تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هجدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱
Volume 18, No. 2, Summer 2022 (IR-WRR)
۴۱-۶۰

تبیین محدودیت منابع آب در تئوری‌های توسعه منطقه‌ای با رویکرد پویایی سیستم‌ها

محمدرضا شهبازبگیان[۱*] و محمدرضا شیرین‌زاده یزن‌آباد[۲]

چکیده

تئوری‌های مکان‌یابی ابتدا با توجه به غالب بودن اقتصاد بر پایه کشاورزی، بر اساس کسب بهینه سود در فعالیت‌های کشاورزی پایه‌ریزی شده‌اند. اما با پررنگ شدن نقش صنعت و گسترش تولید صنعتی، تغییر رویکردی در تئوری‌های مکانیابی بوجود آمد، به نحوی که انسان در جهت تحمل هزینه کمتر، حصول سود بیش‌تر و سهولت دسترسی به منابع، مکان فعالیت خود را انتخاب می‌نماید. با وجود این که رعایت این سه اصل منطقی ساده به نظر می‌رسد با این حال با پیچیده‌تر شدن عوامل مؤثر در مکان‌یابی، به ناچار متخصصان به استفاده از روش‌های علمی و مدرن روی آوردند. در این راستا تئوری‌ها و مدل‌های مختلفی ارائه شده است. اغلب این نظریه‌ها در کمی نمودن عوامل مؤثر بر فرآیند مکان‌یابی تأکید دارند. در تحقیقات و مدل‌های مربوط به تئوری‌های مکان‌یابی، غالباً به محدودیت‌های موجود در یک منطقه از قبیل منابع آب و عوامل مؤثر بر مصرف آب، توجه نشده است. با توجه به اینکه ایران در حال تجربه مشکلات جدی کمبود منابع آب است و بسیاری از آسیب‌پذیری‌های منطقه‌ای ناشی از عدم توجه به منابع به ویژه منابع آب است، بنابراین بهتر است که به این محدودیت‌ها در تئوری‌های مکان‌یابی توجه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شود. لذا در این تحقیق سعی شده است با استفاده از تفسیر سیستمی نقش آب در این نظریه‌ها بررسی شود. بدین ترتیب تئوری‌های مکان‌یابی با استفاده از حلقه سیستمی ترسیم و تحلیل شده است که نهایتاً این تحقیق می‌تواند نقشه راه آیندگان در مناطقی باشد که توسعه منطقه، بر پایه این تئوری‌های مکان‌یابی صورت می‌گیرد تا بدین ترتیب به محدودیت‌های منطقه خصوصاً منابع آب توجه شود.

کلمات کلیدی: تئوری‌های مکان‌یابی، محدودیت منابع آب، تحلیل پویای سیستم‌ها.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۳/۲۶

Explanation of Water Resources Limitations in Regional Development Theories (A System Dynamics Approach)

M.R. Shahbazbegian [1] and M.R. Shirinzade Yezn Abad[2]*

Abstract

Location theories were originally based on the optimal profitability of agricultural activities aimed at the predominance of economics in agriculture. But as the role of industry became more prominent and industrial production expanded, there was a change in the approach to location theories and human beings place their activities in a way that they bear lower costs, make more profit and have easier access to resources. Although these three logical principles seems simply achievable, experts have inevitably resorted to the use of scientific and modern method as the factors influencing location become more complex. Various theories and models have been proposed in this regard. Most of these theories emphasize the quantification of factors affecting the location process. In research and models related to location theories, the limitations of an area such as water resources and factors affecting water consumption have not been considered. Given that Iran is experiencing serious problems with water shortages and also many regional vulnerabilities are due overlooking the resources, especially water resources, it is better to involve these limitations on Location theories. Therefore in this research it is tried to examine the role of water in these theories using a systematic interpretation. Given that the role of water in nature is the outcome of interaction between humans and the environment, location theories are plotted and analyzed using a system loop. This research can be a roadmap for the future in areas where the development is based on these location theories so that to address the limitations in the area, especially water resources's.

Keywords: Location Theories, Water Resource Limitation, System Dynamics Analysis.

Received: February 16, 2022
Accepted: June 16, 2022

۱- عضو هیات علمی دانشکده‌های علوم انسانی و علوم و فنآوری‌های بین‌رشته‌ای دانشگاه تربیت مدرس.
۲- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۴۰۱ امکانپذیر است.

1- Faculties of Humanities and Interdisciplinary Science and Technology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Email: Mr.shahbazbegian@modares.ac.ir
2- M.Sc. of Engineering and Water Resources Management, Civil & Environmental Engineering Department, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. Email: m.shirinzade@modares.ac.ir
*- Corresponding author
Dor: 20.1001.1.17352347.1401.18.2.3.3

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

تخصیص کاربری زمین یکی از مباحث اصلی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای است (Dwyer,1986). با توجه به اینکه در تغییرات کاربری زمین تا به امروز توجه کمی به سیاست‌گذاری فضایی شده است (Herperger et al., 2018)، لذا در روند تخصیص کاربری زمین ضمن درنظر گرفتن سیاست‌های ملی و منطقه‌ای، به مشخصات منطقه بایستی توجه شود. مشخصات منطقه معمولاً شامل مشخصات مکانی مواردی چون نوع اقلیم، میزان آب، بافت و ساختمان خاک، سرعت باد و فاصله نقاط نسبت به مراکز جمعیتی است (Ameri and Barg Gol, 2006). بکارگیری یک کاربری در یک منطقه، نیاز به شناخت ویژگی‌ها و نیازهای آن کاربری دارد. اهمیت مباحث یاد شده هنگامی بیشتر می‌شود که به تغییرات سریع جوامع و توسعه کاربری‌ها توجه شود. روند رو به رشد توسعه در کشور، اهمیت توجه به تغییرات آتی کاربری‌ها را بارزتر کرده است. از طرفی توزیع مناسب کاربری‌های مختلف در سطح منطقه به همراه توسعه مناسب شبکه حمل و نقل، آثار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بسیاری دارد (Sasan,1984). این در حالی است که با وجود تأثیر شدید شبکه حمل و نقل بر توسعه اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و غیره متأسفانه حمل و نقل و تصمیم‌گیری‌های مربوط به توسعه زمین به ویژه در سطح منطقه به عنوان دو موضوع جداگانه در تحلیل، برنامه‌ریزی، طراحی و ارزیابی در سطح دنیا مورد توجه قرار می‌گیرند (Khisty and Lall, 2003). در سال‌های اخیر یک چالش مداوم در ارتباط با نقش صنعت و خدمات زیر بنایی وجود داشته است که اقدامات مهمی نیز در این جهت صورت گرفته است در نتیجه اغلب برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران جهت‌گیری توسعه اقتصادی را به صنعت و به تبع آن ارائه خدمات زیربنایی معطوف داشته‌اند. صنعت بر اقتصاد داخل تأثیر بسزایی می‌گذارد که از طریق تأثیر مطلوب بر کارایی و تخصیص منابع و تغییرات تکنولوژی باعث ایجاد اشتغال و بهره‌وری می‌شود (Mumtazan, 2004). عواملی که در تصمیمات مکان‌یابی تأثیر می‌گذارند ممکن است برای برخی صنایع عوامل اصلی مکان‌یابی باشند مانند امکانات دسترسی، رشد اجتماعی، امکانات تفریحی محل و شرایط شخصی در ارتباط با اقتصاد جهانی، تمرکز و تراکم فعالیت‌های اقتصاد خارجی، سیاست و اهداف عمومی برنامه‌های ملی و عوامل محیطی را نام برد (Ezzat panah and Bakhtiari, 2015). یکی از مهم‌ترین مشکلات اصلی تخصیص مکان، نحوه مکان‌گزینی با توجه به معیارهایی همچون کمبود آب، مشکلات زیست محیطی، دسترسی و زیرساخت‌ها می‌باشد. بحران آب در ایران سلسله چالش‌ها و مشکلات ناشی از کمبود آب و استفاده نادرست از منابع آب در کشور ایران است. بحران آب در ایران به مشکلات ناشی از کمبود آب در این کشور اشاره دارد. کمبود آب می‌تواند نتیجه دو مکانیسم متفاوت باشد: کمبود آب فیزیکی (مطلق) و کمبود آب اقتصادی. منظور از کمبود آب فیزیکی عدم وجود منابع کافی آب طبیعی برای تأمین تقاضای یک منطقه است و کمبود آب اقتصادی نتیجه مدیریت ضعیف منابع آب کافی موجود است. نگرانی‌های اصلی ایران در مورد بحران آب شامل: تغییرپذیری اقلیمی زیاد، توزیع نامناسب آب و اولویت‌بندی توسعه اقتصادی است (Madani, 2014). در سطح جهان طی دهه‌های گذشته، بحث آمایش منابع آب همزمان با نابودی رودخانه‌ها و بدنه‌های آبی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح شده است. امروزه، آمایش منابع آب در مناطقی که با محدودیت‌های منابع آب مواجه هستند، غیر قابل انکار است. زمزمه‌های مفهوم آمایش منابع آب اولین بار در دهه ۱۹۸۰ و به منظور بهینه‌سازی مصرف آب بین بخش‌های متقاضی آن مطرح شد (Ludwig et al., 2014). هدف آمایش منابع آب نیز تعادل بین منابع آب موجود با تقاضا برای منابع آب ضمن درنظر گرفتن منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی بود (Molinos-Senante et al., 2014). با توجه به اهمیت منابع آب برای کشور ایران به دلیل اقلیم و بحران منابع آب- تاکنون در تحقیقی، نظریه‌های مکان‌یابی به لحاظ محدودیت منابع آب مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است. لذا برای رسیدن به این مهم، در تحقیق فوق از حلقه علت و معلولی و از تفکر پویایی سیستم‌ها استفاده شده است تا نظریه‌های مربوط به مکان‌یابی را با توجه به محدودیت‌های منابع آب بتوان مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعه و مدل‌سازی تغییرات و تخصیص کاربری زمین سابقه طولانی دارد. یکی از اولین و معروفترین نظریه‌های تغییر کاربری زمین متعلق به فن تونن است (Von Thunen, 1966). او در سال ۱۸۲۶ نظریه اجاره زمین کشاورزی را مطرح کرد هدف فن تونن، تجویز بهترین (اقتصادی‌ترین) توزیع کاربری زمین‌های کشاورزی در اطراف یک شهر تجاری بود. این نظریه، از زمره نظریه‌های اقتصاد خرد و تا حدی اقتصاد کلان است. مدل‌های تهیه شده برای کاربری زمین به دسته‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های اثر متقابل فضایی مانند مدل قابلیت دسترسی هانسن (Hansen, 1959) و مدل فن تونن و لانهارد (Litkouhi at el., 2018) از معروف‌ترین مدل‌هایی هستند که برای مدل سازی تغییر کاربری زمین استفاده شده‌اند. مدل‌های یاد شده هر یک برای هدفی خاص نوشته شده‌اند. مدل‌های اولیه بسیار ساده و مدل‌های جدید بسیار پیچیده‌اند، به عبارتی مدل‌های اولیه

حاصل کار یک یا چند نظریه‌پرداز و مدل‌ساز بوده‌اند در حالی که طراحی مدل‌های جدید حاصل فعالیت سازمان‌ها، مؤسسات و شرکت‌های تحقیقاتی با صرف زمان و هزینه بسیار است (Morita at el., 1997).

تئوری‌های مکان‌یابی توسط دو گروه از جغرافی‌دانان و اقتصاددانان تکمیل شده است. تا دهه ۱۹۵۰ تعداد اندکی از جغرافیدانان به موضوع مکان‌یابی توجه داشتند و فقط به توضیح تشریحی الگوهای موقعیت مکانی صنایع با توجه به محیط فیزیکی یا تکامل تاریخی آن‌ها می‌پرداختند. اولین توجه جدی و مهم به تئوری مکانیابی توسط والتر کریستالر ۱۹۳۳ با طرح تئوری مکان مرکزی (Christaller, 1933) انجام گرفت، که هدف او در واقع مکان‌یابی نبود بلکه می‌خواست قوانین میان اندازه و پراکندگی شهرهای کوچک و بزرگ را بیابد (Salahi Esfahani et al., 2006). تولد تئوری جدید مکانیابی در تاریخ ۱۹۰۹ توسط اقتصاددان آلمانی آلفرد وبر صورت گرفت (Friedrich, 1929). تحقیقاً وبر اولین کسی نبود که به مکانیابی صنایع توجه داشت بلکه تا پایان قرن ۱۹ دانشمندان بسیاری در آلمان در این خصوص تلاش می‌نمودند. وبر تئوری خود را توسط فرضیه اساسی به منظور حذف پیچیدگی‌های جهان واقعی محدود کرد. سه فرضیه اساسی شامل: ۱- محل جغرافیایی مواد اولیه؛ ۲- موقعیت و اندازه مکان‌های مصرف و بازار و ۳- موقعیت‌های گوناگون کارگر با دستمزدهای معین می‌باشد. بنابراین در دنیای ساده‌ای که وبر فرض کرده بود سه عامل اصلی و دو عامل عمومی، ناحیه‌ای شامل حمل و نقل و دستمزد کارگر، یک عامل محلی، تمرکز و پراکندگی در مکانیابی مؤثر است (Friedrich, 1929).

اولین کارهای مربوط به مباحث مکان‌یابی به وسیله لانهارد و فن تونن انجام شد (Farajzadeh and Rostami, 2004). فن تونن مدل کلاسیک کشاورزی را برای مکانیابی مطرح کرد و لانهارد در سال ۱۸۸۲ از مثلث مکانیابی برای مکانیابی کارخانه استفاده کرد (Parhizghar, 1997). Walker در سال ۱۹۷۵ به ارزیابی مکانی ایستگاه‌های آتشنشانی در نیویورک پرداخت، هدف این مطالعه ارائه مدلی به مدیران و برنامه‌ریزان شهری برای مکان‌گزینی و ارزیابی مکانی ایستگاه‌های آتشنشانی بود. او مدلی کامپیوتری را به شکل یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای این منظور طراحی کرده بود (Green and Kolesar, 2004). در سال ۱۳۷۶، دکتر پرهیزگار ضمن مطالعه روش‌ها و الگوی‌های مکان‌گزینی مانند نظریه مکان مرکزی، مدل تاکسونومی عددی، مدل لاری و مدل‌های تصادفی، با مطالعه موردی در مکانیابی مراکز آتشنشانی شهر تبریز توانایی GIS را نسبت به سایر مدل‌ها اثبات کرد (Parhizghar, 1997). حیدری و رستمی در سال ۱۳۹۳ در تحقیقی به ارزیابی و ارائه الگوی بهینه مکانیابی به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتشنشانی در شهر کرمانشاه پرداختند (Heidari and Rostami, 2015). عامری و برگ گل در سال ۱۳۸۵ به مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه بر مبنای دسترسی و ارزش افزوده پرداخته‌اند. در این تحقیق با استفاده از تجارب موجود در کشور و نیز در دنیا و با تعریف چند متغیر جدید، مدلی برای تخصیص بهینه کاربری‌های مختلف در سطح منطقه پیشنهاد شد که جواب‌های آن با واقعیت نزدیکی دارد. مدل پیشنهادی امکان توسعه آتی را فراهم می‌کند، یعنی با شناخت عوامل، طبقات و امتیازهای آن‌ها می‌توان تعداد متغیرهای مؤثر در مدل را به راحتی توسعه داد (Ameri and Barg Gol, 2006). عزت‌پناه و بختیاری در سال ۱۳۹۵ ارزیابی مکان‌گزینی شهرک‌های صنعتی از بعد سرمایه‌گذاری با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی در منطقه کاشان پرداختند (Ezzat Panah and Bakhtiari, 2015).

در حالت کلی کلیه نظریه‌ها با به کار گرفتن تکنیک‌های مختلف سعی می‌کنند عوامل مؤثر برای استقرار فضایی فعالیت‌های گوناگون شهری و منطقه را بشناسند. مدل‌های مکانیابی به وسیله افراد متعدد در محیط‌های متعدد ارائه شده است که هر کدام با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیطی در زمان‌های متفاوت به کار گرفته شده‌اند (Farajzadeh and Rostami, 2004). اما نکته‌ای که در تمام نظریه‌ها موجود می‌باشد. نادیده گرفتن پتانسیل منابع آب منطقه و درنظر نگرفتن محدودیت منابع آب و منطقه هنگام مکان‌یابی نیز می‌باشد؛ لذا در تحقیق فوق سعی شده است که در مکان‌یابی برای انجام فعالیت‌های آتی مرتبط با منابع آب و محدویت‌های آن در سطح منطقه با پرداخته شود.

۳- مواد و روش‌شناسی

نحوه تحلیل و مکان‌یابی با درنظر گرفتن محدودیت‌های منابع آب منطقه به شدت به نحوه تفکر به این مسئله بستگی دارد. لذا بسته به تفکر خطی یا غیر خطی تحلیل و مکان‌یابی متفاوت خواهد بود. در تفکر خطی مطابق شکل ۱، علت‌های مرتبط با معلول به صورت خطی ترکیب شده، بر اساس درجه اهمیت عوامل، ضریبی به آن‌ها تعلق می‌گیرد (Richmond, 1993).

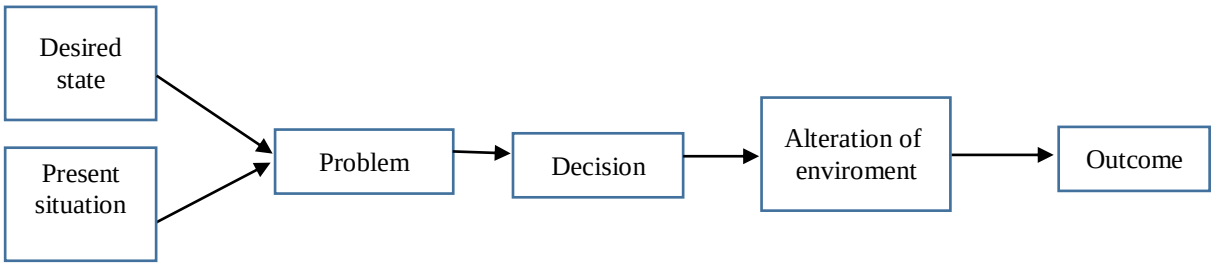

Fig. 1- Linear casual thinking
شکل ۱- نمایش شماتیک تفکر خطی

همانگونه که از شکل ۱ پیداست در تفکر خطی فرض بر این است که واقعه یا نتیجه، بر اساس جمعی از ورودی‌ها که به ترتیب قرار گرفته‌اند، شکل می‌گیرد (Sterman, 2000). در تفکر خطی فرض می شود اتفاقات و روند آن‌ها در سیستم در طول زمان ثابت عمل می‌کنند. مشکلی که این تفکر دارد این است که وضعیت موجود و وضعیت مورد انتظار یا دلخواه به صورت جداگانه و در حالت قرنطینه‌واری از محیط اطرافش مورد بررسی قرار می‌گیرند. از قِبَل این نوع تفکر نمی‌توان به درک عمیقی از مسأله و عوامل آن دست یافت. در نتیجه در خصوص مدیریت سیستم‌های بسیار پیچیده منابع آبی، استفاده از این نوع تفکر ممکن است به جواب‌های غیر واقعی یا حداقل بحث برانگیز منجر شود (Hjorth and Bagheri, 2006). به عبارت دیگر در این روش‌ها، برای پاسخ به نمونه سؤالاتی مانند چه عواملی باعث رخداد اتفاق مشخصی می‌شود؟، لیستی از عوامل و فاکتورها تهیه شده، سپس با مشخص کردن وزن هر فاکتور، سطوح اهمیت فاکتورها در رخداد واقعه مورد نظر، نشان داده می‌شود. این نوع تفکر و مدل ذهنی آن، یک رابطه تحلیلی به صورت یک معادله رگرسیون چند متغیره می‌باشد (Richmond, 1993) (رابطه ۱).

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_nX_n \qquad (۱)$$

در معادله (۱)، y متغیر وابسته[۱]، X_i متغیرهای مستقل[۲] و a_i ضرایب[۳] یا وزن هر متغیر مستقل در میزان تأثیرگذاری در متغیر وابسته می‌باشد. لذا فرضیات در تفکر خطی شامل: (۱) هر فاکتور به عنوان یک علت تنها به یک صورت بر معلول تأثیرگذار است؛ (۲) هر فاکتور به صورت مستقیم عمل می‌کند؛ (۳) ضرایب یا وزن فاکتورها یا میزان تأثیرگذاری فاکتورهای مختلف ثابت است و (۴) چگونگی تأثیرگذاری فاکتورها یا علت‌ها بر رخداد معلول[۴] به صورت ضمنی و تنها با استفاده از علامت ضرایب مشخص می‌شود. این ضرایب تنها مشخص می‌کند کدام فاکتور تأثیر مثبت و کدام تأثیر منفی دارد. به عنوان مثال از رویکردهای خطی در تحلیل مباحث آسیب‌پذیری منابع آب می‌توان به استفاده از شاخص‌های همچون WTA[۵] در (Vörösmarty et al., 2013) و WSSI[۶] در (Hybel et al., 2015) و PESI[۷] در (Pedro-Monzonís et al., 2015) اشاره کرد.

در نقطه مقابل تفکر خطی، تفکر سیستمی قرار می‌گیرد و تحلیل روابط را به صورت دینامیک و در گذر زمان انجام می‌دهد. سیستمی دیدن روابط کمک به بررسی دقیق‌تر دنیای واقعی و درنظر گرفتن اثر مؤلفه‌های مختلف بر هم می‌کند (Sterman,1985). تفکر سیستمی به عنوان تفکری با توانایی در ملاحظه اجزاء به صورت کامل با یافتن ارتباطات درونی، توانایی در بیان پیچیدگی ارتباط بین اجزا را دارد (Sterman et al., 2015). مدلی که این تفکر از آن پیروی می‌کند به صورت شکل ۲ نشان داده شده است (Hjorth and Bagheri, 2006).

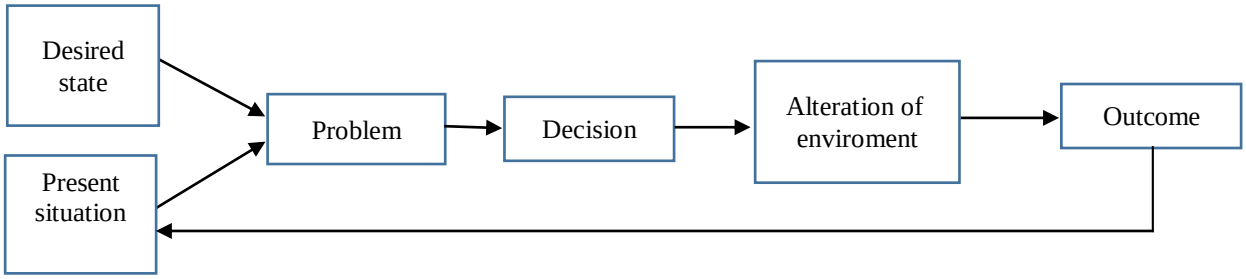

Fig. 2- Non-Linear casual thinking (A System Dynamics Approach)
شکل ۲- نمایش شماتیک تفکر (غیرخطی) رویکرد پویایی سیستمی

در پارادایم تفکر سیستمی برای پاسخ دادن به نمونه سؤال مطرح شده، فرض‌های متفاوتی متناسب با هر چهار فرض عنوان شده بالا در تفکر خطی بیان می‌شود. متناسب با فرض نخست، در پارادایم فکری سیستمی هر علت در یک فرآیند حلقه‌ای[8] هم با معلول و هم با علت‌های دیگر ارتباط دارد. این فرآیندهای حلقه‌ای را چرخه‌های بازخوردی[9] می‌گویند (Sterman, 1985). همچنین، متناسب با فرض دوم، تفکر سیستمی، جهان را به صورت فرآیندهایی پیچیده، پویا و خودپایدار با روابط وابسته به هم[10] می‌بیند. در مقابل سومین فرض در تفکر خطی که بر ثابت بودن چگونگی تأثیرگذاری فاکتورها به صورت ضرایب ثابت بر معلول مورد نظر استوار است، در تفکر سیستمی، شدت تأثیرگذاری علت‌ها بر معلول، با توجه به روابط چرخه بسته و متناظر با غلبه مکانیزم‌های تأثیرگذار، در طول زمان متغیر بررسی می‌شود. بدین معنی که رابطه علت و معلول یک طرفه نبوده و چرخه بسته‌ای از روابط این تأثیرگذاری را مشخص می‌کند. در نهایت، در مقابل چهارمین فرض در تفکر خطی که به تمرکز بر مفهوم همبستگی[11] و علامت آن برای تشریح چگونگی کار کردن سیستم می‌پردازد، تفکر سیستمی بر چنین فرضی که برای توضیح چگونگی کارکرد سیستم، نیاز به مدل‌های عملیاتی داریم، استوار است. بدین معنی که برای مشخص کردن روابط بین مؤلفه‌ها تنها همبستگی فاکتورهای تأثیرگذار کافی نبوده بلکه تشریح عملی یا کاربردی نیز نیاز می‌باشد (Richmond, 1993).

۴- نتایج

۴-۱- بررسی تئوری مکان‌یابی کشاورزی از منظر مدیریت تقاضای منابع آب

اولین نظریه‌ای که در مورد کاربری اراضی ارائه گردید توسط فن تونن در سال ۱۸۲۶ مطرح شد (Von Thunen, 1966). در این نظریه، فرض بر این بود که در سرزمینی که خصوصیات آن کاملاً یکنواخت و همگن باشد، تحت شرایط ایده‌آل، نقطه اصلی و کانونی شهر در مرکز قرار خواهد گرفت و بسط شهر به صورت دوایر متحدالمرکز بر گرد آن صورت می‌پذیرد. نظریه فن تونن اولین نظریه بهره اقتصادی- بهره مکانی در علم جغرافیا است که با عامل "فاصله از مرکز شهر" تعیین می‌شود. او در نظریه مکان کشاورزی شهر را به چندین دایره متحدالمرکز تقسیم کرد که بر اساس این تقسیم‌بندی، محصولی که از لحاظ بازدهی، بازده خالص آن در هکتار بیشتر باشد، نزدیک به مرکز قرار می‌گیرد. در این نظریه نوع تولیدات کشاورزی با توجه به هزینه حمل و نقل تغییر می‌یابد و تفاوت بین اجاره مناطق مختلف فقط در میزان هزینه حمل و نقل آن‌ها می‌باشد (Von Thunen, 1966).

از این نظریه می‌توان در مسائل منابع آب نیز استفاده نمود به طوری‌که تحت شرایط ایده‌آل می‌توان بیان کرد که بیشترین تقاضای آب و پربازده‌ترین فعالیت در نزدیک منبع آب قرار خواهند گرفت و بسط و گسترش سرزمین بر اساس میزان تقاضای آب به صورت دوایر متحدالمرکز بر گرد آن صورت می‌پذیرد. در نظریه مکان کشاورزی، سرزمین یا شهر از لحاظ میزان تقاضای آب به چندین دایره متحدالمرکز تقسیم می‌شود که بر اساس این تقسیم‌بندی، با توجه به بیشتر بودن تقاضا در مرکز و نزدیک منبع آب، عرضه آب در این قسمت باید بیشتر باشد. در این صورت فعالیت‌هایی که به لحاظ بهره‌وری اقتصادی مناسب بوده بایستی در نزدیکی منبع آب نیز مکان‌یابی شود.

همانطور که در شکل ۳ مشخص است، بر اساس این نظریه، در حلقه تعادلی شماره ۱، در منطقه‌ای و نزدیک منابع آب ابتدا نسبت منابع آب به جمعیت زیاد است که این موضوع مطلوبیت منطقه را افزایش می‌دهد. با افزایش مطلوبیت منطقه، مردم به سمت این منطقه مهاجرت کرده و جمعیت را افزایش می‌دهند. با افزایش جمعیت به یک منطقه، نیاز به شغل نیز افزایش پیدا می‌کند و با توجه به وجود آب کافی، کشاورزی بهترین گزینه برای ایجاد شغل است. با افزایش سطح زیر کشت برای توسعه کشاورزی، مصرف آب افزایش پیدا خواهد کرد. در نتیجه نسبت منابع آب موجود به جمعیت روند نزولی داشته و یک حلقه تعادلی شکل می‌گیرد. بنابراین در بلند مدت ممکن است با افزایش مصرف آب، منابع آب موجود تمام شده و از مطلوبیت منطقه کاسته شود.

در حالت کلی طبق نظریه مکان‌یابی کشاورزی فن تونن، مکان‌یابی کشاورزی در نزدیکی منابع آب در بلند مدت موجب تشدید شدن و بحرانی شدن وضعیت منابع آب منطقه نیز خواهد بود و بهتر است که فعالیت‌هایی که بهره‌وری اقتصادی بالایی دارند در نزدیکی منابع آب مکان‌یابی شوند در نتیجه طبق این نظریه، نحوه عرضه آب به فعالیت‌های مختلف در سرزمین، با توجه به بهره‌وری اقتصادی، فاصله از منبع آب و هزینه انتقال، تغییر می‌کند.

۴-۲- بررسی تئوری لانهارد از منظر مدیریت تقاضای منابع آب

لانهارد در سال‌های ۱۸۸۵-۱۸۸۲ میلادی، تئوری مکان‌یابی صنایع خود را مطرح نمود (Litkouhi at el., 2018). او به طور خلاصه با درنظر گرفتن دو موقعیت جغرافیایی عرضه مواد اولیه و یک موقعیت بازار فروش، مدل ساده مثلثی را برای مکان‌یابی بهینه صنایع، پیشنهاد

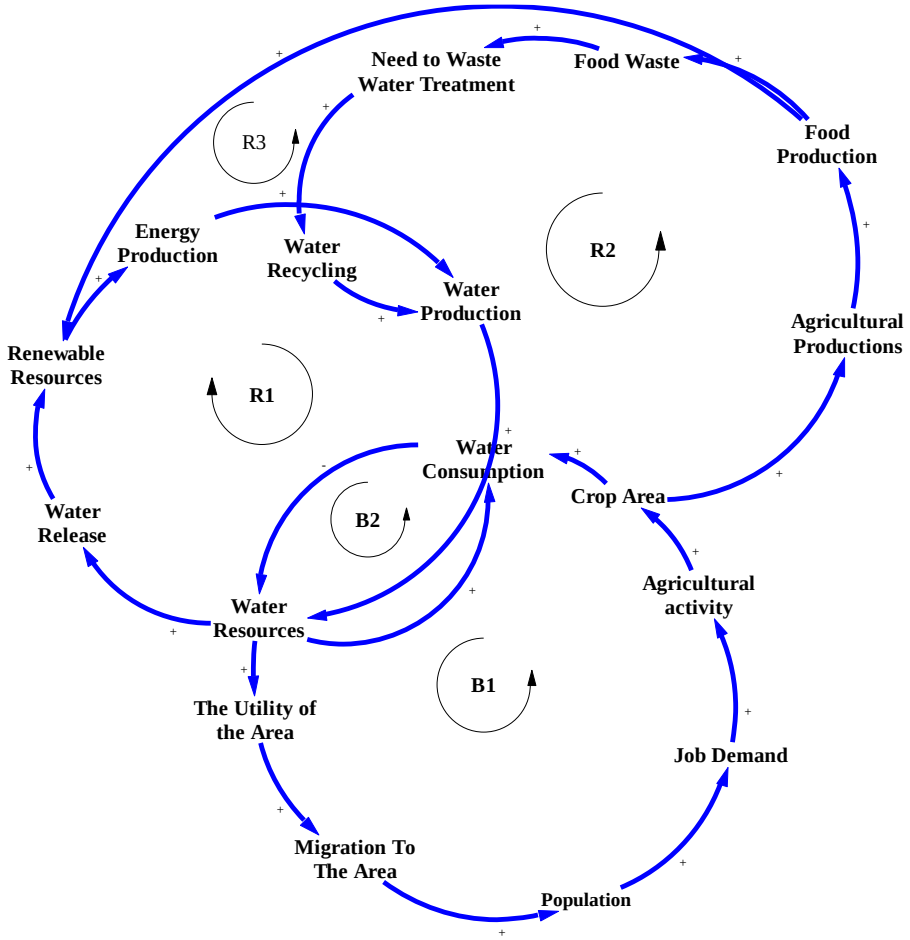

Fig. 3- System dynamic loop addressing the von Thunen's agricultural location theory

شکل ۳- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر تئوری مکان کشاورزی فن تونن

می‌کند. مکان بهینه بـا درنظر گرفتن هزینه‌های حمل و نقل، بین رئوس مثلث و انجام محاسباتی نه چندان پیچیده حاصل می‌شـود (Litkouhi at el., 2018). تئوری‌های لاتهارد، وبر و هوور از لحاظ نگرش و تحلیل مسائل، بـر حـداقل کردن هزینه تأکید دارند (Karami at el., 2011).

برای استفاده از این نظریه در مسائل منابع آب و طرح‌های توسعه بر اساس محدودیت‌های منابع آب، می‌توان با درنظر گرفتن دو موقعیت جغرافیایی عرضه و تقاضای آب، مدل مثلثی را برای مکان‌یابی بهینه صنایع، پیشنهاد نمود. در این مدل مکان بهینه برای رشد صنایع مختلف بر مبنای هزینه‌های انتقال و تأمین آب انتخاب می‌شود.

بر مبنای تحلیل پویایی سیستمی نیز می‌توان تئوری لانهارد را گسترش داد به طوری‌که طبق حلقه تقویتی شماره ۱، با افزایش فاصله مکان احداث کارخانه مورد نظر (یا صنایع دلخواه) از منبع آب، نیاز به تجهیزات انتقال آب جهت تأمین آب مورد نیاز کارخانه افزایش پیدا می‌کند. بنابراین هزینه‌های کلی انتقال آب و هزینه دسترسی به منبع آب نیز افزایش می‌یابد. از این رو بهره‌وری اقتصادی تأمین آب مورد نیاز کارخانه (صنایع) مورد نظر کاهش می‌یابد. در نهایت با کاهش پیدا کردن بهره‌وری اقتصادی آب کارخانه، فاصله کارخانه متقاضی آب از منبع تأمین آب به دلیل بهره‌وری اقتصادی کم، افزایش پیدا کند. این روند منجر به ایجاد حلقه تقویتی می‌شود.

در حالت کلی طبق این نظریه می‌توان نتیجه گرفت که هرچه فاصله کارخانه مورد نظر از منبع تأمین آب افزایش پیدا کند نهایتاً با گذشت زمان و در بلند مدت، با افزایش هزینه انتقال آب برای انجام فعالیت (هزینه دسترسی به منبع آب)، بهره‌وری اقتصادی آن فعالیت صنعتی کاهش پیدا می‌کند.

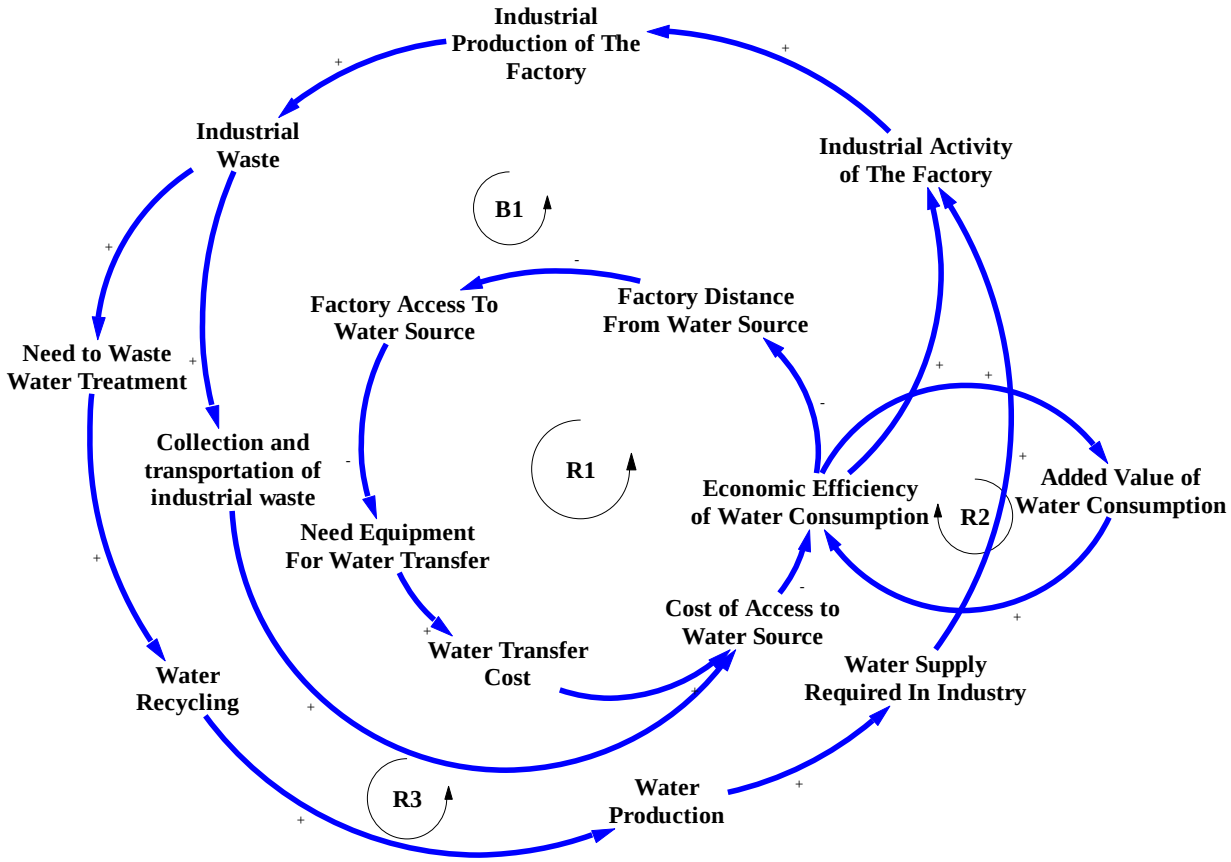

Fig. 4- System dynamics loop addressing the Lanhard theory

شکل ۴- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر تئوری لانهارد

۴-۳- بررسی نظریه وبر از منظر مدیریت تقاضای منابع آب

تئوری مکان‌یابی صنعتی وبر در سال ۱۹۰۹ معرفی شد (Weber, 1909). تحقیقات وبر معطوف به صنایع کارخانه‌ای بود و جنبه قیاسی و تجربی داشت. این مطالعات در دو بخش انجام شده است؛ بخشی از مطالعات وبر در مورد قوانین عام و تئوریک مکان‌یابی بود که این قوانین باید در دنیای واقعی آزموده شوند و بخش دیگر ارائه نظریه‌ای واقع‌گرا است. در مدل ساده وبر، سه عامل هزینه‌های نیروی کار، هزینه‌های حمل و نقل و نیز امتیازات تمرکز و یا عدم تمرکز بر مکان‌یابی صنعتی تأثیرگذار هستند. روش وبر در مکان‌یابی بدین صورت بود که ابتدا فقط عامل هزینه حمل و نقل را درنظر گرفت و نقطه مربوط به حداقل هزینه حمل و نقل را تعیین کرد و سپس شرایطی را مدنظر قرار داد که عوامل نیروی کار و تمرکز نیز وارد تجزیه و تحلیل شود. فرضیات اساسی و ساده‌کننده‌ای که وبر برای مدل خویش درنظر گرفت، چنین‌اند:

- محل جغرافیایی مواد خام مشخص بوده و این مواد خام فقط در برخی مکان‌ها قابل دسترسی هستند؛
- هر تولید کننده، بازار نامحدودی در اختیار دارد، یعنی شرایط رقابت کامل برقرار است و امتیازات انحصاری از نظر انتخاب مکان وجود ندارد؛
- چندین مکان عرضه ثابت برای عرضه نیروی کار وجود دارد، به‌طوریکه این نیروی کار دارای قابلیت تحرک نبوده و عرضه آن در دستمزد جاری نامحدود است؛
- فرضیات دیگر شامل عدم توجه به عواملی مثل نرخ بهره، امنیت و سطح مالیات و نیز یکنواختی فرهنگی سیستم سیاسی و اقتصادی می‌باشد (Friedrich, 1929; Weber, 1909)؛

برای توسعه صنایع کارخانه‌ای بر مبنای منابع آب، می‌توان از مدل وبر نیز استفاده نمود، به طوریکه سه عامل هزینه‌های نیروی کار، هزینه‌های انتقال آب به صنایع کارخانه‌ای مورد نظر و نیز امتیازات تمرکز و یا عدم تمرکز صنایع، بر مکان‌یابی صنعتی تأثیر داده شود. روش وبر در مکان‌یابی بدین‌صورت بود که ابتدا فقط عامل هزینه

انتقال و تأمین آب را درنظر گرفت و نقطه مربوط به حداقل هزینه تأمین آب را تعیین کرد که کمترین فاصله را با منبع آب دارد و سپس شرایطی را مدنظر قرار داده می‌شود که عوامل نیروی کار و تمرکز کارخانه‌ها در نزدیک‌ترین فاصله به منبع آب نیز وارد تجزیه و تحلیل شود. برای استفاده از مدل وبر در مکان‌یابی بر مبنای منابع آب، علاوه بر فرضیات فوق می‌توان فرضیات زیر را نیز درنظر گرفت.

- محل منابع آب مشخص بوده و عرضه این منابع فقط در برخی مکان‌ها قابل دسترسی هستند؛
- شرایط رقابت کامل بین متقاضیان آب از منابع وجود دارد؛
- فرضیات دیگر از جمله فرهنگ منطقه، جمعیت، شرایط اقتصادی و سیاسی و غیره می‌تواند در توسعه صنایع بر مبنای این مدل تأثیرگذار باشد.

وبر از فضای اقتصادی ساده شده خود یک نقطه مصرف و دو منبع مواد اولیه که بیشترین اهمیت را دارند، انتخاب کرد تا بدین وسیله چگونگی استقرار کارخانه را نشان دهد. مکان مربوط به حداقل هزینه حمل و نقل، نقطه‌ای است که کل تن–کیلومتر (شامل رسیدن مواد اولیه به محل جدید و محصول تولید شده به بازار)، حداقل شود (Friedrich, 1929; Weber, 1909). در طرح‌های توسعه بر مبنای منابع آب می‌توان ابتدا یک نقطه تقاضای آب و دو منبع عرضه آن، که بیشترین اهمیت را دارند، انتخاب کرد تا بدین وسیله نحوه استقرار صنایع مشخص شود. مکان مربوط به حداقل هزینه انتقال آب، نقطه‌ای است که کل لیتر–کیلومتر (شامل عرضه آب به محل جدید)، حداقل شود.

قدم بعدی در مطالعات وبر، وارد کردن عامل هزینه‌های نیروی کار در مکان‌یابی بود. او مکانی را فرض کرد که هزینه نیروی کار در آنجا به قدر کافی پایین است. این مسأله وقتی اتفاق می‌افتد که صرفه‌جویی در هزینه نیروی کار از هزینه‌های نهایی حمل و نقل بیشتر باشد. وبر با گسترش تحلیل خود به کل صنعت، معتقد بود که هرقدر اهمیت نیروی کار برای یک صنعت مهم باشد، میزان تأثیر گذاری نیروی کار ارزان در مکان‌یابی افزایش می‌یابد. او برای اندازه‌گیری اهمیت نیروی کار از شاخص هزینه نیروی کار استفاده کرد که برای هر صنعت برابر است با متوسط هزینه نیروی کار لازم برای تولید یک واحد وزنی از محصول (Friedrich, 1929; Weber, 1909). وبر بر این عقیده بود که ضریب نیروی کار یک صنعت بهتر می‌تواند اثر نیروی کار را در مکان‌یابی نشان دهد.

در تئوری وبر نیز مانند تئوری لانهارد بحث حداقل فاصله بین عرضه و تقاضای آب و پیدا کردن نقطه بهینه از اهمیت بالایی برخوردار است با این تفاوت که در تئوری وبر هزینه‌های نیروی کار نیز درنظر گرفته می‌شود. به طوریکه با افزایش فاصله بین عرضه کننده و متقاضی آب، هزینه انتقال آب افزایش پیدا کرده و بهره‌وری اقتصادی کاهش می‌یابد. درنتیجه کاهش بهره‌وری اقتصادی، نیروی کار استخدامی در آن واحد صنعتی و در نتیجه هزینه نیروی کار کاهش پیدا می‌کند. از این رو بهتر است مکان‌یابی صنایع کارخانه‌ای با بهره‌وری اقتصادی بالا در حداقل فاصله منابع آب (دسترسی بالا به منبع آب) شکل گیرد. شکل ۵ نمودار تحلیل دینامیکی تئوری وبر را نشان می‌دهد.

۴-۴- بررسی نظریه هوور از منظر مدیریت تقاضای منابع آب

هوور در سال ۱۹۴۸ تئوری‌های خود را به مکان‌یابی‌های صنعتی با فرض رقابت کامل بین تولیدکنندگان و فروشندگان و تحرک کامل عوامل تولید معطوف کرد. تئوری هوور در مقایسه با تئوری وبر، هزینه‌ها را با روش واقع گرایانه‌تری به هزینه‌های حمل و نقل و هزینه‌های تولید تقسیم می‌کند. برای مثال، هزینه‌های حمل و نقل تنها متأثر از وزن و فاصله نبوده و بر اساس طول و جهت حمل و نقل نیز متغیر خواهند بود (Hoover, 1949).

بعد فاصله و نحوه انتقال آب و به طور کلی مباحث هیدرولیکی انتقال آب در نظریه هوور برای مسائل آبی از اهمیت بالاتری برخوردار است. به طوریکه با افزایش طول مسیر، ضرایب اصطکاک افزایش یافته (با توجه به زبری منطقه) و انرژی بیشتری برای انتقال آب مورد نیاز است. از این رو جابه‌جا کردن آب سخت‌تر شده و هزینه انتقال و نیز افزایش می‌یابد. بنابراین برای مکان‌یابی صنایع بر مبنای منابع آب در نظریه هوور می‌بایست بعد هیدرولیکی فرآیند را نیز درنظر گرفت. در روابط علت و معلولی این تئوری مطابق شکل ۶ نمایان است.

تئوری هوور در مقایسه با تئوری وبر، هزینه‌ها را با روش واقع گرایانه‌تری به هزینه‌های تأمین آب و هزینه‌های تولید تقسیم می‌کند. برای مثال، هزینه‌های تأمین آب مورد نیاز کارخانه تنها متأثر از مقدار آب و فاصله از منبع آب نبوده و جهت انتقال و طول انتقال آب نیز تأثیرگذار خواهد بود.

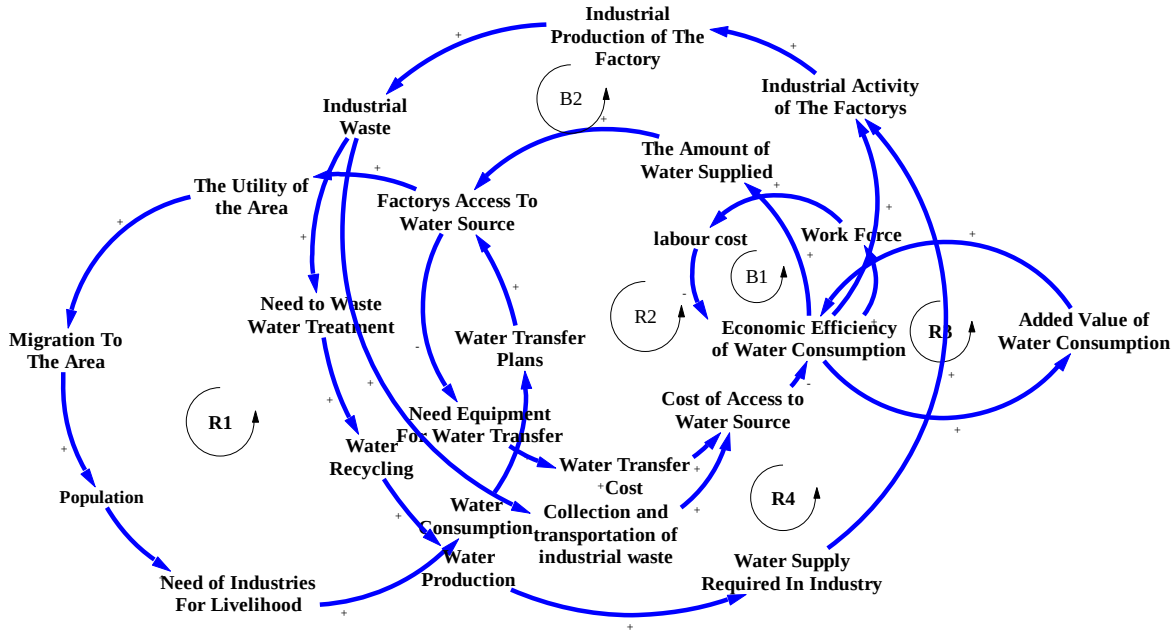

Fig. 5- System dynamics loop addressing the Weber theory

شکل ۵- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر تئوری وبر

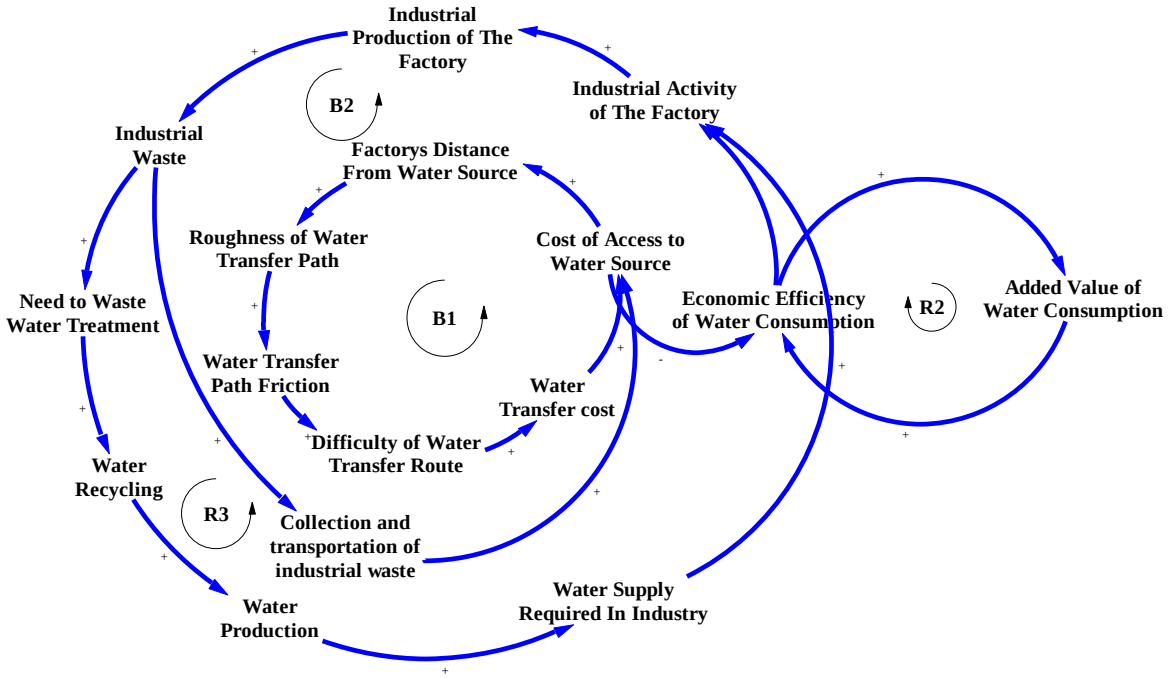

Fig. 6- System dynamics loop addressing the Hoover theory

شکل ۶- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر تئوری هوور

۴-۵- بررسی نظریه مکان مرکزی از منظر مدیریت تقاضای منابع آب

یکی از علمی‌ترین نظریات ساخت سکونتگاه‌ها، نظریه مکان مرکزی والتر کریستالر است (Christaller,1966). او این نظریه را در سال ۱۹۳۳ در کتاب خود به نام مکان‌های مرکزی در بخش جنوبی آلمان منتشر ساخت (Christaller,1933). این نظریه تا دهه ۱۹۵۰ مورد توجه قرار نگرفت تا اینکه در سال ۱۹۶۶ به زبان انگلیسی ترجمه و منتشر شد و از آن زمان به بعد، اساس مطالعه شهری_ناحیه‌ای قرار گرفت و شهرت جهانی یافت (Christaller, 1966). به طورکلی، مکان‌های مرکزی یعنی مراکزی که فعالیت‌های تولیدی به منظور تولید و عرضه کالا و خدمات در آنجا متمرکز است. حال این مراکز یا می‌تواند مراکز فرعی و اصلی موجود در داخل یک شهر باشند و یا این که خود شهر به عنوان یک مرکز تولیدی در یک نظام توزیع شهری درنظر گرفته شود.

والتر کریستالر، اساس نظریه خود را در مجموعه‌ای از فرضیات قرار داده است که خلاصه‌ای از آن به شرح زیر می‌باشد:

- تصور شهر به صورت دشتی یکنواخت که در آن به طور یکسان، حمل ونقل به همه جهات به آسانی امکان‌پذیر است. در این دشت تنها یک وسیله نقلیه کار می‌کند؛
- جمعیت به طور یکنواخت در سراسر دشت پراکنده شده‌اند و همه مصرف‌کنندگان از نظر درآمد و تقاضا برای کالا و خدمات، در موقعیت مساوی قرار گرفته‌اند؛
- تهیه‌کنندگان کالا و خدمات، تاجر بوده و همواره تلاش می‌کنند که به حداکثر سود دست یابند و چون مردم با توجه به صرفه اقتصادی به نزدیک‌ترین مرکز مراجعه می‌کنند، تهیه‌کنندگان کالا و خدمات از یکدیگر فاصله می‌گیرند تا مصرف‌کنندگان بیشتری را جلب کنند.

در نظریه کریستالر، عامل هزینه حمل و نقل و آمد و شد برای خرید کالا و خدمات، از موارد تعیین کننده محسوب می‌شود، یعنی مصرف کنندگان کالا و خدمات برای گریز از پرداخت هزینه زیـــاد آمد و شد، بـه نزدیک‌ترین مکان مرکـــزی مـراجعه می‌کنند. درصورتی‌که مصرف‌کننده‌ای به مکان مرکزی (بازار) دورتری مراجعه کند و هزینه مسافرت بیشتری را بپردازد، باید کالا و خدمات کمتری را بخرد. نتیجه این عملکرد،کاهش تقاضا با توجه به عامل فاصله از مکان مرکزی است (Christaller, 1966; Malczewski, 2009).

از منظر مدیریت منابع آب امکان بررسی نظریه مکان مرکزی وجود دارد. در این حالت، مکان‌های مرکزی را می‌توان به عنوان مراکزی درنظر گرفت که منابع آن برای عرضه به مصرف‌کنندگان در آنجا متمرکز شده است. والتر کریستالر، اساس نظریه خود را در مجموعه‌ای از فرضیات قرار داده است که در بحث منابع آب می‌توان به صورت زیر شرح داد:

- انتقال و عرضه آب از منابع موجود در منطقه به همه جهات به آسانی امکان‌پذیر است؛
- مصرف‌کنندگان آب در تمام منطقه پراکنده شده‌اند و همه آن‌ها از نظر تقاضا برای منابع آب در موقعیت مساوی قرار گرفته‌اند؛
- برای عرضه آب و انتقال آن به مصرف‌کنندگان بعد اقتصادی نیز درنظر گرفته می‌شود، به طوری‌که متقاضیان آب هزینه انتقال آب را درنظر گرفته و بر اساس آن از نزدیک‌ترین منبع، آب مورد نیاز را تأمین می‌کنند.

در نظریه کریستالر، عامل هزینه انتقال و تأمین آب، از موارد تعیین کننده محسوب می‌شود، یعنی مصرف‌کنندگان برای گریز از پرداخت هزینه زیاد انتقال، به نزدیک‌ترین مکان مرکزی مراجعه می‌کنند. درصورتیکه مصرف‌کننده‌ای به مکان مرکزی دورتری مراجعه کند و هزینه تأمین آب بیشتری را بپردازد، باید مقدار آب کمتری را بخرد. نتیجه این عملکرد، کاهش تقاضا با توجه به عامل فاصله از مکان مرکزی است. کریستالر در شکل ۷ پرداخته شده است.

۴-۶- بررسی مدل لاری در سیاست‌گذاری بخش مدیریت تقاضای آب کشور

لاری در مورد شهر سن‌پتربورگ مدلی را ارائه داده است که شاخصه‌های اصلی آن شامل فعالیت‌های اقتصادی، جمعیت و کاربری اراضی شهری است و نیازمند اطلاعات جمعیت، جمعیت شاغل، شاغلان در بخش اقتصاد پایه، بخش خدمات و صنعت می‌باشد (Wilson, 1968; Lee, 1973). سه عنصر سیستم شهری (جمعیت، اشتغال و ابزار ارتباط آن‌ها) به همراه پیش‌بینی وضعیت آینده مؤلفه‌های اصلی این مدل را تشکیل می‌دهند. مدل لاری ابعاد کاربری زمین را وابسته به رابطه اشتغال پایه و غیرپایه در یک ناحیه می‌داند و بر اساس تعداد افراد شاغل در بخش خدمات، به پیش‌بینی سطوح لازم برای انواع کاربری‌ها می‌پردازد.

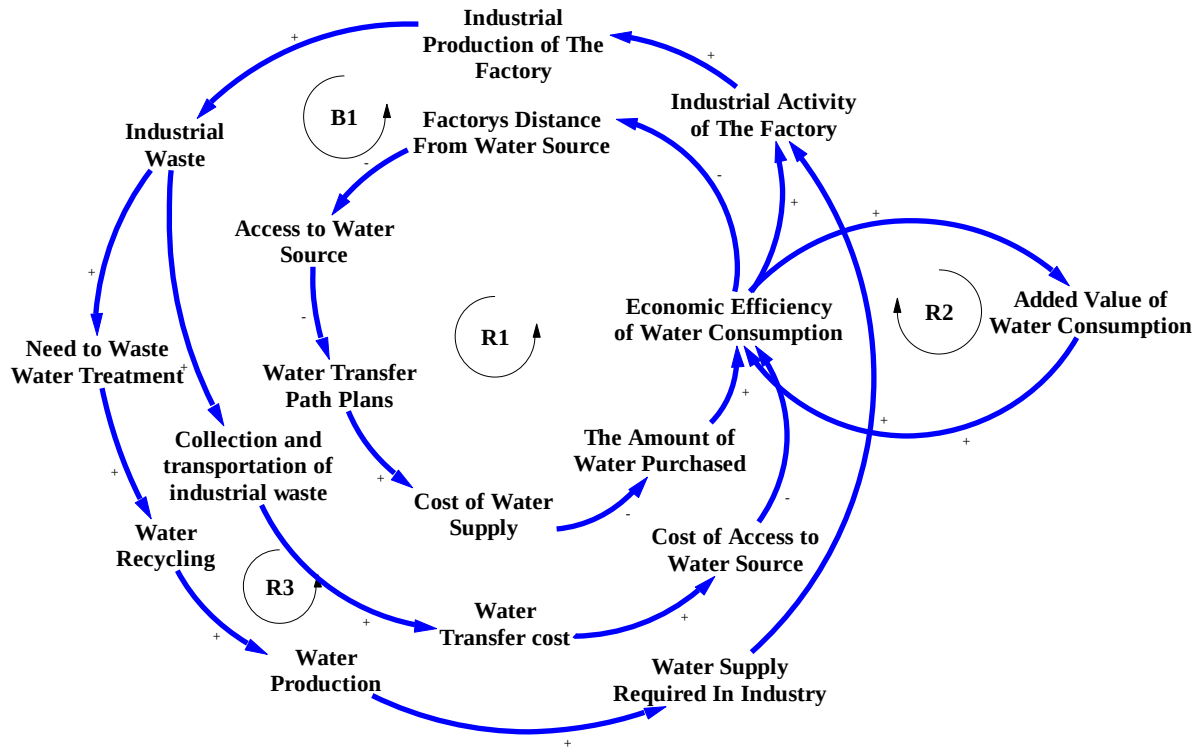

Fig. 7- System Dynamics Loop addressing the Central places (Christaller) theory
شکل ۷- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر تئوری مکان مرکزی (کریستالر)

مدل لاری یکی از مدل‌های ریاضی یا نمادی (مدل‌هایی هستند که با افکار انتزاعی شروع و با استفاده از علایم، نشانه‌ها و رمزها ثبت می‌شوند) است. این مدل‌ها دامنه وسیعی دارند به طوریکه از فرمول شیمیایی ساده آب تا مـدل‌های تشکیل شده از یک سری معادلات ریاضی کـه ویژگی‌ها و خصوصیات تـوسعه را نشان می‌دهند، یک مـدل ریاضی به شمار می‌رونـد. مدل‌های ریاضی داده‌خوار بـوده و اطلاعات زیادی را طلب می‌کنند. با وجـود آن که ساخت اولی ایـن مـدل‌ها دشواری است، بـه آسانی قابل تعدیل و اصلاح می‌باشند (Wilson, 1968; Lee, 1973).

در مدل لاری جمعیت تابع فعالیت‌های پایه و فعالیت‌های غیر پایه تابع جمعیت قرار داده می‌شود. جامع‌ترین مدل بزرگ مقیاس، مدلی است که لاری برای پیتربورگ طراحی کرد. مدل لاری روی سه سیستم مرتبط شهری یعنی اشتغال، جمعیت و حمل و نقل تأکید دارد. ایشان از روش اقتصاد پایه برای تعیین میزان فعالیت‌ها استفاده کرده است. در مدل لاری فرض این است که موقعیت مکانی اشتغال پایه، مستقل از الگوی مکانی سایر فعالیت‌ها مثل اشتغال غیرپایه و جمعیت است و این فعالیت‌ها از لحاظ مکانی به اشتغال پایه وابسته هستند. به عبارت دیگر عامل تعیین‌کننده در کاربری اراضی اشتغال پایه است. مدل لاری به صورت تکرار[۱۲] عمل می‌کند به طوری‌که ابتدا اشتغال پایه در حوزه‌های مختلف یک شهر را درنظر گرفته و سپس اشتغال غیرپایه و جمعیت وابسته به آن را با تکرار به دست می‌آورد (Gross, 1982; Wilson, 1968; Lee, 1973). لازم به ذکر است که ۸۰ درصد از مدل‌های بعدی بر اساس ساختار مدل لاری طراحی شده‌اند. از جمله مدل‌هایی که بر اساس مدل لاری توسعه و یا طراحی شدند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) مدل گارین لاری[۱۳]؛
۲) مایکل اچنیک؛
۳) مدل مایکل بتی[۱۴]؛
۴) مدل آلن ویلسون؛
۵) مدل تپاز[۱۵]

در سال ۱۹۹۱، استفان پوتمن مدل Integrated Transportation and Land Use package را ارائه کرد که از چهار ماجول ساخته شده بود (Putman, 1991):

۱) مدل تخصیص اشتغال[۱۶]؛
۲) مدل تخصیص مسکونی غیرمتراکم[۱۷]؛

۳) مدل مصرف زمین[۱۸]؛
۴) دو مدل متمرکز حمل و نقل[۱۹]
۴-۱) تفکیک سفر[۲۰]؛
۴-۲) تخصیص شبکه‌ای سفر[۲۱]

مدل لاری را می‌توان از منظر منابع آب مورد بررسی قرار داد. مدل لاری یکی از جامع‌ترین مدل‌هایی است که می‌توان اکثر پارامترهای دخیل در منابع آب (شرب برای جمعیت، شاغلان بخش کشاورزی و شاغلان بخش صنعت) را لحاظ نمود. برای درنظر گرفتن این پارامترها، مدل نیازمند اطلاعات جمعیت (شرب)، جمعیت شاغل در بخش کشاورزی، شاغلان در بخش صنعتی و بخش خدمات است. از جمله خصوصیات مهم مدل لاری این است که سه عنصر نیاز آبی یک شهر (شرب، کشاورزی و صنعت) به همراه پیش‌بینی وضعیت تأمین آب در آینده مؤلفه‌های اصلی آن را تشکیل می‌دهند. مدل لاری ابعاد نیاز آبی یک شهر را وابسته به رابطه فعالیت‌ها اعم از کشاورزی و صنعتی در یک ناحیه می‌داند و بر اساس تعداد افراد شاغل در این بخش‌ها، به پیش‌بینی تخصیص آب لازم برای انواع فعالیت‌ها می‌پردازد. ساختار مدل لاری به گونه‌ای است که جمعیت را تابع رشد فعالیت‌های پایه (کشاورزی و صنعتی) و نیاز شرب را تابع جمعیت درنظر می‌گیرد.

مدل لاری به گونه‌ای طراحی شده است که برروی سه سیستم مرتبط نیاز آبی یعنی فعالیت کشاورزی و صنعتی، شرب و تأمین آب تأکید دارد. در مدل لاری فرض این است که موقعیت مکانی صنایع و فعالیت‌های آب‌بر، مستقل از الگوی مکانی سایر فعالیت‌ها که نیاز آبی کمتر دارند، می‌باشد و این فعالیت‌ها از لحاظ مکانی به منابع آب وابسته هستند. به عبارت دیگر عامل تعیین کننده در کاربری اراضی، آب یک منطقه است. مدل لاری به صورت تکرار عمل می‌کند به طوریکه ابتدا منابع آب مورد نیاز در حوزه‌های مختلف را درنظر گرفته و سپس نیاز آبی جمعیت (شرب) را با تکرار به دست می‌آورد.

در ادامه می‌توان ماجول‌های مدل استفان پوتمن را از منظر مدیریت منابع آب به شرح زیر بازنویسی نمود:
۱) مدل تخصیص منابع آب برای فعالیت کشاورزی؛
۲) مدل تخصیص منابع آب برای فعالیت صنعتی؛
۳) مدل تخصیص منابع آب شرب؛
۴) دو مدل متمرکز برای انتقال آب
۴-۱) تفکیک منابع تأمین آب (اعم از منبع آب ورودخانه و غیره)؛
۴-۲) تخصیص شبکه‌های انتقال آب

یکی از مشکلات این مدل، سمت‌گیری غلط است، زیرا این مدل وابسته به نوع فعالیت تک تک اعضای خانوارها می‌باشد به عنوان مثال، اگر یکی از خانوارها پیش از این در بخش کشاورزی فعالیت داشته باشد، این مدل آن شخص را در بخش کشاورزی لحاظ کرده و در نتیجه برای برآورد نیاز آبی علاوه بر شرب، بخش کشاورزی را نیز لحاظ می‌کند.

حال اگر همان فرد تغییر شغل داده و در بخش خدمات فعالیت کند، مدل می‌بایست به روز شده و نیاز آبی آن را تنها در بخش خدمات و شرب لحاظ کند. اگر این موضوع به درستی انجام نگیرد، نیاز آبی این فرد علاوه بر خدمات و شرب، در بخش کشاورزی نیز لحاظ می‌گردد که در این صورت مدل سمت‌گیری غلط دارد.

۴-۷- بررسی مدل جاذبه در سیاست‌گذاری بخش مدیریت تقاضای آب کشور

این مدل از قانون جاذبه نیوتن گرفته شده است، در واقع یکی از بزرگ‌ترین امانت‌هایی که جغرافیدانان از علوم فیزیکی گرفته‌اند همین نظریه جاذبه است. قانون نیوتن در فیزیک برای دو جسم به جرم‌های M_1 و M_2 که به فاصله d از هم قرار دارند با نماد ریاضی به صورت رابطه ۲ بیان می‌گردد:

$$F=G.\frac{M_1M_2}{d^2} \qquad (۲)$$

که در آن F نیروی کششی یا جاذبه و G مقدار ثابت جهانی یا شاخص مقیاس است. این رابطه بدین معنی است که مقدار فعل و انفعال بین دو جسم با جرم آن‌ها متناسب و با مربع فاصله آن‌ها نسبت عکس دارد (Baldwin and Taglioni, 2006).

مدل گرانش رایج‌ترین نمونه مدل‌سازی تعامل و هم‌کنشی فضایی است. مدل گرانش از دو متغیر برای پیش‌بینی یا تخمین حجم تعامل فضایی بین یا بین مکان‌ها (شهر، شهرستان یا مکان‌های دیگر) استفاده می‌کند، این دو متغیر شامل مجموع جمعیت مکان اول و مجموع جمعیت مکان دوم و همچنین فاصله جداکننده این مکان‌ها می‌باشد که آن را می‌توان به صورت رابطه ۳ بیان کرد:

$$M_{ij}=k\frac{P_iP_j}{d_{ij}^b} \qquad (۳)$$

M_{ij} هم کنشی (جاذبه) بین دو مرکز، P_i، P_j جمعیت دو مرکز و d_{ij} اندازه فاصله است که آن‌ها را از هم جدا می‌کند. مقادیر k و b بسته به مجموعه داده‌های خاص متفاوت است (Fotheringham, 2001; Wheeler, 2005).

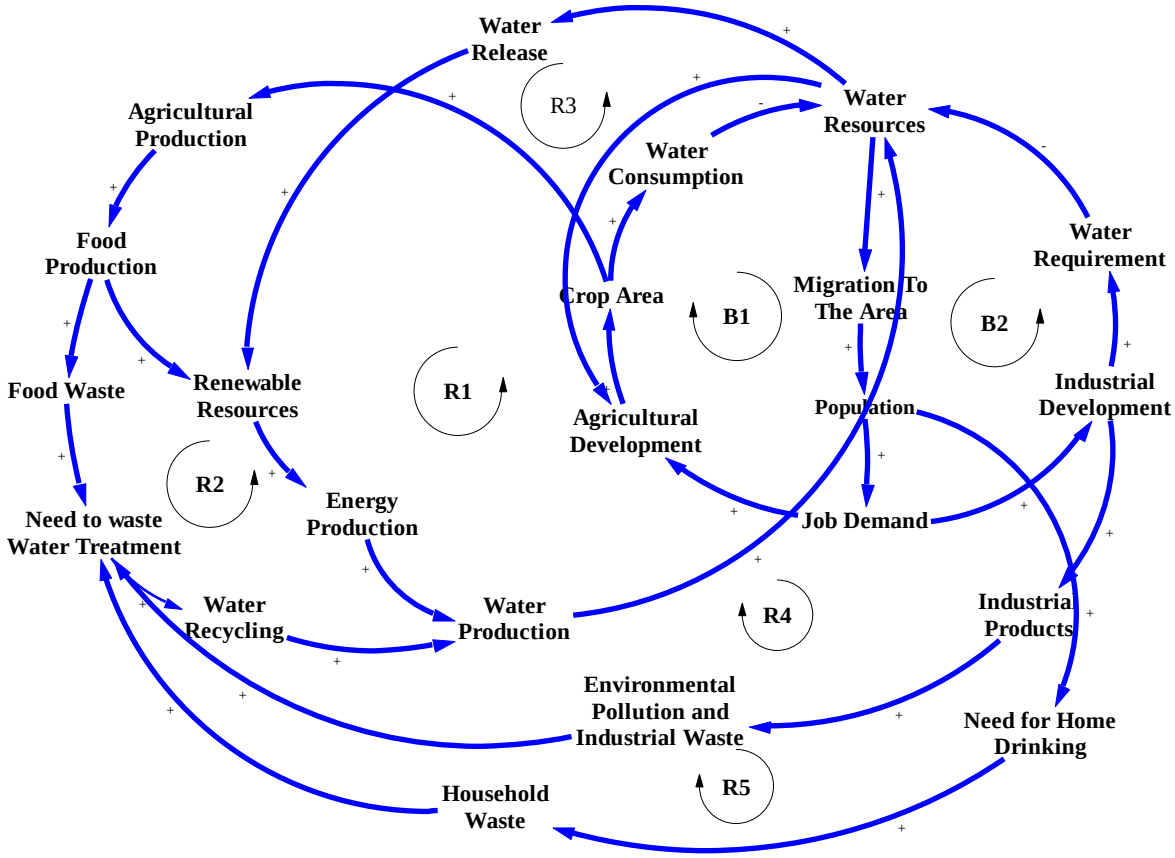

Fig. 8- System dynamics loop addressing the Lawry model

شکل ۸- حلقه پویایی سیستمی ناظر برمدل لاری

در تحقیقات جغرافیایی، تحلیل‌های مکانی و فضایی و نیز برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای، عنصر فاصله نقش بزرگی را دارد. در الگو و مدل‌های اولیه بر عامل فاصله بیش از سایر عوامل تأکید می‌شود، به طوری‌که فاصله در الگو کشت فن تونن، عمده‌ترین نقش را به عهده دارد. فاصله اقتصادی و دامنه کالا اساس تئوری مکان کریستالر است و فاصله حمل و نقل محصولات تا بازار بیشترین سهم را در نظریه بازار لوش به خود اختصاص می‌دهد. از طرف دیگر مسافت و فاصله در مدل پخش فضایی‌ها گرستراند و مدل جاذبه، عامل اصلی است و در تحلیل فضاهای جغرافیایی، سازمان‌یابی فضایی و استقرار سکونتگاه‌ها و نحوه کارکرد و توزیع آن‌ها در فضا و پخش نوآوری‌های اجتماعی، اقتصادی براساس عامل مسافت یا فاصله تعیین می‌شود. جغرافیدانان مدت‌های زیادی است که دسترسی را به عنوان یک ضابطه، شاخص و مؤلفه اصلی در بحث‌های خود به کار می‌برند. اسمیت از دسترسی به عنوان مبنا در برنامه‌ریزی مکان یاد می‌کند. ضمن اینکه پرد و ناکس هر دو معتقدند که اهمیت اندازه‌گیری (کیفیت زندگی) در دسترسی به خدمات و سرویس‌ها، عامل کلیدی است همچنین کونینک از مقاله خود چنین نتیجه می‌گیرد: دسترسی همچون یک مفهوم بسیار اساسی وکلیدی در برنامه‌ریزی شهری و حمل و نقل ظاهر می‌شود که چگونگی بیشترین فعالیت‌ها و تحرکات پدیده‌های شهری را بیان می‌دارد و هم‌کنشی، مبادلات و فرصت‌ها را فراهم می‌نماید. به علاوه در گروهی از مطالعات سعی شده که دسترسی از طریق متغیرهایی در داخل یا خارج از مدل‌های شهری، آزمایش گردد. در این بازه تجربه خیلی متداول به مفهوم اساسی جاذبه یا هم خانواده‌های گسترش یافته از مدل‌های هم کنشی فضایی مربوط است (Parhizgar, 1998).

اولین نظریه‌ای که واکنش متقابل تعدادی از فعالیت‌های انسانی را در سازمان فضایی سرزمین مورد بررسی قرار می‌دهد، تئوری مدل جاذبه است. بر اساس این مدل می‌توان نقطه جدایی بین دو سرزمین (از لحاظ تجارت آب مجازی) را تعیین کرد. فرمول جاذبه اصلاح شده به شکل رابطه ۴ است:

$$B.Pij=\frac{Tij}{1+\sqrt{\frac{pik1}{pjk2}}} \quad (۴)$$

که در آن: B.P نقطه جدایی، Tij زمان دسترسی دوسرزمین i و j، Pi جمعیت شهر (تعداد افرادی که درسرزمین i زنـدگی می‌کنند سرزمین i (سرزمینی که جمعیت بزرگتری دارد) و Pj جمعیت شهر (تعداد افـرادی که در سرزمین j زندگی می‌کنند سرزمین j (سرزمینی که جمعیت کمتری را دارا می‌باشد) را نشان می‌دهند (Rezaei and Vosat, 2011).

حال در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب به تقلید از قانون جاذبه نیوتن، وقتی هدف بررسی فعل و انفعال متقابل بین دو منطقه (که متأثر از پارامترهای مختلف ساختاری مناطق و افراد و فعالیت‌های صورت گرفته در آن مناطق و منابع آب موجود است) باشد، فعالیت‌های متقابل مناطق i و j (تعداد افرادی که درسرزمین i (سرزمین بزرگ‌تر) زندگی می‌کنند یا مقدار محصول تولید شده در سرزمین i و مصرف شده در سرزمین j (سرزمین کوچک‌تر) به طور مستقیم با جرم‌های دو سرزمین و ویژگی‌های آن‌ها (نظیر ابعاد، جمعیت یا میزان آب موجود در سرزمین‌ها) متناسب است و با تابع فاصله بین سرزمین‌ها نسبت عکس دارد. لازم به ذکر است که مقدار هم‌کنشی بین دو ناحیه افزایش می‌یابد، اگر که P_i (مقدار جمعیت سرزمین i) و P_j (مقدار جمعیت سرزمین j) به منظور رفع نیازهای موجود در مناطق افزایش یابد و البته متغیرهای دیگر ثابت فرض می‌شوند. همچنین، هر گاه فاصله بین آن‌ها افزایش یابد، مقدار هم‌کنشی کاهش خواهد یافت. طبق مدل جاذبه، استان‌های موجود در یک حوضه آبریز، چنانچه دید کلان و در مقیاس حوضه نداشته باشند در این صورت استان‌های موجود در یک حوضه آبریز با هم از لحاظ منابع آب و تعامل برقرار نمی‌کند. همین عامل باعث مناقشه و اختلاف در بلند مدت می‌باشد.

۴-۸- بررسی مدل‌های دسترسی در سیاست‌گذاری بخش مدیریت تقاضای آب کشور

جغرافیدانان مدت‌های زیادی است که دسترسی را به عنوان یک ضابطه شاخص و مؤلفه اصلی در بحث‌های خود به کار می‌برند. Smith از دسترسی به عنوان مبنا در برنامه‌ریزی مکان یاد می‌کند. ضمن اینکه Pred و Knox هر دو معتقدند که اهمیت اندازه‌گیری کیفیت زندگی در دسترسی به خدمات و سرویس‌ها، عامل کلیدی است (Parhizgar, 1998). دسترسی همچون یک مفهوم بسیار اساسی و کلیدی در برنامه‌ریزی شهری و حمل و نقل ظاهر می‌شود که چگونگی بیشترین فعالیت‌ها و تحرکات پدیده‌های شهری را بیان می‌دارد و هم‌کنشی مبادلات و تحرکات، فرصت‌ها را فراهم می‌نماید. این مدل‌ها معمولا همراه با مسائل تحلیل فضایی و یا مدل‌های توزیع فعالیت هستند که می‌توان آن‌ها را برای توزیع سفر یک فعالیت خاص به کار برد (Litkouhi at el., 2018). این مدل‌ها شکل تکامل یافته مدل جاذبه هستند که فاکتورهای دیگری نظیر اندازه خدمات مناطق، زمان سفر، حداکثر فاصله پیاده‌روی، مجموعه فرصت‌های قابل دسترسی برای خانوار و غیره به آن اضافه شده‌اند.

کاربرد مدل دسترسی در مدیریت منابع آب واقع‌گرایانه می‌باشد؛ چرا که ساختار مدل بگونه‌ای است که کیفیت زندگی افراد ساکن در یک منطقه را در دسترسی به منابع آب و انجام خدمات و سرویس‌ها وابسته به آب می‌داند. برای بررسی تطبیقی کاربرد مدل دسترسی با آمایش کشور می‌توان به افراد ساکن در مناطق مرز نشین (شرق و شمال شرق کشور) اشاره کرد؛ زیرا اکثر منابع آب این مناطق وابسته به آب ورودی از کشور همسایه (افغانستان) است و این مناطق به خاطر مسائل امنیتی و سیاسی حائز اهمیت می‌باشد. کیفیت زندگی مردم و دسترسی به منابع آب در حوضه آبریز شرق و شمال شرق کشور به صورت قابل توجهی به آب ورودی رودخانه هیرمند و هریرود بستگی دارد. با درنظر گرفتن مدل‌های دسترسی بحث‌ها و ایده‌های انتقال آب مطرح می‌شود.

با توجه به اینکه که کیفیت زندگی افراد ساکن در یک منطقه در دسترسی به منابع آب و انجام خدمات و سرویس‌ها وابسته به آب مؤثر است، اقدام به انتقال آب از سایر مناطق به منطقه موردنظر می‌شود. دسترسی یک مفهوم بسیار اساسی و کلیدی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب ظاهر می‌شود و چگونگی بیشترین فعالیت‌ها و تحرکات پدیده‌های سرزمین را بیان می‌دارد. این مدل‌ها معمولا همراه با مسائل تحلیل فضایی و یا مدل‌های توزیع فعالیت هستند که می‌توان آن‌ها را برای توزیع آب برای یک فعالیت خاص به کار برد. این مدل‌ها شکل تکامل یافته مدل جاذبه هستند که فاکتورهای دیگری نظیر خدمات و فعالیت‌های مرتبط با آب یک سرزمین، حداکثر فاصله از منبع آب، مجموعه فرصت‌های قابل دسترسی به منابع آب برای خانوار و غیره به آن اضافه شده‌اند. شکل ۱۰ حلقه سیستمی مدل دسترسی را نشان می‌دهد.

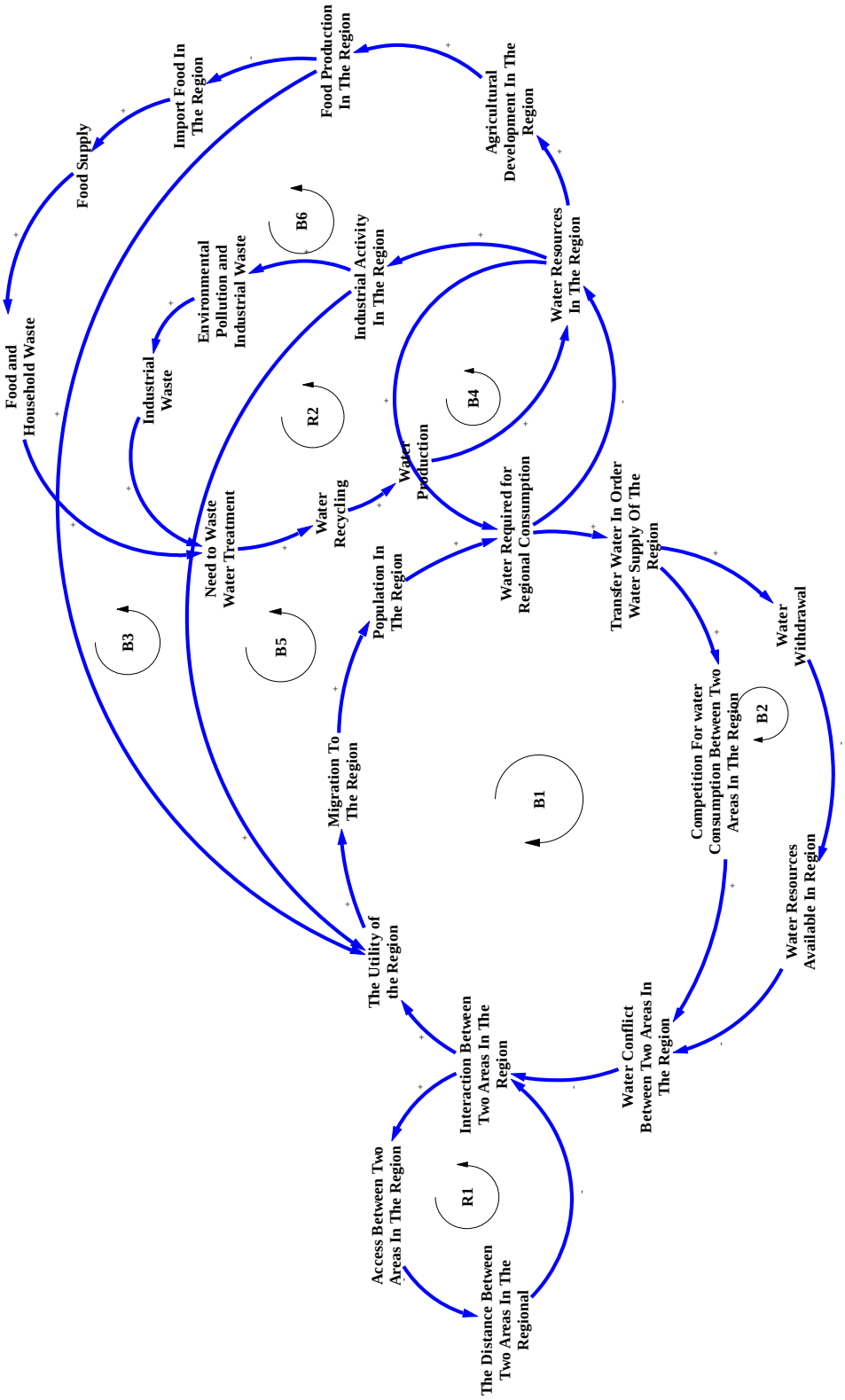

Fig. 9- System dynamics loop addressing the Gravity model

شکل ۹- حلقه پویایی سیستمی ناظر برمدل گرانشی

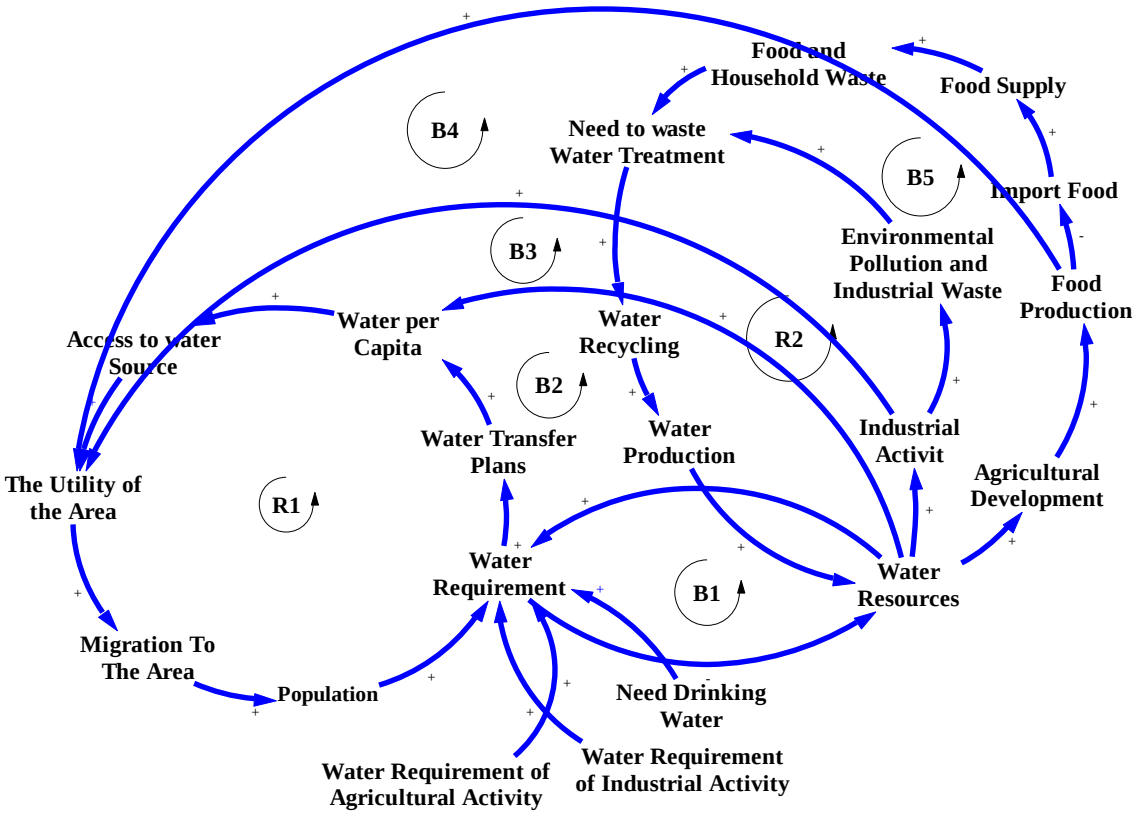

Fig. 10- System dynamics loop addressing the Access model

شکل ۱۰- حلقه پویایی سیستمی ناظر برمدل دسترسی

۴-۹- مدل دسترسی هنسن (Hansen, 1959)

این مدل برای پیش‌بینی مکان جمعیت طراحی شده است و فرضیه اساسی آن، دسترسی به مراکز اشتغال می‌باشد به گونه‌ای که عامل اصلی در تعیین مکان جمعیت در مدل دسترسی هنسن (Hansen, 1959)، دسترسی به مراکز اشتغال بوده و شاخص دسترسی به مراکز اشتغال برای هر منطقه در این مدل مطابق رابطه ۵ تعیین می‌گردد (Mohammadi and Akbari, 2012):

$$A_{ij} = \frac{E_J}{{d_{ij}}^b} \qquad (۵)$$

که در این رابطه، E_J، کل اشتغال در منطقه j، d_{ij} فاصله بین منطقه i و j و b توان فاصله هستند. شاخص کلی دسترسی برای هر منطقه i مجموع تمام تک شاخص‌ها است. بنابراین:

$$A_i = A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} + \cdots$$

مدل هنسن هم یکی از مدل‌های مهمی است که می‌توان از طریق دسترسی به منبع آب به پیش‌بینی مکان جمعیت پرداخته شود. این مدل برای پیش‌بینی مکان جمعیت طراحی شده است و فرضیه اساسی آن این است که دسترسی به منبع تأمین آب عامل اصلی در تعیین مکان جمعیت است و در آن شاخص دسترسی به منابع آب برای هر منطقه تعیین می‌شود.

در واقع این مدل یک مدل صرفاً جاذبه‌ای نیست؛ زیرا براساس روابط متقابل میان مناطق ساخته نشده است. صحیح‌تر آن است که این مدل را به عنوان مدل پتانسیلی توصیف نمود. طبق مدل هنسن، برای بیان رابطه میان مکان جمعیت و منبع آب می‌توان از شاخص دسترسی استفاده نمود. این شاخص، دسترسی به منابع آب را برای هر منطقه تعیین می‌کند و به‌صورت رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$W_{ij} = \frac{E_J}{{d_{ij}}^b} \qquad (۶)$$

که در این رابطه، d_{ij} فاصله بین منطقه i و j، b توان فاصله و E_J کل منابع آب در منطقه j هستند. شاخص کلی دسترسی برای هر منطقه i مجموع تمام تک شاخص‌ها است. بنابراین:

$$W_i = W_{i1} + W_{i2} + W_{i3} + \cdots$$

این مدل یکی از مدل‌های مهم و اساسی است که سیاست‌گذاران بخش آب در تصمیم‌گیری کشور می‌توانند از آن استفاده کنند؛ زیرا فرضیه اساسی این مدل بگونه‌ای است که دسترسی به منبع تأمین آب را عامل اصلی در تعیین مکان جمعیت می‌داند. اگر در سیاست‌گذاری بخش آب به این نکته توجه شود که جمعیت در مکان‌هایی که منبع آب بیشتری دارد، متمرکز شود، مشکلاتی که هم اکنون کشور درگیر آن است، پیش نمی‌آمد. همچنین، اگر این مدل مورد توجه قرار می‌گرفت، هیچگاه کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، که نیاز آبی بیشتری دارند، در مناطقی که آب کافی حتی برای شرب وجود ندارد (مثل کارخانه فولاد)، قرار نمی‌گرفت. البته با افزایش جمعیت در مناطقی که منابع آب کافی دارد خود این روند، در بلند مدت باعث کاهش منابع آب منطقه و در نتیجه به وجود آمدن مشکلات و بحران آب در منطقه نیز می‌شود.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نظریه‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای در راستای تقویت و تدوین برنامه‌ریزی فضایی مطرح و توسعه داده شده است. در این راستا نامشخص بودن توجه به محدودیت منابع بالاخص منابع آب موجب ناپایداری در توسعه فضایی در یک منطقه شده است. با توجه به اینکه فضا چیزی جزء رابطه متقابل و تعامل بین انسان و محیط نمی‌باشد. بطوری‌که انسان، محیط زیست و منابع طبیعی (منابع آب) پیرامون خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا بدون داشتن تحلیل مناسب از عواملی مؤثر بر مصرف آب در یک منطقه، استفاده از نظریه‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای نه تنها موجب توسعه فضایی در یک منطقه شده بلکه در بلند مدت، اختلاف و مناقشات زیادی را در منطقه به وجود می‌آورد. در این راستا هدف از تحقیق پیش رو تبیین محدودیت منابع آب در نظریه‌های توسعه منطقه‌ای می‌باشد.

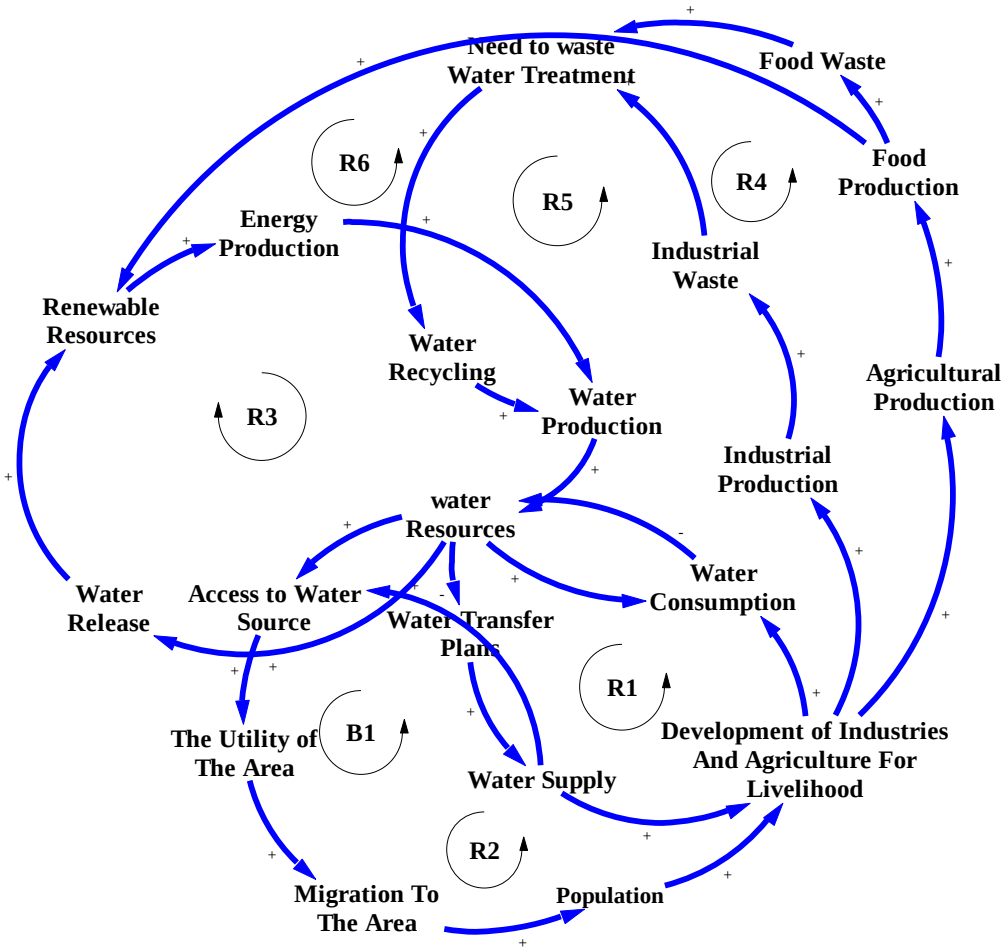

Fig. 11- System dynamics loop addressing the Hansens Access Model

شکل ۱۱- حلقه پویایی سیستمی ناظر بر مدل دسترسی هنسن

بدین منظور به تحلیل نه نظریه برنامه‌ریزی فضایی منطقه‌ای و آشکار نمودن تعاملات اجزای این نظریه‌ها با تأکید بر بحث منابع آب با استفاده از رویکرد سیستمی و ابزار حلقه‌های علیتی منبعث از دانش پویایی سیستم‌ها پرداخته شده است.

در حالت کلی، هرچند استفاده کردن از این نظریه‌ها در کوتاه‌مدت در برنامه‌ریزی فضایی منطقه با تأکید بر محدودیت منابع آب می‌تواند مؤثر واقع شود؛ اما در بلند مدت باعث به وجود آمدن مشکلات و محدودیت‌های بیش‌تر در منابع آب می‌شود. طبق بررسی‌های صورت گرفته، بر اساس نظریه مکانیابی کشاورزی فن تونن، مکانیابی کشاورزی در نزدیکی منابع آب در بلند مدت موجب تشدید و بحرانی شدن وضعیت منابع آب منطقه نیز خواهد بود و بهتر است که فعالیت‌های که بهره‌وری اقتصادی بالایی دارند در نزدیکی منابع آب مکانیابی شوند. طبق نظریه لانهارد می‌توان نتیجه گرفت که هرچه فاصله کارخانه مورد نظر از منبع تأمین آب افزایش پیدا کند نهایتاً با گذشت زمان و در بلندمدت، با افزایش هزینه انتقال آب برای انجام فعالیت، بهره‌وری اقتصادی آن فعالیت صنعتی کاهش پیدا می‌کند. در تئوری وبر سه عامل هزینه‌های نیروی کار، هزینه‌های انتقال آب به صنایع کارخانه مورد نظر و نیز امتیازات تمرکز و یا عدم تمرکز صنایع، بر مکانیابی صنعتی تأثیرگذار هستند. در نتیجه می‌توان با استفاده از این نظریه تأثیر نیروی کار و هزینه انتقال آب بر میزان بهره‌وری اقتصادی صنایع مورد نظر و در نتیجه مکانیابی صنایع را بررسی نمود. تئوری هوور در مقایسه با تئوری وبر، هزینه‌ها را با روش واقع‌گرایانه‌تری به هزینه‌های تأمین آب و هزینه‌های تولید تقسیم می‌کند. برای مثال، هزینه‌های تأمین آب مورد نیاز کارخانه تنها متأثر از مقدار آب و فاصله از منبع آب نبوده و جهت انتقال و طول انتقال آب نیز تأثیرگذار خواهد بود. طبق نظریه کریستالر، عامل هزینه انتقال و تأمین آب، از موارد تعیین کننده محسوب می‌شود، یعنی مصرف‌کنندگان برای گریز از پرداخت هزینه زیاد انتقال، به نزدیکترین مکان مرکزی مراجعه می‌کنند. درصورتی‌که مصرف‌کننده‌ای به مکان مرکزی دورتری مراجعه کند باید هزینه تأمین آب بیشتری را بپردازد، مقدار آب کمتری را بخرد. نتیجه این عملکرد، کاهش تقاضا با توجه به عامل فاصله از مکان مرکزی است. مدل لاری یکی از جامع‌ترین مدل‌هایی است که اکثر پارامترهای دخیل در منابع آب (شرب برای جمعیت، شاغلان بخش کشاورزی و شاغلان بخش صنعت) را لحاظ می‌کند. برای درنظر گرفتن این پارامترها، مدل نیازمند اطلاعات جمعیت (شرب)، جمعیت شاغل در بخش کشاورزی، شاغلان در بخش صنعتی و بخش خدمات است.

طبق مدل جاذبه، استان‌های موجود در یک حوضه آبریز، چنانچه دید کلان و در مقیاس حوضه نداشته باشند در این صورت این استان‌ها با هم از لحاظ منابع آب و مشکلات زیست‌محیطی تعامل برقرار نمی‌کنند. همین عامل باعث به وجود آمدن مناقشه و اختلاف در بلند مدت نیز می‌باشد. برای بررسی تطبیقی کاربرد مدل دسترسی با آمایش کشور می‌توان به افراد ساکن در مناطق مرز نشین (شرق و شمال شرق کشور) اشاره کرد؛ زیرا اکثر منابع آب این مناطق وابسته به آب ورودی از کشور همسایه (افغانستان) می‌باشد و منابع آب ورودی از این کشور به کشور ایران به خاطر مسائل امنیتی و سیاسی در این مناطق حائز اهمیت می‌باشد. طبق مدل هنسن در سیاستگذاری بخش آب، جمعیت بایستی در مکان‌هایی که منبع آب بیشتری دارد، متمرکز شود، مشکلاتی که هم اکنون کشور درگیر آن است، ناشی از عدم توجه به این اصل نیز می‌باشد؛ زیرا اگر این مدل در برنامه‌ریزی فضایی نیز مورد توجه قرار می‌گرفت، هیچگاه کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، که نیاز آبی بیشتری دارند (مثل کارخانه فولاد)، در مناطقی که آب کافی حتی برای شرب ساکنین در این مناطق وجود ندارد. مکان‌یابی نمی‌شد. البته طبق مدل هنسن با افزایش جمعیت در مناطقی که منابع آب کافی دارد خود این روند، در بلند مدت باعث کاهش منابع آب منطقه و در نتیجه به وجود آمدن مشکلات و بحران آب در منطقه نیز می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1- Dependent Variable
2- Independent Variable
3- Coefficients
4- Effect
5- Withdrawal to Availability
6- Water Supply Stress Index
7- Physical and Economical Scarcity
8- Circular Process
9- Feedback Loops
10- Interdependent
11- Correlation
12- Iteration
13- Garin-Lowry Model
14- Batty
15- Topaz
16- Model Employment Allocation
17- Disaggregated Residential Allocation Model
18- Land Consumption Model
19- Two Transportation Focused Model
20- MSPLT: Modal Split
21- Network: Network Assignment

۶- مراجع

Ameri M, Barg Gol A (2006) Modeling land use allocation in the region based on access and value added. Transportation Research Journal, Fourth Year, Second Issue, Spring (In Persian)

Baldwin R, Taglioni D (2006) Gravity for dummies and dummies for gravity equations. National Bureau of Economic Research 1050 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02138 September 2006

Christaller W (1933) Die zentralen Orte in Süddeutschland. Fischer, Jena

Christaller W (1966) Central places in Southern Germany. Prentice-Hall, Englewood Cliffs

Dwyer D J (1986) Land use and regional planning problems in the new territories of Hong Kong. The Geographical Journal 152(2):232-242

Ezzat Panah B, Bakhtiari L (2015) Spatial evaluation of industrial estates from the investment dimension using hierarchical analysis (Case study: Kashan). Journal of Urban Research and Planning 7(27):111-126 (In Persian)

Farajzadeh M, Rostami M (2004) Evaluation and location of urban education centers using Geographic Information System (GIS). Human Sciences Modares 8(1):133-152 (In Persian)

Fotheringham A S (2001) Spatial interaction models. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences,

University of Newcastle, UK, Pages 14794-14800

Friedrich C J (1929) Alfred webers theory of location of industries. University Of Chicago

Green L, Kolesar P (2004) Improving emergency responsiveness with management science. Columbia Business School, 408 Uris Hall, 3022 Broadway, New York, NY 10027

Gross M (1982) The Lowry model of land use simulation and its derivatives. Computers, Environment and Urban Systems 7(3):197-211

Hansen W G (1959) How accessibility shapes land use. Journal of the American Institute of Planners 22(2):73-76

Heidari R, Rostami M (2015) Submitting and evaluating a model for locating optimal sites for establishing fire stations through GIS (Case Study: Kermanshah City). Human Settlements Planning Studies Journal 29:87-99 (In Persian)

Hersperger A, Oliveira E, Pagliarin S, Palka G, Verburg P, Bolliger J, Grădinaru S (2018) Urban land-use change: The role of strategic spatial planning. Global Environmental Change 51:32-42

Hjorth P, Bagheri A (2006) Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. Futures 38:74-92.

Hoover E M (1949) The location of economic the economic. The Economic Journal 59(234):221-223

Hybel A M, Godskesen B, Rygaard M (2015) Selection of spatial scale for assessing impacts of groundwater-based water supply on freshwater resources. Journal of Environmental Management 160:90-97

Karami M, Coobchian Sh, Kalantari Kh (2011) Site selection for handy craft market in South Khorasan Province using analytical hierarchy process (AHP). Urban-Regional Studies and Research Journal 4(15):21-36

Khisty C J, Lall B K (2003) Transportation engineering; An introduction. 3rd ed., Prentice Hall of India

Lee C (1973) CHAPTER 6- The Lowry Model, an introduction to the use of quantitative models in planning .Urban and Regional Planning Collection 4:112-489

Litkouhi S, Charkhchian M, Jahanbakhsh H (2018) Center for editing and producing books and educational content. Location theories, Book code in Gisum: 11564214 (In Persian)

Ludwig F, van Slobbe E, Cofino W (2014) Climate change adaptation and integrated water resource management in the water sector. Journal of Hydrology Journal of Hydrology. 518(B):235-242

Madani K (2014) Water management in Iran: What is causing the looming crisis? Journal of Environmental Studies and Sciences 4(4):315–328

Malczewski J (2009) Central place theory. International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition), Pages 127-131

Mohammadi J, Akbari M (2012) Spatial analysis and land use planning of Dogonbadan (Gachsaran). Quarterly Journal of Geographical Research 27(2):19-36 (In Persian)

Molinos-Senante M, Herndez- Sancho F, Mochol-Arce M, Sala- Garrido R (2014) A management and optimisation model for water supply planning in water deficit areas. Journal of Hydroly 515:139-146

Morita H, Hoshino S, Kagatsume M, Mizuno K (1997) An application of the land use change model for the Japan case study area. Interim Report IR-97-065, November. Luxemburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis

Mumtazan A (2004) Study of the performance of industrial towns in Khuzestan province. Ministry of Economy and Finance, Deputy for Economic Affairs (In Persian)

Parhizghar A (1997) Presenting an appropriate model for locating urban service centers by researching in models. Ph.D. Thesis in Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran (In Persian)

Parhizgar A (1998) Attraction and access models in urban and regional planning. Modares Magazine, No. 8th, Tarbiat Modares University, Tehran (In Persian)

Pedro-Monzonís M, Solera A, Ferrer J, Estrela T, Paredes-Arquiola J (2015) A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. Journal of Hydrology 527:482-493

Putman S (1991) Integrated urban models volume 2: New research and applications of optimization and dynamics (Routledge Revivals). Built Environment, Geography

Rezaei R, Vosat A (2011) Investigation of Tehran metropolitan area of influence by temporal method and gravity model. Land Use Planning, Third, the Second Issue of Autumn and Winter 2010 3:5-28

Richmond B (1993) Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. System Dynamics Review, Vol 6(2):113-133

Sasan A (1984) Economics of transportation and research in the roads of Isfahan province : Academic Jihad (Imam Reza (AS) Medical School). Book Code in Gisum: 144550 (In Persian)

Salahi Esfahani G, Marsous N, Nazari A (2006) Fundamentals of economic geography 2 (Geography). Payam Noor University, Book code in Gisum: 1342619 (In Persian)

Sterman J D (1985) An integrated theory of the economic long wave. Futures17(2):104-131

Sterman J, Oliva R, Linderman K, Bendoly E (2015) System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management. Journal of Operations Management 39-40(35):320-328

Sterman J D (2000) Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Irwin/McGraw-Hill

Von Thunen J H (1966) Isolated state. An English translation of "Der Isolierte Staat" by C.M. Wartenberg, ed. P. Hall. Oxford: Pergamon Press (Originally Published in1926)

Vörösmarty CJ, Pahl-Wostl C, Bhaduri A (2013) Water in the anthropocene: New perspectives for global sustainability. Current Opinion in Environmental Sustainability 5(6):535-538

Weber A (1909) Uber den Standort der industrien. Tranlated as Alfred Webers Theory of the Location of Industries. University for Chicago,1929

Wheeler J (2005) The gravity model. Geography, Encyclopedia of Social Measurement 115-123

Wilson A G (1968) Models in urban planning: A synoptic review of recent literature. Urban Studies 5(3):249-276