرخ رشد اقتصادی نیز بر نرخ تورم، بنابراین فلش از سمت نقدینگی به نرخ تورم حذف شده است. بین نرخ تورم و نرخ رشد اقتصادی نیز طبق بسیاری از مطالعات صورت گرفته رابطه دو طرفه وجود دارد که همان‌طور که ذکر شد، فلش از سمت رشد اقتصادی به سمت نرخ تورم حفظ شده و از سمت نرخ تورم به نرخ رشد اقتصادی حذف می‌شود. همچنین بین بحران آب و نرخ تورم نیز رابطه وجود دارد، اما از آنجا که بحران آب بر نرخ رشد اقتصادی نیز اثرگذار بوده و نرخ رشد اقتصادی بر نرخ تورم تأثیر دارد، بنابراین، فلش از سمت بحران آب به نرخ تورم حذف شده است.

متغیر بحران آب بر نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات نیز تأثیرگذار است، اما فلش از سمت بحران آب به نرخ رشد اقتصادی حذف شده است؛ چون بحران آب بر نرخ رشد بخش‌های مختلف تأثیر گذاشته و سپس نرخ رشد این بخش‌ها بر نرخ رشد اقتصاد تأثیر می‌گذارند. متغیر گرمایش جهانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای)، بر بحران آب و شاخص توسعه انسانی تأثیرگذار است و از طرفی بحران آب نیز بر شاخص توسعه انسانی تأثیرگذار بوده، بنابراین فلش از سمت انتشار گازهای گلخانه‌ای بر شاخص توسعه انسانی حذف شده است.

متغیر نرخ رشد جمعیت بر متغیر بحران آب اثرگذار است و از طرفی بر مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی نیز تأثیر دارد، بنابراین، فلش از سمت نرخ رشد جمعیت به مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی حفظ شده و سپس مصرف آب در بخش‌های مختلف بر بحران آب تأثیر می‌گذارند و بنابراین فلش از سمت نرخ رشد جمعیت بر بحران آب حذف شده است.

داده‌های مطالعه حاضر از طریق اداره بررسی‌ها و سیاسترهای اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، آنکتاد، صندوق بین‌المللی پول، بانک جهانی، شرکت مدیریت منابع آب ایران، ترازنامه انرژی سال‌های مختلف، مرکز آمار ایران، سازمان خواربار و کشاورزی، گزارش شاخص توسعه انسانی و عدم دسترسی به آب سالم (۲۰۱۴) تهیه شده است. طول دوره تخمین برای تمامی داده‌ها از ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۴ می‌باشد.

نتایج و بحث

در ادامه مباحث نقشه علّی بیزین در مرحله کمی، روابط وابسته به صورت توزیع احتمال شرطی برای هر متغیر در شبکه بیان می‌شوند. همچنین، برای هر متغیر جدولی از توزیع احتمال‌های شرطی وجود دارد که با توجه به مقدارهای والد (علّت) محاسبه

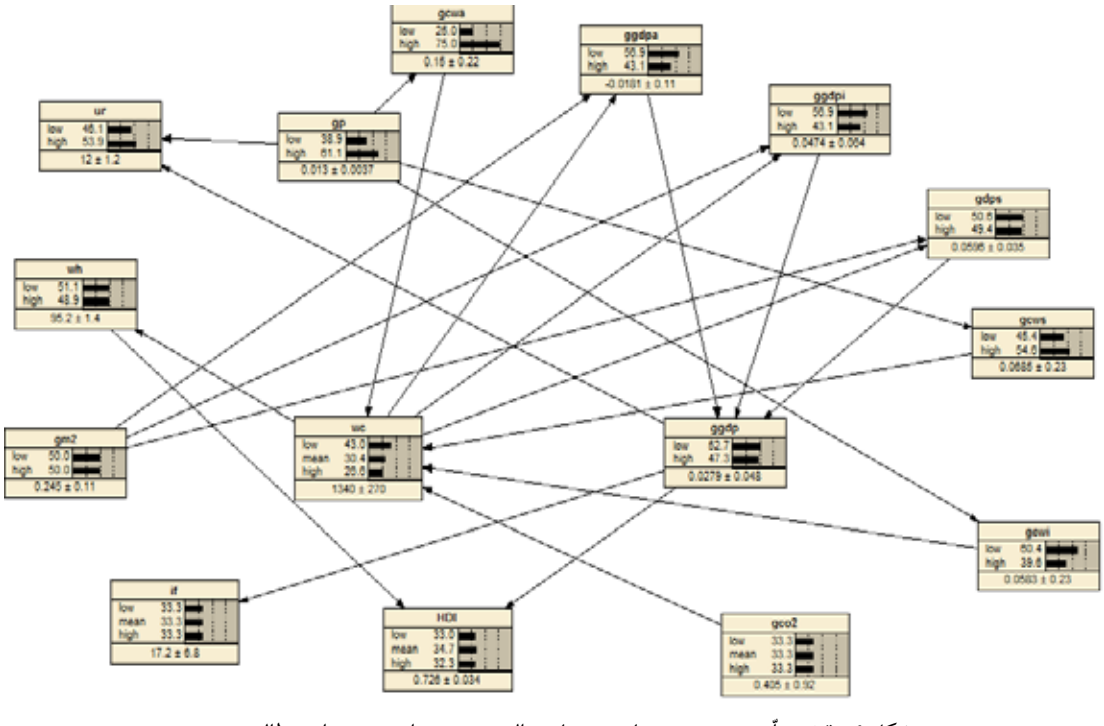
می‌شود (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱). بنابراین، در این مرحله پارامترهای عددی شبکه علّی بیزین (احتمالات) تعیین می‌شود که برای حصول به این مقدارها مراحل ذیل بایستی انجام شود.

۱- تعیین وضعیت متغیرها

مقدارهای هر متغیر در نقشه علّی را می‌توان بر اساس تغییرات به دو یا چند وضعیت (مانند کم، متوسط و زیاد و غیره) طبقه‌بندی کرد. برای تعیین وضعیت متغیرهای مورد نظر در شبکه، متغیرهای نرخ رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت، خدمات و نرخ رشد اقتصادی، مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی، نرخ رشد جمعیت، انتشار گازهای گلخانه‌ای، بجز متغیرهایی که به صورت نرخ هستند، تبدیل به درصد رشد شده و همچنین برای متغیر شاخص بحران آب بر اساس شاخص فالکن مارک سه وضعیت و برای شاخص توسعه انسانی بر اساسی طبقه‌بندی کشورها در سه وضعیت [(بین ۰/۵-۰ کشورهای با سطح پایین شاخص توسعه انسانی)، (بین ۰/۸-۰/۵ کشورهای با سطح متوسط شاخص توسعه انسانی) و (بیشتر از ۰/۸ کشورهای با سطح بالای شاخص توسعه انسانی)] و برای شاخص دسترسی به آب سالم دو وضعیت (بین ۹۵-۹۰ درصد و بالاتر از ۹۵ درصد) درنظر گرفته شده است. سپس در نرم‌افزار مقدارها از کم به زیاد مرتب می‌شوند و سپس متغیرهایی که به صورت نرخ رشد درنظر گرفته شده‌اند با استفاده از رسم نمودار هر متغیر و انجام آزمون نقاط شکست آن‌ها تعیین شده و سپس بر اساس نقاط شکست هر متغیر وضعیت‌های آن‌ها مشخص می‌گردد. به عنوان مثال اگر متغیری دارای یک نقطه شکست باشد، این متغیر دارای دو وضعیت و اگر دارای دو نقطه شکست باشد، این متغیر دارای سه وضعیت می‌باشد. بنابراین متغیرهایی که در شبکه بیزین دوحالت دارند، دارای یک نقطه شکست و آن‌هایی که سه وضعیت دارند، دارای دو نقطه شکست می‌باشند. پس از تعیین وضعیت‌ها، توزیع احتمال مربوط به هر کدام از وضعیت‌های متغیرها با توجه به احتمالات شرطی (برای متغیرها با حداقل یک علّت) به کمک نرم‌افزار Netica محاسبه می‌شود. این احتمال‌ها توزیع احتمال پیشین متغیرها بدون هرگونه دخالت خارجی در نقشه می‌باشند.

۲- تعیین احتمال وضعیت‌ها

در این مرحله با توجه به احتمالات شرطی (برای متغیرها با حداقل یک علّت)، توزیع احتمال مربوط به هر کدام از وضعیت‌های متغیرها به کمک نرم‌افزار (Netica) محاسبه می‌شود. بنابراین برای وضعیت هر متغیر در شبکه، جدولی از احتمالات وجود دارد که این احتمالات توزیع احتمال پیشین متغیرها بدون هر گونه دخالت خارجی در شبکه می‌باشد که به صورت درصد احتمال در شبکه بیان می‌شود. بطور مثال شکل (۹)، نقشه علّی بیزین مطالعه حاضر را نشان می‌دهد که اتصالات بین متغیر بحران آب با متغیرهای دیگر که به یکدیگر ارتباط دارند را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، احتمال اینکه بحران آب در وضعیت متوسط خود (بین ۱۷۰۰-۱۰۰۰مترمکعب) باشد، ۳۰/۴٪ و احتمال اینکه در وضعیت بسیار شدید خود قرار گیرد (وضعیت پایین یعنی میزان سرانه منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب)، ۴۳٪ و احتمال اینکه در وضعیت بالای خود یعنی میزان سرانه منابع آب تجدیدپذیر بیش از ۱۷۰۰ مترمکعب باشد، ۲۵/۶٪ می‌باشد. اعداد مشخص شده در بخش زیرین جدول هر متغیر به ترتیب از راست به چپ بیانگر انحراف معیار و میانگین متغیر مورد نظر می‌باشند. لازم به ذکر است که نقشه از ۱۵ گره تشکیل شده است.



شکل ۹- نقشه علّی بیزین به همراه توزیع احتمال وضعیت‌های متغیرهای مطالعه

۳- استنباط با استفاده از تحلیل حساسیت در مرحله کمی

پس از تعیین احتمال وضعیت‌های هر متغیر با استفاده از تحلیل حساسیت و وارد کردن مشاهدات جدید از متغیرهای دیگر، درباره متغیر هدف استنباط می‌شود. رویکرد تحلیل حساسیت شامل آزمون تغییر احتمال وضعیت‌های متغیرهای اثرگذار تحت سناریوهای مختلف و سپس ربط دادن وضعیت این متغیرها با موضوع مورد نظر است؛ به این صورت که هر بار یکی از وضعیت‌های متغیرها، در حالی که بقیه متغیرها ثابت نگاه داشته شده‌اند، تغییر داده می‌شود و سپس اثر این تغییرات بر احتمال‌های مربوط به وضعیت‌های متغیر هدف بررسی می‌شود و نحوه اثرگذاری مشاهده و استنباط می‌شود (Nadkarni و Shenoy، ۲۰۰۱). چگونگی نحوه اثرگذاری تغییر احتمال وضعیت یک متغیر بر متغیر هدف به این صورت است که پس از تغییر احتمال وضعیت یکی از متغیرها، مشاهده می‌شود که احتمال‌های وضعیت‌های متغیر هدف تغییر کرده است. حال هر کدام از وضعیت‌ها که بیشترین احتمال را دارد، نشان‌دهنده تغییر مورد نظر است که این تغییر می‌تواند در جهت عکس و یا مستقیم باشد.

۳-۱- سناریوی افزایش جمعیت: مهمترین سناریوی مطالعه حاضر سناریوی افزایش نرخ رشد جمعیت در کشور و تأثیر آن بر متغیرهای اقتصادی است. در سناریوی افزایش جمعیت، پس از تغییر احتمال وضعیت زیاد متغیر نرخ رشد جمعیت (۱۰۰درصد)، مشاهده می‌شود که ابتدا وضعیت متغیرهای نرخ رشد مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات بیشترین احتمال آن‌ها در وضعیت بالا به ترتیب برابر با ۷۵، ۷۴ و ۵۸/۳ درصد قرار گرفته و سپس متغیر بحران آب که بیشترین احتمال آن در وضعیت بحران آب شدید (میزان منابع تجدیدپذیر سرانه کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب، طبق شاخص فالکن مارک) ۴۰/۲ درصد قرار می‌گیرد. پس از آن به دلیل تأثیر متغیر بحران آب بر رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات و رشد کل اقتصاد، بیشترین احتمال این متغیرها در وضعیت پایین به ترتیب ۵۶/۲، ۵۸/۳، ۵۱/۳، ۵۲/۳ قرار می‌گیرد. متغیرهای اقتصادی نرخ تورم و نرخ بیکاری نیز به ترتیب بیشترین احتمال آن‌ها در وضعیت بالا ۳۴/۳ درصد و ۶۹/۱ درصد قرار می‌گیرند. در واقع این سناریو، نشان‌دهنده تأثیر منفی افزایش جمعیت بر بحران آب و رشد اقتصادی کشور است. همچنین، شاخص توسعه انسانی بیشترین احتمال آن در وضعیت متوسط ۳۴/۸ درصد، یعنی کشورهای با شاخص توسعه انسانی متوسط قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به این سناریو تأثیر منفی رشد جمعیت بر متغیرهای اقتصادی مورد تأیید قرار می‌گیرد. نتایج در جدول (۶) آورده شده است.

جدول ۶- نتایج سناریوی نرخ رشد جمعیت

سناریوی نرخ رشد جمعیت (gp)		
وضعیت متغیر	احتمال	
high	٪۱۰۰	
بحران آب		
Low	Mean	High
٪۴۰/۲	٪۳۱/۵	٪۲۸/۳
دسترسی به آب سالم و بهداشتی		
Low	Mean	High
٪۵۸	-	٪۴۲
نرخ رشد مصرف آب در بخش کشاورزی		
Low	Mean	High
٪۲۵	-	٪۷۵
نرخ رشد مصرف آب در بخش خدمات		
Low	Mean	High
٪۴۱/۷	-	٪۵۸/۳
نرخ رشد مصرف آب در بخش صنعت		
Low	Mean	High
٪۲۶	-	٪۷۴
نرخ رشد اقتصادی		
Low	Mean	High
٪۵۲/۳	-	٪۴۷/۷
نرخ رشد بخش کشاورزی		
Low	Mean	High
٪۵۶/۲	-	٪۴۳/۸
نرخ رشد بخش صنعت		
Low	Mean	High
٪۵۸/۳	-	٪۴۱/۷
نرخ رشد بخش خدمات		
Low	Mean	High
٪۵۱	-	٪۴۹
نرخ بیکاری		
Low	Mean	High
٪۳۰/۹	-	٪۶۹/۱
نرخ تورم		
Low	Mean	High
٪۳۲/۴	٪۳۳/۳	٪۳۴/۳
شاخص توسعه انسانی		
Low	Mean	High
٪۳۲/۴	٪۳۴/۸	٪۳۲/۸

همان‌طور که از نتایج این سناریو مشخص است، یکی از اثرات اقتصادی رشد جمعیت، مسئله کاهش رشد اقتصادی است. در مطالعه حاضر، با توجه به اینکه شاخص بحران آب، میزان سرانه منابع آب تجدیدپذیر در نظر گرفته شده است. بنابراین با افزایش

جمعیت، میزان دسترسی به منابع آب تجدیدپذیر به ازای هر فرد کاهش یافته و در نتیجه بحران آب ایجاد می‌شود. از طرفی با ایجاد بحران آب و افزایش جمعیت، استفاده از آب شرب رو به فزونی می‌گذارد و همچنین مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت افزایش یافته، حال آنکه منابع آب شیرین و در دسترس جهان محدود است. از آنجا که بخش صنعت، بیشترین نقش را در تولید ناخالص ملی کشور دارد و از طرفی آب به‌عنوان یک نهاده تولید نقش مهمی در بسیاری از صنایع مانند صنایع فولاد، پتروشیمی، صنایع غذایی که مبنای آن بر تولیدات کشاورزی و دامی استوار است، دارد، بنابراین بحران آب می‌تواند رشد این بخش‌ها را کاهش دهد.

دومین اثر اقتصادی رشد جمعیت، که در این سناریو نیز مشاهده شد، افزایش نرخ بیکاری در کشور است. همان‌طور که ذکر شد رشد جمعیت باعث کاهش رشد بخش‌های مختلف اقتصادی می‌شود و بنابراین به دنبال بحران کم‌آبی با کاهش تولید در این بخش‌ها، در نتیجه افزایش هزینه در این بخش‌ها منجر به تعطیلی بنگاه‌ها شده و با بیکار شدن کارگران، بخش اشتغال نیز با بحران روبه‌رو خواهد شد و نرخ بیکاری در کشور نیز افزایش می‌یابد.

سومین اثر اقتصادی رشد جمعیت، افزایش نرخ تورم در کشور است. قطعاً برای تأمین شمار بیشتری از افراد جمعیت باید مواد غذایی بیشتری تولید شود. تولید بیشتر مواد غذایی مستلزم برخورداری از منابع بیشتر است؛ بنابراین با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی از یک طرف و از طرف دیگر مشکل بحران آب و کاهش رشد اقتصادی و کاهش تولید، قیمت محصولات غذایی که وابسته به محصولات کشاورزی است، افزایش یافته و همچنین کاهش تولید بر هزینه همه بخش‌های اقتصادی تأثیر گذاشته و منجر به افزایش نرخ تورم در کشور می‌شود.

همچنین از دیگر اثرات افزایش رشد جمعیت به دنبال کاهش سرانه میزان آب تجدیدپذیر و ایجاد آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای عدم دسترسی به آب سالم و کاهش شاخص توسعه انسانی می‌باشد که نتایج مطالعه حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌کند. همان‌طور که ذکر شد رشد جمعیت، دسترسی به اقدامات بهداشتی و منابع آب سالم را برای افراد جامعه محدود کرده و همچنین با کاهش درآمد سرانه و دسترسی محدود به امکانات آموزشی، شاخص توسعه انسانی نیز که به عنوان معیاری نسبی برای سنجش امید به زندگی، سواد، چگونگی و سطح آموزش و به شکل کلی، میزان استانداردهای زندگی در جوامع بشری است، کاهش یافته و طبق سناریوی تحقیق حاضر ایران در رتبه متوسط (بین ۰/۵ تا ۰/۸) در بین کشورهای مختلف قرار می‌گیرد.

۳-۲- سناریوی گرمایش جهانی (افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای):

پس از تغییر احتمال وضعیت زیاد متغیر انتشار گازهای گلخانه‌ای (۱۰۰ درصد)، مشاهده می‌شود که ابتدا وضعیت متغیر بحران آب، بیشترین احتمال آن در وضعیت بحران آب شدید (میزان منابع تجدیدپذیر سرانه کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب، طبق شاخص فالکن مارک) ۴۳ درصد قرار می‌گیرد. پس از آن به دلیل تأثیر متغیر بحران آب بر رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات و رشد کل اقتصاد، بیشترین احتمال این متغیرها در وضعیت پایین به ترتیب ۵۶/۲، ۵۶/۹، ۵۰/۶، ۵۲/۷ درصد قرار می‌گیرد. متغیرهای اقتصادی نرخ تورم و نرخ بیکاری نیز به ترتیب بیشترین احتمال آن‌ها در وضعیت بالا ۳۳/۷ درصد و ۵۳/۹ درصد قرار می‌گیرند. همچنین، شاخص توسعه انسانی بیشترین احتمال آن در وضعیت متوسط ۳۴/۷ درصد یعنی کشورهای با شاخص توسعه انسانی متوسط قرار می‌گیرد. متغیر دسترسی به آب سالم بیشترین احتمال آن در وضعیت پایین ۵۱/۱ درصد قرار می‌گیرد. نتایج در جدول (۷) آورده شده است.

جدول ۷- نتایج سناریوی گرمایش جهانی (یافته‌های پژوهش)

سناریوی گرمایش جهانی (gco_2)		
وضعیت متغیر	احتمال	
high	٪۱۰۰	
بحران آب		
Low	Mean	High
٪۴۳	٪۳۰/۴	٪۲۶/۶
دسترسی به آب سالم و بهداشتی		
Low	Mean	High
٪۵۱/۱	-	٪۴۸/۹
نرخ رشد اقتصادی		
Low	Mean	High
٪۵۲/۷	-	٪۴۷/۳
نرخ رشد بخش کشاورزی		
Low	Mean	High
٪۵۶/۲	-	٪۴۳/۸
نرخ رشد بخش صنعت		
Low	Mean	High
٪۵۶/۹	-	٪۴۳/۱
نرخ رشد بخش خدمات		
Low	Mean	High
٪۵۰/۶	-	٪۴۹/۴
نرخ بیکاری		
Low	Mean	High
٪۴۶/۱	-	٪۵۳/۹
نرخ تورم		
Low	Mean	High
٪۳۳/۳	٪۳۳	٪۳۳/۷
شاخص توسعه انسانی		
Low	Mean	High
٪۳۳	٪۳۴/۷	٪۳۲/۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقایسه نرخ رشد جمعیت ایران با جهان در طی ۶۵ سال گذشته، حاکی از شتاب بیشتر افزایش جمعیت در ایران نسبت به جهان است که این فشار جمعیتی بار زیادی را بر روی منابع طبیعی پایه کشور وارد نموده و اثرات زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا، گرم شدن کره زمین و بحران منابع آبی را با توجه به افزایش سطوح مصرف به دنبال خواهد داشت. به عنوان یک نتیجه‌گیری باید گفت که اهمیت رابطه بین رشد جمعیت و رفاه انسان ریشه در نظریه مالتوس دارد و درک این فرآیند مفید بوده و منجر به طراحی سیاست‌های اقتصادی و جمعیتی می‌شود. در این راستا این مطالعه با تأکید ویژه بر منابع آبی به عنوان نماینده‌ای از محیط‌زیست به بررسی ارتباط بین رشد جمعیت و بحران آب و تأثیر آن بر متغیرهای کلان اقتصادی با استفاده از شبکه علّی بیزین پرداخته است. بدین‌منظور، دو سناریوی افزایش رشد جمعیت و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. در سناریوی افزایش نرخ رشد جمعیت این نتیجه حاصل شد که با افزایش نرخ رشد جمعیت بحران آب در شاخص بحران آب فالکن مارک در وضعیت بسیار بد خود (میزان منابع آب تجدیدپذیر سرانه کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب) قرار گرفته و اثرات اقتصادی تشدید بحران آب در کشور باعث کاهش رشد بخش‌های مختلف اقتصادی و رشد اقتصادی می‌شود و بنابراین باعث افزایش تورم در اقتصاد می‌شود. همچنین نرخ بیکاری در وضعیت بالای خود قرار گرفته و شاخص توسعه انسانی نیز در وضعیت متوسط خود قرار می‌گیرد. همچنین اثر اجتماعی بحران آب، کاهش دسترسی به آب سالم و بهداشتی است.

در سناریوی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، نیز شاخص بحران آب در وضعیت شدید خود قرار گرفته و اثرات اقتصادی آن نیز شامل افزایش نرخ تورم، افزایش نرخ بیکاری و کاهش نرخ رشد اقتصادی است و اثر اجتماعی آن نیز شامل کاهش میزان دسترسی به آب سالم و بهداشتی است.

بنابراین با توجه به هر دو سناریو می‌توان نتیجه گرفت که بحران آب به یکی از جدی‌ترین مشکلات اقتصاد ایران بدل شده است. فعالان اقتصادی براین باورند که در صورت تداوم این بحران، مشکلات کلیدی پیش‌روی اقتصاد ایران قرار می‌گیرد. اثرات اقتصادی بحران آب، کاهش نرخ رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات و در نهایت نرخ رشد اقتصادی و همچنین افزایش نرخ بیکاری و نرخ تورم در اقتصاد می‌باشد. تشدید بحران آب، به منزله کاهش هرچه بیشتر سرانه منابع آب تجدیدپذیر در کشور است؛ بنابراین با افزایش رشد جمعیت و در نتیجه تقاضای آب در بخش‌های مختلف اقتصادی، بحران آب تشدید شده و در نتیجه رشد اقتصادی کاهش یافته و در نهایت با کاهش رشد تولید در کشور، نرخ تورم افزایش یافته و با همچنین با کاهش رشد بخش‌های مختلف اقتصادی اشتغال نیز در بخش‌های مختلف کاهش یافته و نرخ بیکاری افزایش می‌یابد.

از طرفی با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مهم‌ترین اثر زیست‌محیطی که در ارتباط با رشد جمعیت و بحران آب می‌باشد، مسئله خشکسالی شکل می‌گیرد. وقتی خشکسالی آغاز می‌شود، معمولاً بخش کشاورزی به علت وابستگی شدید آن به منابع آبی اولین بخشی است که آسیب می‌بیند. در صورت ادامه خشکسالی سایر بخش‌هایی که به نوعی در ارتباط با آب هستند در معرض آسیب قرار می‌گیرند. بنابراین با تشدید بحران آب نرخ رشد بخش کشاورزی و سایر بخش‌های اقتصادی نیز کاهش یافته که خود تبعات اقتصادی ذکر شده را دارد.

با توجه به تأکید بر سیاست‌های افزایش جمعیت و جدی شدن مسئله بحران آب، می‌توان گفت که اگر این سیاست‌ها مبتنی بر عرضه کافی و پایدار منابع آبی نباشند، به‌گونه‌ای که امکان پاسخ‌گویی به تقاضای آب مورد نیاز برای بخش‌های مختلف اقتصادی میسر نشود، شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی و فرایند توسعه پایدار کشور و حتی تداوم زندگی مدنی جوامع مختلف کشور را با مخاطره جدی مواجه خواهد ساخت و در میان‌مدت و حتی در کوتاه‌مدت اثرات مثبت احتمالی افزایش جمعیت را هم منتفی خواهد نمود.

بنابراین پیشنهاد می‌شود اگر سیاست افزایش جمعیت به عنوان یک سیاست راهبردی مدنظر تصمیم‌گیرندگان کلان کشور باشد، لازم است بستر مناسب از جمله سرمایه‌گذاری کافی در زمینه عرضه منابع آبی که قطعاً نیازمند هزینه زیادی بوده و از ریسک بالایی برخوردار است، فراهم شود. همچنین، استفاده بهینه از منابع آب باید از برنامه‌های اصلی کشور باشد. برنامه‌ریزی برای حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی نیازمند به‌کارگیری ضوابط خاص خود می‌باشد. از آنجا که افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی یکی از عوامل اصلی افزایش تقاضا برای منابع آبی است، این مسئله باید در سیاست‌های مربوط به افزایش جمعیت مدنظر قرار گیرد و برنامه‌ریزی مناسب جهت مدیریت عرضه و تقاضای آب در آینده باید درنظر گرفته شود. به بیان دیگر تا زمانی که نتوان برای جمعیت کشور عرضه منابع آبی پایدار تعریف نمود، تأکید بر سیاست‌های افزایش جمعیت می‌تواند تبعات منفی در حوزه‌های مختلف اقتصادی اجتماعی و زیست‌محیطی به همراه داشته باشد.

پی‌نوشت

1- Water Crisis

۲- تعداد کودکان زنده به دنیا آمده در یک سال به ازای هر هزار زن

۳- تعداد مرگ‌های ناشی از کلیه علل به ازای هر هزار نفر جمعیت

۴- روش "رد پای اکولوژیک"، یکی از شاخص‌هایی است که پایداری را به صورت کمی و جامع اندازه‌گیری می‌کند. رد پای اکولوژیک، شاخصی برای ارزیابی میزان مصرف بشر و اثرات آن بر محیط‌زیست است. این شاخص نشانگر مقدار مصرف (تقاضای مردم برای کالاهای طبیعی و خدمات است) و معادل مقدار زمین، یا آبی است که نیازهای مصرفی جامعه را تأمین کرده، یا آنکه پسماندهای تولیدی آنها را جذب می‌کند. به این معنا، رد پای اکولوژیک، بازگوکننده آثاری است که هر کدام از جوامع در اثر سبک و شیوه زندگی خود، بر طبیعت به جای می‌گذارند. به طور دقیق، این شاخص، میزان پهنه‌های زمین و آب مورد نیاز برای تولید تمام منابعی که

یک فرد، جمعیت، یا فعالیت، مصرف می‌کنند و پسماند تولید شده را جذب می‌کنند، محاسبه می‌نماید. در نهایت این نواحی می‌توانند با ظرفیت زیستی منطقه مقایسه شوند تا میزان پایداری مناطق سنجیده شود. این مقیاس، این امکان را به وجود می‌آورد که اکوسیستم‌هایی با حاصلخیزی زیستی متفاوت و نواحی متفاوت دنیا در یک واحد یکسان (هکتار جهانی) با یکدیگر مقایسه شوند. منظور از "ظرفیت زیستی"، ظرفیت اکوسیستم برای تولید مواد حیاتی مفید و جذب پسماندی است که انسان تولید می‌کند. مواد حیاتی مفید، آن موادی هستند که در اقتصاد انسانی مصرف می‌شوند. ظرفیت زیستی یک ناحیه، با ضرب کردن نواحی فیزیکی واقعی در ضریب بازده و ضریب تعادل مقتضی محاسبه می‌شود.

5-Global Footprint Network

6-Falken Mark

7-Prior Probability

8- Dependence Map

9- Independence Map

10- Perfect Map

11- Abductive

12- Deductive

منابع

آبابایی، ب.، میرزایی، ف. و سهرابی، ت. ۱۳۹۳. تأثیر افزایش جمعیت بر تقاضای آب شرب از سد مخزنی طالقان تحت سناریوهای تغییر اقلیم. آب و توسعه پایدار، ۲: ۹۱-۱۰۰.

ابراهیمیان، ص. و نهتانی، م. ۱۳۹۲. بررسی بحران کم‌آبی در حال حاضر ناشی از چالش عدم مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در راستای تحقق توسعه پایدار کشاورزی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

اسدزاده، ا.، تسلیمی بابلی، ا. و جلیلی، ب. ۱۳۹۳. بررسی اثرات تورمی و توزیعی مالیات بر ارزش‌افزوده بر بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. پژوهشنامه مالیات، ۷۲: ۱۳۵-۱۵۶.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. اداره بررسی‌های اقتصادی، گزارش اقتصاد و ترازنامه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سال‌های مختلف.

بخشی دستجردی، ر. و خاکی نجف‌آبادی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر جمعیت بر رشد اقتصادی در چارچوب الگوی رشد بهینه در اقتصاد ایران. کاربردی از الگوریتم ژنتیک. مجله تحقیقات اقتصادی، ۱: ۱-۲۰.

بیگدلی، م.، کلانتری، ص. و علیزاده اقدم. م. ۱۳۸۵. رابطه بین میزان باروری کل با توسعه اقتصادی و اجتماعی. فصلنامه علمی پژوهشی رفاه اجتماعی، ۵(۲۱): ۱۲۳-۱۴۰.

بیگلری، ح. و کریمی، ح. ۱۳۹۲. بحران آب و بررسی نقش آن در توسعه پایدار کشور. اولین همایش ملی بحران آب، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی.

ترابی، ت.، خواجوی‌پور، ا.، طریقی، س. و پاکروان، م.ر. ۱۳۹۴. تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران. مدلسازی اقتصادی، ۲۹(۱): ۶۳-۸۴.

جلالی‌نسب، م.، مطیعی، ن. و صدفی آبکنار، س. ۱۳۹۳. بحران آب و اثرات اجتماعی و اقتصادی ناشی از آن در بخش کشاورزی. دومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی محیط‌زیست و منابع طبیعی پایدار. تهران: مرکز همایش‌های بین‌المللی دانشگاه شهید بهشتی.

حاجی رحیمی، م. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۲. بررسی نقش رشد بخش کشاورزی در رشد اقتصادی ایران کاربرد الگوی تحلیل مسیر. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۴۲-۴۱: ۷۱-۸۹.

حیدری، پ. و رنجبر فلاح، م. ۱۳۹۲. رابطه رشد اقتصادی و آلودگی ناشی از گازهای گلخانه‌ای در کشورهای عمده اوپک (با استفاده از روش پانل دیتا). مجله محیط زیست، ۵۲: ۲۱-۳۴.

خوارزمی، ع.، دهقانی تفتی، ا.، مشعل، م. و اله دادی، ا. ۱۳۹۰. بررسی بحران آب در ایران ازمنظر شاخص‌های توسعه پایدار. دانشگاه خوزستان: اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار.

خوشنویس، م. و پژویان، ج. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر آلودگی محیط‌زیست بر شاخص توسعه انسانی در کشورهای توسعه‌یافته. فصلنامه علوم اقتصادی، ۲۰: ۳۹-۶۸.

درخور، م.، فرجی‌زاده، ع. و میرهاشمی، ع. ۱۳۹۲. بحران آب و نتایج زیست‌محیطی آن در آسیای مرکزی. مطالعات آسیای مرکزی، ۱۲: ۴۱-۵۴.

دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. ۱۳۸۷. بسته پیشنهادی مدیریت منابع آب، برنامه پنجم توسعه، وزارت نیرو.

رحیمی، ش. و برین، ا. ۱۳۹۴. رابطه رشد اقتصادی و بیکاری. فصلنامه تازه‌های اقتصاد، ۱۴۴: ۶۴-۶۶.

سجادی، ک. ۱۳۸۸. بحران آب و تأثیر آن بر روابط ایران با کشورهای همجوار پس از انقلاب اسلامی. چهارمین همایش منطقه‌ای ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی.

قبادی، س. و کمیجانی، ا. ۱۳۸۹. تبیین رابطه میان سیاست پولی- ارزی و بدهی دولت و تأثیر آن‌ها بر تورم و رشد اقتصادی در ایران. مطالعات اقتصاد بین‌الملل، ۳۷: ۱-۲۲.

لطفعلی‌پور، م.ر. و فلاحی، م.ع. ۱۳۹۰. بررسی رابطه انتشار دی‌اکسید کربن با رشد اقتصادی، انرژی و تجارت در ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، ۱: ۱۵۱-۱۷۳.

مدیریت اقتصادی آب. ۱۳۹۵. دفتر اقتصاد آب، سازمان مدیریت منابع آب. آمار و اطلاعات. آمار میزان بارندگی، جریان‌های سطحی و حجم آب موجود در مخازن‌ها.

محرابیان، آ. و صدقی سیگارچی، ن. ۱۳۸۹. تأثیر رشد جمعیت بر رشد اقتصادی در کشورهای چهار گروه درآمدی. فصلنامه علوم اقتصادی، ۵(۱۳): ۹۷-۱۱۴.

محمدپور، غ.ر.، بخشی دستجردی، ر.، جعفری، س.، اثنی عشری، ه. ۱۳۹۲. بررسی اثر ساختار سنی جمعیت بر رشد اقتصادی ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، ۲: ۲۰۱-۲۲۴.

نقی‌پور دهکردی، پ.، خرم‌دل، س. و بیجندی، ع. ۱۳۹۳. بررسی عوامل مؤثر بر تغییر اقلیم با تأکید بر بحران آب و راهکارهای تخفیف آن. دانشگاه شهرکرد: دومین همایش ملی بحران آب.

یوسفی، پ. ۱۳۹۴. بحران آب. دومین همایش ملی راهکارهای پیشروی بحران آب در ایران و خاورمیانه. شیراز.

Ali S., Ali A. and Amin A. 2013. The Impact of Population Growth on Economic Development in Pakistan. Middle-East Journal of Scientific Research, 18(4): 483-491.

Afzal M. 2009. Population Growth and Economic Development in Pakistan, The Open Demography Journal, 2: 1-7.

Birdsall N., Kelley A. C. and Sinding S.W. 2001. Why population matters: demographic change, economic growth, and poverty in the developing world. Oxford, UK: Oxford University Press.

Charle E. 1983. Mocroeconomics of Developing Country. Mc Graw-Hill Inc., US.

Cincotta R. and Engelman R. 1997. Economics and Rapid Change (The Influence of Population Growth). Population Action International, Washington,D.C. Occasional paper.http://www.searchford.edu.

Ewing B., Moore D., Goldfinger S., Oursler A., Reed A., and Wackernagel M. 2010. The Ecological Foot Print Atlas2010. Puplished by; Global Footprint Network, Oakland, California, USA. http//www.footprintnetwork.org.

Falkenmark M. and Widstrand C. 1992. Population and Water Resources: a Delicate Balance. Population Bulletin, 47(3): 1-36.

Jiang and Wallstrom G. 2006. A Bayesian Network for Outbreak Detection and Prediction.Center for Biomedical Informatics, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA.

Johonson D. 1994. Effects of Institutions and Policies on Rural Population Growth with Application to China. Population and Development Review, 20(3): 503-531.

Lin X., Sha J. and Yan J. 2015. Exploring the Impacts of Water Resources on Economic Development in Beijing-Tianjin-Hebei Region. http://www-sre.wu.ac.at/ersa/.

Lozeau B. 2007. The Effects of Population Growth on Economic Performances in China and India. Brussels Journal of International Studies, 4: 1-8.

Malthus T. R. 1992 .An Essay on the Principle of Population, Cambridge, Cambridge University Press.

Mitchell T.M. 1997. Machine Learning. McGraw-Hill. http://www.cs.cmu.edu.

Morgan S. 2003. Is Low Fertility a Twenty-First Century Demographic Crisis? Demography, 40: 589-603.

Nadkarni S. and Shenoy P. 2000. A causal Mapping Approach to Constructing Bayesian Netwoks School of Business, Working Paper. 289: 1-30.

Nadkarni S., and Shenoy P. 2001. A Bayesian Network Approach to Making Inferences in Causal Maps. European Journal of Operational Research, 128(3): 21–40.

Pearl J. 1988. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference.morgan Kaufman Publishers., Inc., San Francisco, Californai,revised second printing edition.

Porter M. 1980. An Algoritm for Suffix Stripping. Program,14(3): 130-137.

Prasad B.K. 2003. Rural Development: Concept, Approach and Strategy. Sarup & Sons, New Delhi, pp: 94.

Roson R. and Damania R. 2016. Simulating the Macroeconomics Impact of Future Water Scarcity and Assesment of Alternative Scenarios. Working Paper. Center for Research on Energy and Environment Economics and Policy.

Roson R. and Sartori M. 2015. System-wide Implications of Changing Water Availability and Agricultural Productivity in the Mediterranean Economies. Water Economics and Policy, 1(1): 1-30.

Roson R. and Sartori M. 2016. Estimation of climate change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database, World Bank Policy Research Working Papers, Washington D.C., forthcoming.

Roy P. and Das S. 2011. Population Growth, Socio-economy and Quality of life in Birbhum District, West Bengal, India.Current Research Journal of Social Sciences, 3(5): 412-418.

Sinding S. 2009. Population, Poverty and Economic Development. Philosophical Transactions of the Royal Society, 364: 3023-3030.

Steohenson T. 2000. An Introduction To Baysian Network Theory And Usage. IDIAP Research Report 00-03.

Thompson W. S. 1944. Plenty of people. The Jaques Cattell Press, 246p.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1996. Population and quality of Life. Available at: http://unesdoc.unesco.org.

United Nation World Water Development Report. 2014. Water and Energy. Vol 1.

United Nations. 2015. World Population prospects (key finding and advance tables). Available at: https://esa.un.org.

World Bank. 1960-2015. World Development Indicators .http://www.worldbank.org.

World Development Indicators. 2014. The World Bank. Washington DC.