تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
Volume 17, No. 4, Winter 2022 (IR-WRR)
۲۵۲-۲۶۳

بحث و مناظره

نقدی بر مقاله "ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و ارزیابی مبتنی بر شاخص؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز زرینه‌رود"

مصطفی خورسندی[۱*]

چکیده

در مقاله اصلی، Mohammadi Sedaran et al. (2021) (DOR: 20.1001.1.17352347.1400.17.2.11.4) به ارزیابی ظرفیت برد منابع آب با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و سیستم شاخص‌ها در حوضه آبریز زرینه‌رود پرداخته‌اند. در مقاله فوق، مدل‌سازی حوضه آبریز با تمرکز بر کشاورزی با استفاده از مدل SWAT و شناسایی سیستم با استفاده از چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت انجام شده و سپس مجموعه‌ای از شاخص‌ها بر اساس مؤلفه‌های چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت برای تحلیل استفاده شده است. این پژوهش تحلیلی ارزشمند از سیستم مورد بررسی ارائه می‌دهد. با این وجود پژوهش فوق با توجه به عنوان استفاده شده، در زمینه تحلیل ظرفیت برد ایراداتی دارد که در این نقد مورد بحث قرار می‌گیرد. نقد حاضر بر اجزای مقالات فوق شامل (۱) مراجع استفاده شده و مسأله پژوهش، (۲) تعریف ظرفیت برد استفاده شده، (۳) روش شناسی و (۴) نتایج و شیوه تحلیل آن است. در این نقد، ابتدا چارچوب نظری نقد بیان می‌شود. سپس، بخش‌های مختلف مقاله مورد بررسی قرار خواهد گرفت. با بررسی هر بخش، ایراد وارد بر محتوای مذکور ارائه شده و مرجع‌های مناسب به همراه توصیه‌های روش‌شناختی در حین بررسی ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی: ظرفیت برد، ظرفیت برد منابع آب، جمعیت، پایداری.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

پاسخ به این نقد از لینک http://www.iwrr.ir/article_146532.html قابل مشاهده است.

۱- کاندیدای دکتری، مرکز آب، زمین و محیط زیست، دانشگاه INRS، کبک، کانادا.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۱ امکانپذیر است.

Discussion and Closure

A Discussion on "Assessment of Water Resources Carrying Capacity of the River Basins Using the Simulation Approach and Index-Based Evaluation Method; Case Study: Zarrineh-Roud Basin"

*M. Khorsandi[1 *]*

Abstract

In the original paper, Mohammadi Sedaran et al. (2021) (DOR: 20.1001.1.17352347.1400.17.2.11.4) assessed the water resources carrying capacity using a combined simulation-indicators system approach in the Zarrineh-Roud river basin. In the original paper, river basin modeling focuses on agriculture using the SWAT model, and system identification is made using the pressure-support-state framework. Then a set of indicators is used based on the pressure-support-state framework for system analysis. This research provides a valuable analysis of the system under study. However, according to the title used, the mentioned research has some drawbacks in carrying capacity assessment that will be addressed in this discussion. The present discussion criticizes different sections of the original article, including (1) literature review and research problem, (2) the implemented definition of the carrying capacity, (3) methodology, and (4) the results. In this discussion, first, the theoretical framework of the discussion is presented. Then, the different sections of the article will be examined. The objection to the content will be presented by reviewing each section, then appropriate references and methodological recommendations are provided during the review.

Keywords: Carrying Capacity, Water Resources Carrying Capacity, Population, Sustainability.

Received: February 16, 2022
Accepted: March 9, 2022

1- Ph.D. Candidate, Centre for Water, Earth,, and Environment, Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, Canada.
E-mail: mostafa.khorsandi@inrs.ca
*- Corresponding Author
Dor: 20.1001.1.17352347.1400.17.4.16.3

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

۱- چارچوب نظری نقد

تعریف و حوزه مطالعه در هر پژوهش باید جامع و مانع باشد. جامع به این معنی که تمامی قسمت‌های مرتبط با مسأله پژوهش را پوشش دهد و مانع به این معنی که از ورود مباحث غیرمرتبط جلوگیری کند. پس ابتدا اصول و فرضیات استفاده شده، به عنوان چارچوبی برای نقد بیان می‌شود. این اصول و فرض‌ها در شش بند، عبارتند از:

(۱) ظرفیت برد به معنای ظرفیت پذیرش و پشتیبانی از جمعیت است (Cohen, 1995; Goldin, 2014; Hui, 2015; Mallet, 2012). پس اگر پژوهشی به این امر نمی‌پردازد، مجاز نیست از عنوان ظرفیت برد استفاده کند.

ممکن است ظرفیت برد به اشتباه برای متغیرهای دیگر به کار گرفته شود. در این حالت، در این حالت، متاسفانه اشتباه پژوهش‌های گذشته دائماً تکرار می‌شود و در هر صورت، تمامی پژوهش‌ها گریزی از نقد علمی ندارند. تاکنون، عبارت‌های زیادی که دال بر نوعی از ظرفیت در یک سیستم هستند، به جای ظرفیت برد استفاده شده است. به عنوان مثال برای مفاهیم زیر، واژه‌های مناسب آن وجود دارد که برای بررسی آنها از مراجع مرتبط به هر کدام باید استفاده شود:

● ظرفیت سرزمین برای کشاورزی: که بیانگر زمین‌های مستعد کشت است. این ظرفیت با استفاده از مباحث تناسب اراضی برای کشاورزی سنجیده می‌شود (Hack-ten Broeke et al., 2019; Mesgaran et al., 2017).

● ظرفیت زمین‌های کشاورزی برای تولید غذا: که بیانگر حداکثر راندمان محصول در حالت تئوری است. این متغیر با تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در ارتباط مستقیم است و در اکولوژی با استفاده از مفهوم Net Primary Production ارتباط مستقیم دارد. در زمینه برنامه‌ریزی کشت، این ظرفیت با حاصل ضرب مقدار زمین کشاورزی در راندمان کشت به دست می‌آید (Andersen and Quinn, 2020; de Leeuw et al., 2019; Keenan et al., 2021; Robinson et al., 2018).

● ظرفیت جامعه کشاورزان برای استفاده از یک فنآوری یا دستاورد: بیانگر ظرفیت پذیرش جامعه کشاورزان برای فنآوری‌ها و روش‌های نو در عمل است (Lubell and Niles, 2019). این ظرفیت و افزایش آن، موضوع و دغدغه‌ی اصلی متخصصین ترویج و آموزش کشاورزی است.

● ظرفیت سازگاری: ظرفیت کشاورزان، یا افراد جامعه برای مدیریت کردن یک نیاز مانند مصرف یا تولید غذا، یا هر گونه تنش و بحران مثل کم آبی یا خشکسالی که تحت عنوان ظرفیت سازگاری شناخته می‌شود (Mesgaran and Azadi, 2018).

● ظرفیت منابع آب: این مقدار در ارتباط مستقیم با منابع آب تجدیدپذیر است. به دلیل اینکه تمامی منابع آب تجدیدپذیر قابل استفاده نیست، بخشی از آن تحت عنوان آب قابل برنامه‌ریزی شناخته می‌شود. به علاوه به دلیل حقابه‌های محیط‌زیستی که برای پایداری محیط زیست مورد نیاز هستند، بخشی کوچکتر از آب قابل برنامه‌ریزی باید مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات جهانی توسط Falkenmark et al. (2019) رقم ۴۰٪ آب تجدیدپذیر را پیشنهاد می‌کند که توسط روش‌های دیگر به روز رسانی شده‌اند (Falkenmark, 2008; Falkenmark and Lindh, 1974; Falkenmark et al., 2019).

● ظرفیت بارگذاری اقتصادی: این مقدار، بخشی از تحلیل‌های آمایش سرزمین به شمار می‌رود. این مقدار در ارتباط مستقیم با مفاهیم رشد اقتصادی و توسعه اقتصادی است. این دو مقوله در ادبیات حوزه اقتصاد با عنوان آستانه‌های رشد، یا آستانه‌های توسعه در مدل‌های اقتصادی شناخته می‌شود و نباید با ظرفیت برد یکسان در نظر گرفته شود (Arrow et al., 1995; Graymore, 2005; Meadows et al., 2006).

پس بر این اصل تأکید می‌شود که تحلیل ظرفیت برد منابع آب، تحلیلی است که جمعیت را به منابع آب و منابع دیگر توسط روش‌شناسی صحیح ارتباط می‌دهد.

(۲) ظرفیت برد به طور خاص به معنی ارتباط جمعیت با غذا (Porkka et al., 2017) و به طور عام به معنی ارتباط دادن ظرفیت جمعیت با نیازهای آن در سطوح مختلف می‌باشد (Mann, 2018). این بدان معنی است که اگر مسأله مورد بررسی ظرفیت برد می‌باشد، ولی تأمین غذا یا نیازهای انسان درنظر گرفته نشده است، آن تحلیل را نمی‌توان در حیطه مسائل ظرفیت برد لحاظ نمود.

در این راستا، نظریه نیازهای مازلو بیان می‌کند که انسان سلسله مراتب نیازهایی دارد که پس از تأمین هر سطح، فرد به سراغ تأمین سطح بالاتر می‌پردازد (Maslow, 1943). در این سلسله نیازها، سطح اول به نیازهای اولیه (خوراک، پوشاک، سرپناه) پرداخته که نمود فیزیکی دارند. سطوح بالاتر در این هرم، به نیازهای والاتر انسان می‌پردازد که البته ممکن است نمود فیزیکی و مادی نیز داشته باشند.

برای ارتباط دادن متغیر جمعیت به سایر متغیرها، نیاز به استفاده از یک روش‌شناسی مناسب است. این روش‌ها دو حالت را در بر می‌گیرند (Lane, 2010):

- تحلیل با فرض خودکفایی
- تحلیل با فرض عدم خودکفایی که به معنی تبادل (تجارت) با سایر مناطق است.

تحلیل در حالت دوم به معنی استفاده از تحلیل‌های اقتصادی در کنار تحلیل‌های فیزیکی است. در مورد نیازهای والای انسان (سطوح دوم و بالاتر در هرم نیازهای مازلو)، استفاده از تحلیل‌های جامعه‌شناسی و روان‌شناسی هم برای بررسی تأثیرات عوامل مختلف در تأمین این گونه نیازهای انسان ضروری به نظر می‌رسد (de Molina and Toledo, 2014; Mauerhofer, 2013; Tretyakova, 2013).

(۳) تعریف ظرفیت برد، براساس مفهوم پایداری است. تعریف پایداری برای یک سیستم مشخص است (Costanza and Patten, 1995) و باز تعریف دقیق‌تر آن با تکیه بر ظرفیت برد ارائه شده است (Ben-Eli, 2018). برای پیاده‌سازی مفهوم و اصول پایداری در سطح مدل‌سازی دو مکتب وجود دارند. مکتب اول تکیه بر شاخص‌ها (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010) و مکتب دوم مبتنی بر فرآیندها می‌باشد (Bagheri and Hjorth, 2007; Meadows et al., 2004, 2006). با نگاه به تعریف به روز پایداری و اصول آن توسط Ben-Eli (2018) در ادبیات جاری پژوهش، مکتب دوم توصیه می‌شود.

(۴) ظرفیت برد کمیتی برآمده از یک سیستم است. یک سیستم تاریخچه‌ای دارد و تاریخچه آن (وابستگی به مسیر طی شده)، تصمیمات کنونی را محدود می‌سازد. در مبحث روش‌شناسی، لازم است روشی استفاده شود که تاریخچه سیستم را نشان دهد (Gunderson and Holling, 2002; Haberl et al., 2016). به خصوص که تکانه جمعیت برای مدت‌ها برقرار است و در طول چندین نسل تغییر می‌کند. استفاده از شاخص‌های لحظه‌ای که تنها یک برهه از سیستم را نشان می‌دهند، اکیدا رد می‌شود و نتایج نامطمئنی ارائه می‌دهد.

(۵) تحلیل ظرفیت برد، تحلیلی مشروط[1] است. به این معنی که لازم است ابتدا قیود آن تصریح شود و سپس نتایج ارائه و تحلیل شوند (Lane, 2014).

(۶) تحلیل ظرفیت برد، تحلیلی از سیستم است که عدم قطعیت دارد. نه تنها داده‌های مورد استفاده دارای عدم قطعیت‌اند، بلکه ماهیت خود سیستم، مستعد تغییر و تحول است. همانگونه که تصمیمات گذشته، وضعیت کنونی سیستم را تعیین می‌کنند، سلسله تصمیمات کنونی هم آینده سیستم را تعیین و محدود می‌سازد. سیستم‌های انسان–محیط بـــه شدت پـــویا هستند و در سیر این سلسله تصمیمات دچار تغییرات جزیی یا بنیادین می‌شوند که در تحلیل‌ها عدم قطعیت ایجاد می‌کند (Arrow et al., 1995; Holling, 2001).

حال با بیان فرضیات فوق به تحلیل و نقد محتوای مقاله Mohammadi Sedaran et al. (2021) پرداخته می‌شود. سپس مراجع مناسب برای اصلاح این پژوهش ارائه شده و توصیه‌هایی برای پژوهش‌های آتی بیان می‌شود.

۲- مقدمه و مراجع

مطالعات محدودی در زمینه ظرفیت برد در ایران انجام شده است. ظرفیت برد، اغلب به عنوان فصلی از مطالعات آمایش سرزمین منطقه در گزارشات بیان می‌شود (Lane, 2010, 2014) که اغلب با روش‌های ایستا بـــرآورد شده‌اند [روش‌های اول تا پنجم بیان شـده تـــوسط Cohen (1995)]. ظرفیت بـرد منابع آب، بـــه معنی عمیق و تحلیلی آن در مراجع فارسی ایـــران همچنان وجود ندارد. Khorsandi et al. (2022) با علم به این موضوع، تحلیل ظرفیت برد در حالت خودکفا برای کشور ایران را ارائه نموده‌اند.

از سوی دیگر، روندی که در حال حاضر در کشور چین برای مطالعات ظرفیت برد طی می‌شود، حتی خلاف مقالات اولیه منتشر شده در خود این کشور است. همان طور که گفته شد، ظرفیت برد به معنی ظرفیتی برای جمعیت در کنار سایر عوامل مانند منابع آب است. این مقوله، در پژوهش Weihua et al. (1992) به طور واضح بیان شده است. ایشان بیان می‌کنند که ظرفیت برد "کلید ارتباط جمعیت، منابع و محیط زیست" به شمار می‌رود. ولی متأسفانه خود ایشان تعریف اساسی ظرفیت بـرد را بـــرای مقاصد پژوهشی خـــود تغییر داده‌انـد، کـه باعث شروع رویه‌ای اشتباه شده است. به نظر می‌رسد که پژوهش Weihua et al. (1992) و محتوای آن، نقش کلیدی در پژوهش Mohammadi Sedaran et al. (2021) ایفا می‌کند. به این دلیل، در ادامه تعریف این دو تحقیق از ظرفیت برد، ارائه و نقد می‌شود و سپس تعریف کنونی مورد قبول در دنیا ارائه خواهد شد.

۲-۱- تعریف ظرفیت برد

در کشور چین، Weihua et al. (1992) علیرغم آنکه به تعریف اصلی ظرفیت برد اشراف داشتند، در پژوهش خود تعریف آن را تغییر دادند. آنها در مقاله خود ابتدا بیان می‌کنند که:

"[Carrying capacity] which has long been used in ecology in the past, as the maximum limit of the number of livings which certain natural environment can bear".

با این وجود، ایشان تعریف بدعت‌گذارانه‌ای از ظرفیت برد ارائه کردند که به شرح زیر است:

"The definition of environmental carrying capacity in this paper is not confined to that. It also includes the conception of the effect of human activity, namely, the threshold of the effect of human activities which the environment in a given region can bear at a certain period and under certain conditions."

به دلیل مشکلاتی که چنین دستکاری‌ها در مفاهیم اولیه ایجاد می‌کند، تیمی متشکل از رشته‌های مختلف (شامل اقتصاد، اکولوژی، مدیریت، و محیط زیست) در مقاله‌ای به تبیین رابطه رشد اقتصادی، ظرفیت برد و محیط زیست پرداخته‌اند (Arrow et al., 1995). شاید دلیل اصلی این همه انحراف در برخی مقالات چاپ شده توسط محققان در کشور چین، همین تغییر مفاهیم اساسی ظرفیت برد و استنباط شخصی از آن برای مقاصد خاص است. مشکل زمانی تشدید می‌شود که پس از تغییر اصول اولیه در تحلیل‌های ظرفیت برد، ایشان نتایج نامربوط به دست آمده را مجددا به مفاهیم عامل اولیه (مانند برنامه‌ریزی منطقه‌ای و جمعیتی) ارتباط می‌دهند.

آنچه که Weihua et al. (1992) تحت عنوان تعریف کلی‌تر از ظرفیت برد ارائه نمودند، در ادبیات پژوهشی به عنوان "سرویس‌های اکولوژیک" شناخته می‌شود. سرویس‌های اکولوژیک به دو صورت منبع[۲] یا چاه[۳] عمل می‌کنند. برای اینکه این مفاهیم در تحلیل‌های ظرفیت برد استفاده شود، نیازی به تغییر تعریف نیست، بلکه کافی است به سرویس‌های اکولوژیک مورد استفاده اشاره شود (Biggs et al., 2012).

تعریف صحیح ظرفیت برد به صورت زیر است (Franck et al., 2011):

"Carrying capacity (K) describes the number of human beings that can be supported on a sustainable basis in a given area (or on the whole Earth) within natural resource limits and by human choices concerning social, cultural and economic conditions."

که ترجمه آن به صورت زیر است:

"ظرفیت برد بیان کننده تعداد افرادی است که توسط یک محدوده و به شکل پایدار تأمین می‌شوند، [که این تعداد] با درنظر گرفتن محدودیت‌های منابع طبیعی و انتخاب‌های انسانی است و شامل شرایط اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی است".

Mohammadi Sedaran et al. (2021) به درستی در متن به مفهوم ظرفیت برد، مانند زیر اشاره نموده‌اند:

"[ظرفیت برد] به طور کلی به حد بالایی [از] اندازه جمعیت و اقتصاد اشاره دارد که منابع و محیط زیست در یک منطقه خاص می‌توانند از آن پشتیبانی کنند، به نحوی که محیط زیست به خوبی حفظ شود و آسیبی نبیند."

علیرغم این اشاره صحیح به تعریف ظرفیت برد، در ادامه نویسندگان مقاله مورد نقد، همان روند مورد استفاده بعضی از محققان در کشور چین را به کار برده‌اند به صورتی که در ادامه تعریف مورد استفاده نویسندگان به صورت زیر است:

"حداکثر توانایی منابع آب برای پشتیبانی از مقیاس اجتماعی-اقتصادی، جمعیت و محیط زیست در یک برهه زمانی خاص است، که از فناوری قابل پیش‌بینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه به عنوان پایه، توسعه پایدار به عنوان اصل و حفظ چرخه زیست محیطی به عنوان شرط توسعه مناسب استفاده می‌کند."

تعریف فوق سنخیتی با تعریف صحیح ظرفیت برد منابع آب ندارد. اولین ایراد آن است که تأکید بر "پشتیبانی از ..." شده است. آنچه که این جمله به آن اشاره دارد، همانگونه که پیشتر ذکر شد، در ادبیات پژوهشی تحت عنوان سرویس‌های اکولوژیک شناخته می‌شود. در ادامه "*فناوری قابل پیش‌بینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه*" به عنوان پایه برای ظرفیت برد بیان شده است که ناکامل است. پایه ظرفیت برد همانگونه که به صورت مفهومی توسط Graymore et al. (2010) بیان شده است، دارای دو بخش است که در شکل زیر نمایش داده شده است:

در ادامه به مبحث پایداری و جایگاه آن در کنار ظرفیت برد پرداخته می‌شود. همچنین، "*حفظ چرخه زیست محیطی*" که تحت عنوان شرط توسعه بیان شده است، در واقع قید در فرآیند تحلیل ظرفیت برد محسوب می‌شود. شکل ۱ قائل به دو دسته قید برای "حفظ سیستم"

است و بیان می‌کند که این قیدها شامل (۱) محدودیت‌های اکولوژیک و (۲) محدودیت‌های اجتماعی–اقتصادی است.

نویسندگان مقاله مورد نقد، به مقالات متعددی ارجاع داده‌اند. چاپ مقالات آن نویسندگان در ژورنال‌های معتبر به معنی استفاده منصفانه ایشان از علم روز نیست و نقد کارهای ایشان جایگاه خود را می‌طلبد. این مراجع دامنه کافی از ادبیات تحقیق را پوشش نمی‌دهد و عمدتاً محدود به پژوهش‌های انجام شده در کشور چین می‌باشد.

به نظر می‌رسد انگیزه نویسندگان در کشور چین به دو دسته تقسیم می‌شود: (۱) جمعیت بسیار زیاد چین به عنوان پر جمعیت‌ترین کشور جهان و اولویت این مسأله در دانشگاه‌های آن کشور و (۲) حمایت و فشار زیاد سیستم آموزشی کشور چین بر چاپ مقالات بیشتر توسط پژوهشگران. به نظر می‌رسد که این دو انگیزه در حال حاضر در کشور ایران نیز حضور دارد و یکی از دلائل نگارش این نقد، کمک به پژوهشگران ایرانی برای جلوگیری از تکرار روندی همانند کشور چین است. نتیجه این روند در کشور چین، ابداع و انتشار اصطلاحات مختلف در این حوزه تحت عنوان‌های Ecological Carrying Capacity، Environmental Carrying Capacity و دیگر عبارات مشابه است که منجر به اشتباه در درک مفهوم ظرفیت برد یا ابهام برای خوانندگان و پژوهشگران شده است. برخی از این اصطلاحات و بیان صحیح آن در مقدمه اشاره شد.

مفهوم ظرفیت برد، مفهومی مشروط، پویا، بین رشته‌ای و پیچیده است (Arrow et al., 1995). ولی این سطح از پیچیدگی، به معنی استفاده از عبارات، روش‌شناسی و تحلیل‌های غلط نیست. به خصوص برای کشور ایران که در برهه‌ای حساس از بحران‌های محیط زیستی و تأثیر منفی جمعیت بالا بر محیط زیست به سر می‌برد. پژوهشگران را به استفاده از تعریف اساسی ظرفیت برد توسط Franck et al. (2011) یا تعریفی دقیق‌تر از آن دعوت نموده و برای درک پیچیدگی‌های در هم تنیده این موضوع، مطالعه مقاله Arrow et al. (1995) که در واقع اجماع متخصصین در توضیح این پیچیدگی‌هاست، توصیه می‌شود.

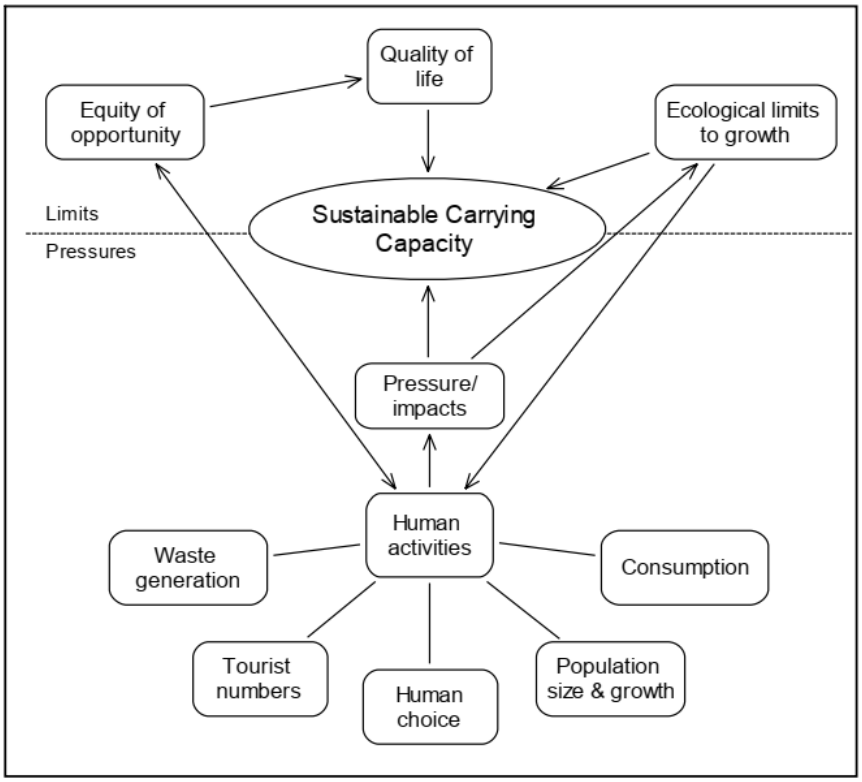

Fig. 1- Conceptual model of regional sustainability and carrying capacity place in it (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010)

شکل ۱– مدل مفهومی پایداری منطقه‌ای و جایگاه ظرفیت برد در آن (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010)

Weihua et al. (1992) در ادامه تحلیل مفهومی خود، به درستی ظرفیت برد را به عوامل محدوده‌کننده ارتباط می‌دهند و این عوامل را به چهار دسته تقسیم می‌نمایند: (۱) عوامل محدودکننده‌ی ناشی از کیفیت محیط، (۲) عوامل محدودکننده ناشی از کمیت محیط یا همان محدودیت (کمی) منابع، (۳) محدودیت‌های تکنولوژیک و (۴) محدودیت‌های روان‌شناختی. در سطح مفهومی این عوامل توسط Graymore (2005) بررسی و ارائه شده‌اند. در سطح کمی، عوامل (۱) و (۲) تحت عنوان مرزهای کره زمین در سطح جهانی بیان شده است (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015) که با روش‌شناسی مناسب در سطح محلی نیاز به محاسبه مجدد دارد. مثال‌هایی از این دست توسط Lane (2014) ارائه شده است. روش‌شناسی این کار نیز پیش‌تر توسط Graymore (2005) ارائه شده است.

نویسندگان مقاله مورد نقد در بخشی دیگر از مقدمه بیان می‌کنند:

"مطالعات ظرفیت برد منابع و محیط زیست شامل مطالعات مختلفی مانند ظرفیت برد منابع زمین، ظرفیت برد منابع آب، ظرفیت برد محیط زیست، و ظرفیت برد جامع منابع و محیط زیست می‌باشد."

تحلیل ظرفیت برد با درنظر گرفتن محدودیت‌های اکولوژیک و انسانی میسر است. در زمانی که محدودیت خاصی، اهمیت ویژه می‌یابد و در فرآیند تحلیل سیستم حالت "گلوگاه" را ایفا می‌کند، مرسوم است که در عنوان از عبارت "ظرفیت برد آن منبع" استفاده شود. پس همانگونه که نویسندگان اشاره نمودند، هدف ایشان از این مقاله، بایستی برآورد ظرفیت برد [از جنس جمعیت] با تأکید بر منابع آب برای سیستم اجتماعی و اقتصادی حوضه آبریز زرینه‌رود باشد.

Mohammadi Sedaran et al. (2021) در ادامه به درستی بیان می‌نمایند که:

"در حال حاضر، بزرگترین چالش برای تحقیقات ظرفیت برد منابع آب تدوین روشی برای ارزیابی کمی از این مفهوم است که از آن بتوان برای تهیه رهنمودهای قابل اعتماد برای مدیریت منابع آب استفاده کرد."

این موضوع پیشتر توسط Lane (2014) تصریح شده است و ایشان در تلاش برای پوشش این چالش، پرتال ظرفیت برد[۴] برای کشور استرالیا را طراحی نمودند. با توجه به مطالعات انجام شده، در حال حاضر خلاء تحقیقاتی در طراحی چنین سامانه‌ای با توجه به شرایط ایران احساس می‌شود. با وجود ذکر این واقعیت، پژوهش Mohammadi Sedaran et al. (2021) از نوع کمی‌سازی ظرفیت برد نیست و از نوع شناسایی و تحلیل سیستم است.

۳- روش شناسی

Mohammadi Sedaran et al. (2021) روش‌های مدل‌سازی متعددی را تحت عنوان "رویکردهای مختلف ارزیابی ظرفیت برد" بیان می‌کنند. این روش‌ها عبارتند از: چارچوب DPSIR، ردپای اکولوژیک، پویایی سیستم‌ها، تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی، تعادل عرضه و تقاضا، ارزیابی فازی، روش مبتنی بر حامل-بار، تحلیل سلسله مراتبی و بهینه‌سازی. این دسته‌بندی خطای روش شناختی دارد. رویکردهای ارزیابی ظرفیت برد در شش دسته توسط Cohen (1995) ارائه شده است. تکنیک‌ها و روش‌های بیان شده توسط Mohammadi Sedaran et al. (2021) اشاره به دسته ششم Cohen (1995) است که پیام اصلی آن نگاه سیستمی و پویا به تحلیل ظرفیت برد می‌باشد. لزوم چنین نگاهی به ارزیابی ظرفیت برد قبلاً توسط Lane (2014) بیان شده است. در ادامه، نویسندگان مقاله مورد نقد از دو قسمت شبیه‌سازی و مجموعه‌ای از شاخص‌ها به عنوان سنگ بنای کار خود استفاده نموده‌اند. ایشان بیان می‌کنند که:

"همانطور که گفته شد در این پژوهش از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و روش ارزیابی مبتنی بر شاخص جهت ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه آبریز زرینه رود در دوره تاریخی ۲۰۱۵-۱۹۸۷ استفاده شده است."

شبیه‌ساز ایشان مدل SWAT است که به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب در زمینه برآورد بیلان آب، بهره‌وری کشاورزی و رابطه‌ی آب، خاک و گیاه کاربرد دارد. البته در این پژوهش، تأکید اصلی پژوهشگران بخش کشاورزی بوده است. ایشان سپس به جمع‌آوری داده‌های جمعیت حوضه در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ پرداخته‌اند. برای آنچه که ایشان "ارزیابی ظرفیت برد" می‌خوانند، از چارچوبی از شاخص‌ها استفاده شده است. این در حالی است که تحلیل ظرفیت برد، مقایسه جمعیت با عدد محاسبه شده برای ظرفیت برد است. ظرفیت برد، خود از نوع تعداد نفر می‌باشد. ممکن است در نوع دیگری از تحلیل، ظرفیت برد با واحدی دیگر مانند انرژی مصرف شده توسط جمعیت، یا ردپای اکولوژیک توسط جمعیت یا سایر اعداد با واحد متفاوت استفاده شود. ولی استفاده از سیستم شاخص‌ها مجدداً بدعتی توسط برخی پژوهشگران است که در سطح وسیع انجام می‌شود.

آنچه که پذیرفته شده است، بررسی پایداری با استفاده از شاخص‌هاست و تفاضل ظرفیت برد از جمعیت خود شاخصی در این زمینه محسوب می‌شود که به خوبی توسط Ben-Eli (2012) به آن پرداخته شده است. اشتباه برخی پژوهشگران برای جایگزین کردن ظرفیت برد با سیستمی از شاخص‌ها دلائل مختلف دارد. اولین دلیل، احتمالاً فقدان داده برای محدوده مطالعاتی است. این کمبود شامل داده‌های مربوط به جمعیت و سپس داده‌های مربوط به مصرف توسط جمعیت است که شامل منابع و مصارف در مورد تمامی نیازهای انسان (طبق هرم نیازهای مازلو) می‌باشد. دومین دلیل، فقدان روش‌شناسی برای تحلیل‌های مربوط به ظرفیت برد می‌باشد. در پایان، به عنوان سومین دلیل محتمل، به مرور منابع ناکافی توسط محققین می‌توان اشاره نمود.

در مورد پژوهش مورد نقد، یک یا چندین مورد از موارد ذکر شده محتمل است. به این دلیل، از پژوهشگران دعوت می‌شود تا از پژوهش‌های جامعی که توسط تیمی از پژوهشگران رشته‌های مختلف ارائه شده است، استفاده نمایند. روش‌های متعددی برای تخمین ظرفیت برد به صورت کمی ارائه شده است که Cohen (1995) آنها را به شش دسته تقسیم می‌نماید. پژوهش مورد بحث و روش شناسی آن در هیچ کدام از این دسته‌ها نمی‌گنجد. از میان شش دسته اشاره شده، پنج دسته ظرفیت برد را به صورت کمیتی ایستا و (نسبتاً) ثابت در طول زمان درنظر می‌گیرند، و تنها یک دسته ظرفیت برد را به شکل واقعی پویا، مشروط و جامع مدل‌سازی می‌نماید.

قدیمی‌ترین پژوهش از این دست، پژوهش "محدودیت‌های رشد" (Meadows et al., 1972) است که در سال ۱۹۷۲ و در مقیاس بین‌المللی به این مسأله پرداخت. نتایج این پژوهش پس از ۳۰ سال مورد موشکافی قرار گرفت و ارزیابی مجدد شد و گزارشی جدید از آن به همراه روش‌شناسی و مدل ایشان منتشر گردید (Meadows et al., 2004, 2006).

اخیراً روش‌شناسی آن پژوهش در مطالعه‌ای جامع‌تر مورد استفاده قرار گرفت که منجر به توسعه و انتشار مدل Earth3 شد که برای تحلیل مسائل جهانی و از جمله ظرفیت برد مورد استفاده است (Döscher et al., 2021; Randers et al., 2019, 2016). در پژوهشی مستقل Boumans et al. (2002) مدل GUMBO را با روش‌شناسی‌ای متفاوت که متکی بر سرویس‌های اکولوژیک است، ولی هدفی یکسان با Earth3 دارد، توسعه دادند که در دسترس همگان است. تحلیلی جامع‌تر نیز توسط پژوهشگران دانشگاه آکسفورد به تحلیل جمعیت و ظرفیت برد در مقیاس جهانی پرداخته است که دقیق‌ترین روش‌شناسی در این زمینه را ارائه می‌نماید (Goldin, 2014). در مقیاس ملی نیز روش تحقیق‌های متعددی توسعه یافته است که از آن جمله به Lane (2014) برای استرالیا و دو پژوهش Bookers Agricultural and Technical Services and Hunting Technical Services (1975) و Khorsandi et al. (2022) برای ایران می‌توان اشاره نمود. تمامی این پژوهش‌ها با ملاحظاتی که در این مراجع اشاره شده است برای واحدهای کوچکتر مانند استان، شهرستان، یا حوضه آبریز کاربرد دارد. چگونگی این کاربرد توسط Lane et al. (2014) و Lane et al. (2015) تشریح شده است. به منظور ارائه پیشنهاد سازنده برای پژوهش‌های آتی، در ادامه این مسأله به شکل دیگری ارائه می‌شود.

با اقتباس از Porkka et al. (2017) می‌توان گفت که ظرفیت برد لحظه‌ای به چهار بخش قابل افراز است (معادله ۱):

$$K(t) = K_1(t) + K_2(t) + K_3(t) + K_4(t) \qquad (۱)$$

در این معادله، $K(t)$ بیانگر ظرفیت برد لحظه‌ای است که Lane (2014) از آن تحت عنوان ظرفیت برد کوتاه مدت[۵] نیز یاد می‌کند. $K_1(t)$ ظرفیت برد پایدار محلی است که با استفاده از منابع داخلی تجدیدپذیر قابل تأمین است؛ $K_2(t)$ ظرفیت برد ناپایدار محلی است و بیان‌کننده مقدار ظرفیت بردی است که به صورت ناپایدار، با اضافه برداشت از منابع داخلی قابل تأمین است. این ظرفیت نمی‌تواند برای ابد ادامه داشته باشد. همچنین، استفاده کوتاه مدت از آن شاید قابل قبول باشد ولی استفاده بلند مدت از آن به واسطه تخریب در سرویس‌های اکولوژیک، باعث افت در مورد (۱) می‌شود؛ $K_3(t)$ ظرفیت برد پایدار ناشی از تجارت است. این مقدار، حدی از ظرفیت برد است که به واسطه تبادل (داد و ستد یا تجارت) پایدار با سایر نواحی به ظرفیت برد شماره (۱) اضافه می‌شود. پایداری این ظرفیت برد در گرو پایداری منابع تجدیدپذیر استفاده شده برای آن و پایداری تبادلات است؛ و $K_4(t)$ ظرفیت برد ناپایدار ناشی از تجارت، که به واسطه صادرات منابع تجدیدناپذیر، مثل نفت، گاز و سنگ‌های معدنی است.

از این چهار بخش، دو قسمت $K_2(t)$ و $K_4(t)$ ذاتا ناپایدار و دو قسمت $K_1(t)$ و $K_3(t)$ دارای شروط پایداری است. استفاده بلندمدت و بدون توجه به شاخص‌های پایداری از $K_2(t)$ و $K_4(t)$ باعث ایجاد حالت فراتر از حد و فروپاشی[۶] شده که نهایتاً منجر به افت $K_1(t)$ و $K_3(t)$ و نهایتاً $K(t)$ می‌شود.

تحلیل ظرفیت برد شامل مدل‌سازی و تحلیل هر کدام از این بخش‌های ظرفیت برد است. مهم‌ترین قسمت در این تحلیل ارتباط دادن جمعیت به تأمین نیازهای اوست. همانگونه که مازلو در هرم

نیازهای خود نشان داد، نیازهای انسان از سطح فیزیولوژیک شروع شده و با تأمین هر سطح از نیاز، به سراغ نیازهای معنوی سطح بالاتر می‌رود. پس در پایه‌ای‌ترین سطح، نیازهای جمعیت شامل سطح اول در هرم نیازهای مازلو است که به درستی توسط Lane (2014) مورد استفاده قرار گرفته است.

برای آنکه هدف غایی تحلیل ظرفیت برد، یعنی حفظ جمعیت به صورت پایدار محقق شود تحلیل همگی یا تک تک این بخش‌ها، با تحلیل پایداری باید همراه باشد که توسط Khorsandi et al. (2022) مورد بحث قرار گرفته و ارائه شده است. تحلیل پایداری در سیستم، باید قائم به اصولی باشد که توسط Ben-Eli (2018) تشریح شده‌اند. به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر، پژوهشگران برای این امر از چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت که فرم ساده شده‌ای از چارچوب نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ است، استفاده نموده‌اند. چارچوب تحلیلی نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ جزء چارچوب‌های تحلیلی قائم بر گذشته است.

همانگونه که اشاره شد، بخشی از چگونگی حالت سیستم وابسته به مسیر طی شده است که وضعیت کنونی را رقم می‌زد. چنین چارچوب‌هایی برای تحلیل گذشته سیستم مناسب‌اند. از سوی دیگر، بخش دیگر تحلیل (یا تحلیل پایداری) سیستم در آینده است که کمبود آن احساس می‌شود. بر اساس نظر Schoemaker (1995) روش‌های برنامه‌ریزی آینده شامل چهار دسته می‌باشند:

(۱) برنامه‌ریزی اقتضایی/مشروط، (۲) تحلیل حساسیت، (۳) شبیه‌سازی رایانه‌ای، و (۴) برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو. پژوهش حاضر با استفاده از شبیه‌ساز SWAT بالقوه توانایی چنین وظیفه‌ای را دارد، مشروط بر آنکه با روش‌شناسی صحیح در اختیار تخمین ظرفیت برد قرار گیرد.

به دلیل ارتباط تنگاتنگ ظرفیت برد با سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیکی پیچیده[۷]، همواره استفاده از چارچوب‌های تحلیلی برای تبیین سیستم در گذشته و آینده کمک کننده است (Bowd et al., 2015; Schlüter et al., 2014). Binder et al. (2013) به بررسی این چارچوب‌ها پرداخته‌اند. ایشان چارچوب‌های فوق را با استفاده از سه معیار بررسی نموده و سپس برای مقاصد تحلیلی مختلف، توصیه‌هایی ارائه کردند. این سه معیار عبارتند از: (۱) نوع دیدگاه چارچوب به مفهوم‌سازی میان اجتماع و سامانه‌ی اکولوژیکی، (۲) انسان محور یا اکولوژی محور بودن چارچوب تحلیلی، و (۳) اقدام محور یا تحلیل محور بودن چارچوب. در صورتی که برای تحلیل پایداری در زیر افرازهای ظرفیت برد $[K_i(t)]$ از روش سیستم شاخص‌ها استفاده شود، دو مرجع Graymore (2005) و Graymore (2010) توصیه می‌شود. در صورتی که برای این تحلیل از روش فرآیند محور استفاده شود، مراجع Bagheri and Hjorth (2007) و Randers et al. (2019) توصیه می‌شود. همچنین، تعریف و اصول پایداری با نگاه سیستمی و کل‌گرا توسط Ben-Eli (2018) و با تکیه بر مفهوم ظرفیت برد ارائه شده است؛ توصیه می‌شود که در مطالعات ظرفیت برد، از این مرجع و اصول فوق استفاده گردد.

۴- نتایج

با توجه به انتقادات ارائه شده، بخش نتایج پژوهش حاضر تحت عنوان روشی نوین در تحلیل یک سیستم منابع آب مورد قبول است. از طرفی این پژوهش حاوی نتایج اصلی یک پژوهش ظرفیت برد منبع محور (با محوریت منابع آب) نیست. مؤلفه (پارامتر)های مورد نیاز برای یک مدل تحلیل ظرفیت برد منبع محور طبق نظر Lane et al. (2014) به صورت جدول ۱ می‌باشند. در این جدول مؤلفه‌های غایب در این پژوهش مشخص شده است.

Table 1- The eight subcategories and 17 resource components necessary for a resource-based carrying capacity assessment model based on Lane et al. (2014)

جدول ۱- هشت زیرگروه و ۱۷ دسته منبع لازم برای مدل ارزیابی ظرفیت برد بر اساس Lane et al. (2014)

Category Number	Category Name	Components	Present components in this paper	Description
I	Food	(1) Total food, (2) Meat/Egg, (3) Red meat, (4) Activity level, (5) Avoidable waste, (6) Recycling	No	- Total food as SWAT agricultural output, but haven't used to estimate carrying capacity
II	Climate	(7) Short term and long term	Yes	- Climate was considered as part of SWAT model inputs
III	Agriculture	(8) Organic farming, (9) Irrigation	Yes	- Irrigation and agriculture is a submodule of the SWAT model
IV	Textiles	(10) All textiles, (11) Natural fiber, (12) Wool/fiber	No	
V	Fuel	(13) All liquid fuel, (14) Biofuel	No	
VI	Timber	(15) Timber	No	
VII	Infrastructure	(16) Infrastructure	No	
VIII	Nature reserve	(17) Nature reserve	No	

۵- جمع‌بندی

مقاله Mohammadi Sedaran et al. (2021) تحلیلی ارزنده از سیستم حوضه آبریز با استفاده از ترکیب سه روش (مدل شبیه‌ساز SWAT، چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت و مجموعه‌ای از شاخص‌ها) در مورد حوضه آبریز زرینه‌رود ارائه می‌کند. با این وجود، این پژوهش منتج به تحلیل ظرفیت برد، یا ظرفیت برد منابع آب نیست؛ علیرغم اینکه این عبارت در عنوان و محتوای مقاله قید شده است. به این دلیل در صورتی که کلمه "ظرفیت برد" از عنوان و متن و مراجع حذف شده و با عنوانی مناسب‌تر جایگزین شود، نقد نویسنده وارد نیست. در صورت حفظ عبارت "ظرفیت برد" یا "ظرفیت برد منابع آب" در هر بخشی از مقاله، از نویسندگان درخواست می‌شود که شکل و جداول مربوط به تخمین‌ها از ظرفیت برد در کنار جمعیت ارائه شود. این تخمین‌ها همانگونه که Lane et al. (2014) اشاره می‌نماید در پاسخ به سناریوهای مختلف هستند. در این حالت، طراحی سناریو در قسمت روش‌شناسی و نتایج آن در بخش نتایج الزامی است. به این دلیل که ظرفیت برد متغیری مشروط، پیچیده و تابع مقیاس تحلیل در بعد زمانی و مکانی است (Arrow et al., 1995; Lane, 2014, 2017; Lane et al., 2014, 2015).

۶- تقدیر و تشکر

از سردبیر محترم مجله آقای دکتر مهدی ضرغامی که فرصت ارائه این نقد را فراهم نمود، سپاسگزارم. از داوران محترم مجله تحقیقات منابع آب ایران که با نقد علمی این مقاله، به آن جلای علمی دادند، کمال قدردانی دارم. از دوستان گرانقدر، دکتر سعید همایونی و دکتر مهدی باطنی که متن اولیه مقاله را مطالعه و مورد بازبینی ادبی قرار دادند، کمال تشکر و قدردانی دارم.

پی‌نوشت‌ها

1- Contingent
2- Source
3- Sink
4- Carrying Capacity Dashboard
5- Phantom Carrying Capacity
6- Overshoot and Collapse
7- Social-Ecological Complex Adaptive Systems

۷- مراجع

Andersen CB and Quinn J (2020) Human appropriation of net primary production. In: Goldstein MI and DellaSala DA (eds) Encyclopedia of the World's Biomes. Oxford: Elsevier, 22–28. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489124340

Arrow K, Bolin B, Costanza R, Dasgupta P, Folke C, Holling CS, Jansson B-O, Levin S, Mäler K-G and Perrings C (1995) Economic growth, carrying capacity, and the environment. Ecological Economics 15(2):91–95

Bagheri A and Hjorth P (2007) Planning for sustainable development: A paradigm shift towards a process-based approach. Sustainable Development 15(2):83–96

Ben-Eli M (2012) The cybernetics of sustainability: definition and underlying principles. Enough for all forever: A handbook for learning about sustainability 255–268

Ben-Eli MU (2018) Sustainability: Definition and five core principles, a systems perspective. Sustainability Science 13(5):1337–1343

Biggs R, Schlüter M, Biggs D, Bohensky EL, BurnSilver S, Cundill G, Dakos V, Daw TM, Evans LS and Kotschy K (2012) Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. Annual Review of Environment and Resources 37:421–448

Binder CR, Hinkel J, Bots PWG, and Pahl-Wostl C (2013) Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. Ecology and Society 18(4):26

Bookers Agricultural and Technical Services L and Hunting Technical Services L (1975) National cropping plan. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture and Natural Resources of Iran

Boumans R, Costanza R, Farley J, Wilson MA, Portela R, Rotmans J, Villa F, and Grasso M (2002) Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model. Ecological Economics 41(3):529–560

Bowd R, Quinn NW, and Kotze DC (2015) Toward an analytical framework for understanding complex social-ecological systems when conducting environmental impact assessments in South Africa. Ecology and Society. The Resilience Alliance 20(1):41

Cohen JE (1995) Population growth and earth's human carrying capacity. Science 269(5222):341

Costanza R and Patten BC (1995) Defining and predicting sustainability. Ecological Economics 15(3):193–196

de Leeuw J, Rizayeva A, Namazov E, Bayramov E, Marshall MT, Etzold J, and Neudert R (2019) Application of the MODIS MOD 17 Net Primary Production product in grassland carrying capacity assessment. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 78:66–76

de Molina MG and Toledo VM (2014) The social metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change, Springer, New York

Döscher R, Acosta M, Alessandri A, Anthoni P, Arneth A, Arsouze T, Bergmann T, Bernadello R, Bousetta S, Caron LP, … Zhang Q (2021) The EC-Earth3 Earth System Model for the climate model intercomparison Project 6. Geoscientific Model Development Discussion, Copernicus Publications 2021:1–90

Falkenmark M (2008) Water and sustainability: A reappraisal. Environment: Science and Policy for Sustainable Development 50(2):4–17

Falkenmark M and Lindh G (1974) Impact of water resources on population. Paper submitted by the Swedish Delegation to the UN World Population Conference, Bucharest, 19–30

Falkenmark M, Lindh G, Tanner RG, Mageed YA, and te Chow V (2019) Water for a starving world. Routledge

Franck S, von Bloh W, Müller C, Bondeau A, and Sakschewski B (2011) Harvesting the sun: New estimations of the maximum population of planet Earth. Ecological Modelling 222(12):2019–2026

Goldin I (2014) Is the planet full? Oxford University Press, USA

Graymore M (2005) Journey to sustainability: Small regions, sustainable carrying capacity and sustainability assessment methods. Doctor of Philosophy. Australian School of Environmental Studies, Griffith University, Brisbane

Graymore MLM, Sipe NG, and Rickson RE (2010) Sustaining human carrying capacity: A tool for regional sustainability assessment. Ecological Economics 69(3):459–468

Gunderson LH and Holling CS (2002) Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems. Washington, DC: Island Press

Haberl H, Fischer-Kowalski M, Krausmann F, and Winiwarter V (2016) Social Ecology: Society-Nature Relations across Time and Space. Springer

Hack-ten Broeke MJD, Mulder HM, Bartholomeus RP, van Dam JC, Holshof G, Hoving IE, Walvoort DJJ, Heinen M, Kroes JG, van Bakel PJT, … Ruijtenberg R (2019) Quantitative land evaluation implemented in Dutch water management. Geoderma 338:536–545

Holling CS (2001) Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. Ecosystems 4(5):390–405

Hui C (2015) Carrying capacity of the environment. In: Wright JD (ed) International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition). Oxford: Elsevier 155–160

Keenan TF, Luo X, de Kauwe MG, Medlyn BE, Prentice IC, Stocker BD, Smith NG, Terrer C, Wang H, Zhang Y, and Zhou S (2021) A constraint on historic growth in global photosynthesis due to increasing CO2. Nature 600(7888):253–258

Khorsandi M, Homayouni S, and van Oel P (2022) The edge of the petri dish for a nation: Water resources carrying capacity assessment for Iran. Science of the Total Environment 817:153038

Lane M (2010) The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. Land Use Policy 27(4):1038–1045

Lane M (2014) The development of a carrying capacity assessment model for the Australian socio-environmental context. Australia, Queensland University of Technology

Lane M (2017) Exploring short-term and long-term time frames in Australian population carrying capacity assessment. Population and Environment 38(3):309–324

Lane M, Dawes L, and Grace P (2014) The essential parameters of a resource-based carrying capacity assessment model: An Australian case study. Ecological Modelling 272(0):220–231

Lane M, Dawes L and Grace P (2015) Scalar considerations in carrying capacity assessment: An Australian example. Population and Environment 36(3):356–371

Lubell M and Niles MT (2019) The limits of capacity building. Nature Climate Change 9(8):578–579

Mallet J (2012) The struggle for existence. How the notion of carrying capacity, K, obscures the links between demography, Darwinian evolution and speciation. Evolutionary Ecology Research

Mann CC (2018) The wizard and the prophet: Two remarkable scientists and their dueling visions to shape tomorrow's world. Knopf

Maslow AH (1943) A theory of human motivation. Psychological Review. US: American Psychological Association 50(4):370–396

Mauerhofer V (2013) Social capital, social capacity and social carrying capacity: Perspectives for the social basics within environmental sustainability. Futures 53:63–73

Meadows DH, Goldsmith EI, and Meadows P (1972) The limits to growth. Earth Island Limited London

Meadows DH, Randers J, and Meadows D (2004) A synopsis: Limits to growth: The 30-Year Update. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing Company. Earth Island Limited London 381

Meadows D, Randers J, and Meadows D (2006) Limits to growth: The 30-year update. Elsevier

Mesgaran MB and Azadi P (2018) A national adaptation plan for water scarcity in Iran. Working paper 6, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University, August 2018

Mesgaran MB, Madani K, Hashemi H, and Azadi P (2017) Iran's land suitability for agriculture. Scientific Reports 7(1):7670

Mohammadi Sedaran H, Delavar M, and Shahbazbegian M (2021) Assessment of water resources carrying capacity of the river basins using the simulation approach and index-based evaluation method; Case Study: Zarrineh-Roud Basin. Iran-Water Resources Research 17(2):154–173

Porkka M, Guillaume JHA, Siebert S, Schaphoff S, and Kummu M (2017) The use of food imports to overcome local limits to growth. Earth's Future

Randers J, Golüke U, Wenstøp F, and Wenstøp S (2016) A user-friendly earth system model of low complexity: The ESCIMO system dynamics model of global warming towards 2100. Earth System Dynamics, Copernicus Publications 7(4):831–850

Randers J, Rockström J, Stoknes P-E, Goluke U, Collste D, Cornell SE, and Donges J (2019) Achieving the 17 Sustainable Development Goals within 9 planetary boundaries. Global Sustainability 2

Robinson NP, Allred BW, Smith WK, Jones MO, Moreno A, Erickson TA, Naugle DE, and Running SW (2018) Terrestrial primary production for the conterminous United States derived from Landsat 30 m and MODIS 250 m. Remote Sensing in Ecology and Conservation 4(3):264–280

Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin III FS, Lambin E, Lenton T, Scheffer M, Folke C, and Schellnhuber HJ (2009) Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecology and society 14(2):32

Schlüter M, Hinkel J, Bots PWG, and Arlinghaus R (2014) Application of the SES framework for model-based analysis of the dynamics of social-ecological systems. Ecology and Society, The Resilience Alliance 19(1):36

Schoemaker PJH (1995) Scenario planning: A tool for strategic thinking. Sloan Management Review 36(2):25–50

Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, de Vries W, de Wit CA, … Sörlin S (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347(6223), DOI: 10.1126/science.1259855

Tretyakova EA (2013) Evolution of research and evaluation methodology of sustainable development of social and economic systems. World Applied Sciences Journal 25(5):756–759

Weihua Z, Huadong W, Jiyu X, Wenhu Y, Boren G, and Fengqiao M (1992) Environmental carrying capacity: A Key to coordinating population, resources and environment. Chinese Journal of Population Resources and Environment, Taylor & Francis 1(1):26–32

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
Volume 17, No. 4, Winter 2022 (IR-WRR)
۲۶۴-۲۸۷

بحث و مناظره

بررسی دیدگاه‌های مطرح شده در خصوص مفاهیم ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع آب پیرامون نقد مقاله " ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و ارزیابی مبتنی بر شاخص؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز زرینه‌رود"

حمید محمدی سه‌دران [۱]، مجید دلاور [۲*] و محمدرضا شهبازبگیان [۳]

چکیده

همانطور که بررسی سایر پژوهشگران نیز نشان داده است یکی از اساسی‌ترین مشکلات در مطالعات انجام شده در زمینه ظرفیت برد، عدم توجه به سیر تکامل این مفهوم و جنبه‌های مختلف آن است. از این‌رو این نوشتار جهت بررسی یکی از این موارد یعنی مقاله "نقدی بر مقاله ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و ارزیابی مبتنی بر شاخص؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز زرینه‌رود" تدوین شده است. این نوشتار سعی در تبیین و تکمیل استدلال‌ها و دیدگاه‌های منتقد(ان)، در جهتی سازنده و با هدف برطرف کردن شبهات و کاستی‌های استدلال‌های انجام شده توسط ایشان و افزایش آگاهی مخاطبان مقاله دارد. این مقاله ابتدا سعی کرده است با بیان مفاهیم ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع آب و معرفی مراجع معتبر به ارائه یک دید صحیح از این مفاهیم و برطرف کردن ابهامات اساسی در دیدگاه‌های مطرح شده در این زمینه بپردازد. سپس با استدلال‌های متنوع، ساده و قابل فهم که حتی‌الامکان متناسب با دیدگاه منتقد است و از مراجعی که ایشان آن‌ها را مطالعه کرده‌اند، استخراج شده‌اند به تمامی ابهامات ایشان پاسخ داده شد. لازم به ذکر است که نوآوری و ارزش علمی مقاله‌ای که منتقد آن را نقد کرده است در رویکرد پرداختن به مسأله، چارچوب ارزیابی، انتخاب مدل‌ها و روش‌های مورد استفاده است، دیدگاه و روش‌شناسی که حتی در مقالات مورد استناد منتقد به آن‌ها توصیه شده و آن‌ها را به عنوان کلید گمشده تحقیقات پایداری و ظرفیت برد دانسته‌اند. موارد مطرح شده توسط منتقد اصول اولیه و القبای مطالعه ظرفیت برد است که به دلیل عدم توجه کامل و کافی ایشان به جنبه‌های دیگر ظرفیت برد مطرح شده و در مقاله منتشر شده نیز به طور کامل رعایت شده‌اند (مواردی که در این متن به آن‌ها پاسخ داده شد). مفهوم ظرفیت برد، مفهوم به شدت پیچیده با ادبیات پراکنده است لذا وجود ابهامات و اختلاف نظر پیرامون این مفهوم کاملاً بدیهی است، بنابراین وارد شدن مفهوم ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست به ادبیات علمی کشور در گرو توجه ویژه پژوهشگران داخلی به این مفهوم و هم‌افزایی بین آن‌ها می‌باشد. بدیهی است در این مسیر نقدهای علمی و سازنده بسیار کمک‌کننده خواهد بود.

کلمات کلیدی: ظرفیت برد، منابع آب، چارچوب ارزیابی، پایداری، نقد علمی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲- دانشیار، گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳- استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۱ امکانپذیر است.

Discussion and Closure

Investigating the Views on the Concepts of Carrying Capacity and Water Resources Carrying Capacity Around the Critique of the Article “Assessment of Water Resources Carrying Capacity of the River Basins Using the Simulation Approach and Index-Based Evaluation Method; Case Study: Zarrineh-Roud Basin”

H. Mohammadi Sedaran [1], M. Delavar[2], and M.R. Shahbazbegian[3]*

Abstract

As other researchers have shown, one of the main problems in studies in carrying capacity is not paying attention to the evolution of this concept and its various aspects. Therefore, this paper has been compiled to investigate one of these cases, namely the article “Critique of the article on assessment of water resources carrying capacity of the river basins using the simulation approach and index-based evaluation method; case study: Zarrineh-Roud basin”. This article tries to explain and supplement the arguments and views of the critic(s) constructively and to eliminate the doubts and shortcomings of the statements made and increase the awareness of the audience of the article. This article first tries to provide a correct view of these concepts. It eliminates the essential ambiguities in the opinions expressed in this field by stating the concepts of carrying capacity and carrying capacity of water resources and introducing reputable authorities. Then all their ambiguities were answered with various, understandable and straightforward arguments based on the critic's point of view and extracted from the references they have studied. It should be noted that the innovation and scientific value of the article is in approach, the evaluation framework and methods. The approach and methodology recommended in the articles cited by the critics have been considered as the missing key to the other research. The issues raised by the critic are the principles of the carrying capacity studies, which have been considered in the published article. The concept of carrying capacity is complex with scattered literature, so ambiguities and disagreements about this concept are axiomatic. Therefore, introducing the concept of resources and environment carrying capacity into the scientific literature of the country depends on the special attention of domestic researchers to this concept and the synergy between them. Obviously, scientific and constructive critiques will be constructive in this direction.

Keywords: Carrying Capacity, Water Resources, Evaluation Framework, Sustainability, Scientific Critique.

Received: March 12, 2022
Accepted: March 13, 2022

1- Master Student, Department of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: m.hamid@modares.ac.ir
2- Associate Professor, Department of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: m.delavar@modares.ac.ir
3- Assistant Professor, Faculty of Geography-Spatial Planning, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: mr.shahbazbegian@modares.ac.ir
*- Corresponding Author
Dor: 20.1001.1.17352347.1400.17.4.17.4

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

۱- مقدمه

در دو قرن گذشته تأثیر سیستم‌های انسانی بر زمین به طور چشمگیری افزایش یافته است. این تأثیرات به دلیل رشد انفجاری جمعیت و افزایش بسیار زیاد سرانه مصرف رخ داده است. همانطور که Catton (1986) بیان می‌کند: "زمین نه تنها افراد بیشتری، بلکه افراد بزرگتری را باید در خود جای دهد". این عوامل باعث شده است که انسان‌ها سیستم زمین را به‌طور چشمگیری تغییر بدهند و نقش فزاینده‌ای در تغییر اجزاء (اتمسفر، زمین، اقیانوس، اکوسیستم‌ها و غیره) و فرآیندهای آن (مانند چرخه کربن، چرخه نیتروژن و چرخه آب) بازی کنند (Fu and Li, 2016). بسیاری از دانشمندان معتقدند که فعالیت‌های انسانی به میزانی سیستم زمین را تحت تأثیر قرار داده است که دوره حاضر را می‌توان به عنوان یک دوره جدید در تاریخ زمین‌شناسی یاد کرد، دانشمندان این دوره را دوره تسلط سیستم انسانی بر سیستم زمین یا دوره آنتروپوسن[۱] می‌نامند. یک ادبیات علمی بسیار بزرگ و به سرعت در حال رشد به وجود آمده است که زیرسیستم‌های سیاره زمین تا چه حد تحت‌الشعاع سیستم به سرعت در حال گسترش انسانی قرار می‌گیرند، با پیامدهای بالقوه فاجعه بار، نه تنها برای این زیرسیستم‌ها بلکه برای خود سیستم انسانی (Mote et al., 2020). به طور گسترده‌ای این درک شکل گرفته است که اثرات جهانی یک جمعیت همیشه در حال افزایش (روزافزون) در کنار منابع طبیعی که به طور وحشتناکی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، نیاز فوری بشریت به زندگی در محدوده ظرفیت برد دارایی‌های طبیعی خود را برجسته می‌کند (Lane, 2010).

منابع و محیط‌زیست به عنوان پایه و اساس توسعه انسانی، کلیه فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی انسان‌ها را حمل[۲] می‌کنند (Guiyou et al., 2020) و شرایط اساسی و بنیادین زندگی بشر را فراهم می‌کنند (Fu et al., 2020). از اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰، به دلیل افزایش شدید مشکلات جهانی مانند رو به اتمام بودن منابع و آلودگی محیط‌زیست، به روابط بین فعالیت‌های اجتماعی- اقتصادی و منابع طبیعی توجه بیشتری شده است (Yi et al., 2018)؛ و از دهه ۱۹۹۰ مفهوم توسعه پایدار به عنوان راهنمای اصلی در توسعه اجتماعی- اقتصادی منطقه‌ای تبدیل شد و مطالعات انجام شده توسط بسیاری از محققان بر ظرفیت برد منطقه‌ای متمرکز شده است (Daily and Ehrlich, 1996; Ma et al., 2017). این مفهوم به عنوان یک ضرورت تلقی می‌شود که ممکن است بقاء آینده به آن وابسته باشد (Lane, 2010) و کاهش ظرفیت برد ممکن است به زودی به مهم‌ترین مسأله‌ای تبدیل شود که بشریت با آن مواجه است (Rees, 1996). بنابراین مفهوم ظرفیت برد مسلماً به مهمترین مفهوم در عصر آنتروپوسن تبدیل شده است و دانشمندان معتقدند با انفجار جمعیت انسانی، خطر فراتر رفتن از ظرفیت برد زمین به شمشیر داموکلس[۳-۴] تبدیل شده است که بر سر بشریت آویزان شده و آن را به انتخاب مسیر توسعه پایدار ترغیب می‌کند (Hui, 2015).

مفهوم ظرفیت برد مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته (Shi et al., 2019) و در طیف گسترده‌ای از رشته‌ها و زمینه‌های مختلفی به کار برده شده و توسط پژوهشگران برجسته‌ای مورد نقد و بررسی قرار گرفته است (Sayre, 2008). سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی سازمان ملل متحد (UNESCO)[۵] و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO)[۶] مفهوم ظرفیت برد را از نظر منابع مطرح کردند یعنی "تعداد افرادی که در یک قلمرو معین مشترک هستند و می‌توانند برای آینده قابل پیش‌بینی و مطابق با ارزش‌های اجتماعی- فرهنگی آن قلمرو، یک استاندارد معین زندگی را با استفاده از انرژی و سایر معادن فیزیکی و همچنین تکنولوژی، سرمایه‌گذاری و مهارت نگه دارند" (UNESCO and FAO, 1985). اتحادیه بین‌المللی برای حفاظت از طبیعت (IUCN)[۷]، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP)[۸] و صندوق جهانی طبیعت (WWF)[۹] در گزارشی که در سال ۱۹۹۱ منتشر کردند بیان داشتند که توسعه پایدار به "بهبود کیفیت زندگی انسان در حالی که در ظرفیت برد اکوسیستم پشتیبان زندگی می‌کنند" اشاره دارد (IUCN et al., 1991). دستور کار ۲۱ که در سال ۱۹۹۲ توسط کنفرانس محیط‌زیست و توسعه سازمان ملل متحد (UNCED)[۱۰] صادر شد، بیان داشت که مبنای توسعه پایدار باید این باشد که "یک تخمین دقیق‌تر از ظرفیت برد سیاره زمین و تاب‌آوری آن در برابر فشارهای زیادی که بر اثر فعالیت‌های انسانی به آن وارد شده است، ارائه شود (UNCED, 1992). در سال ۲۰۰۲، دایرةالمعارف چین (علوم محیط‌زیست)[۱۱] صریحتاً ظرفیت برد محیط‌زیست را تعریف کرد" حد فعالیت‌های انسانی از نظر مقیاس، شدت و سرعت که زیست‌کره زمین یا یک منطقه خاص می‌تواند بدون تغییر عملکرد یا ساختار سیستم محیط‌زیست تحمل کند (Yu et al., 2016). کشورهای متعددی مانند ایالات متحده، استرالیا، هند، چین، اندونزی، الجزایر و غیره که از کمبود منابع آب، مشکلات کیفیت منابع آب، مشکلات اندازه و رشد جمعیت بسیار زیاد رنج می‌برند و یا به دنبال بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی بوده‌اند و کشورهایی که به دنبال توسعه پایدار و سیاست‌های مبتنی بر محیط‌زیست بوده‌اند، به مطالعات ظرفیت برد روی آورده‌اند (Min et al., 2011; Djuwansyah, 2018; Lane, 2014; Khanna et al., 1999; Rajaram and Das, 2011; Manning, 2013; Juniati et al., 2021). در اوایل دهه ۱۹۸۰ یونسکو مطالعاتی را بر مبنای مفهوم ظرفیت برد منابع در

برخی از کشورهای در حال توسعه مانند کنیا، موریس و زامبیا پشتیبانی کرد. داشبورد ظرفیت برد استرالیا[۱۲] که مستخرج از رساله دکتری Murray Lane (Lane, 2014) می‌باشد، شبکه ظرفیت برد ایالات متحده[۱۳] در کنار فعالیت‌های ظرفیت برد محیط‌زیست مؤسسه Steinbrenner وابسته به دانشگاه Carnegie Mellon ایالات متحده، برخی از فعالیت‌هایی است که این کشورها براساس مفهوم ظرفیت برد انجام داده‌اند. در اندونزی مفهوم ظرفیت برد منابع آب به طور گسترده در سیاست‌گذاری و در توضیح ماده ۲۵ قانون شماره ۲۰۰۷/۲۶ برنامه‌ریزی فضایی مورد استفاده قرار گرفته است و در آیین‌نامه شماره ۲۰۰۹/۱۷ وزیر محیط‌زیست اندونزی، دستورالعمل تعیین ظرفیت برد محیط‌زیست در برنامه‌ریزی‌های فضایی آمده است (Juniati et al., 2021). در سال‌های اخیر مفهوم ظرفیت برد به طور ویژه مورد توجه پژوهشگران کشور چین قرار گرفته است و بیشترین بودجه‌های تحقیقاتی در این کشور به مطالعات این مفهوم اختصاص داده شده است (Leng et al., 2016).

با وجود این در کشور ایران که از بحران‌های شدید منابع (بخصوص منابع آب) و محیط‌زیست رنج می‌برد، ردپای واضحی از این مفهوم در اسناد بالادستی و ادبیات علمی کشور مشهود نمی‌باشد. در بکارگیری مفهوم ظرفیت برد منابع آب ابهامات متعددی در دیدگاه، سیر تحول و نحوه بکارگیری آن وجود دارد که لازم است قبل از هر چیز بدان پرداخته شود. بدین جهت این مقاله به طور مشخص سعی در تبیین دیدگاه پژوهشگر(انی) دارد که به نقد مقاله "ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و ارزیابی مبتنی بر شاخص؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز زرینه‌رود" (از این به بعد تحت عنوان "مقاله منتشر شده" آورده می‌شود) پرداخته‌اند. از این رو این مقاله سعی در تبیین و تکمیل استدلال‌ها و دیدگاه‌های منتقد(ان) مقاله منتشر شده، در جهتی سازنده و با هدف برطرف کردن شبهات و کاستی‌های استدلال‌های انجام شده توسط ایشان و افزایش آگاهی ایشان و مخاطبان مقاله دارد. همانطور که یاد شد مفهوم ظرفیت برد یک مفهوم به شدت گسترده و پیچیده است به نحوی که مقالاتی که در گذشته پیرامون این مفهوم در مجلات بسیار معتبر منتشر شده‌اند، امروزه توسط پژوهشگران مورد نقد جدی قرار گرفته‌اند. همچنین، اکولوژیست‌های با بیش از ۵۰ سال تحقیق در این زمینه اعتراف کرده‌اند که پشتیبانی تجربی کم و یا هیچ پشتیبانی تجربی از این مفهوم ندارند. در بین پژوهشگران جهان درک‌های متفاوتی از مفهوم وجود دارد و اختلاف نظرها و مناقشات بسیاری بر روی این مفهوم بین آن‌ها ایجاد شده است. کاربرد این مفهوم در زمینه منابع و محیط‌زیست به عنوان مرز تحقیقات دانشگاهی شناخته می‌شود و یک مفهوم تکامل نیافته و نابالغ است. هدف نویسندگان از تدوین این مقاله اشتراک گذاشتن آموخته‌های خود در این زمینه و کمک به ایجاد یک گفتمان جامع و علمی در کشور پیرامون مفهوم ظرفیت برد است؛ مفهومی که با توجه به مشکلات پیچیده و چندوجهی که امروزه کشور با آن‌ها مواجه است، می‌تواند بسیار راهگشا باشد. جهت نیل به این اهداف این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است: به دلیل اینکه مفهوم ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع آب مفاهیمی بسیار گسترده‌اند و تبیین آن می‌تواند به برطرف کردن سوء تفاهم‌های به وجود آمده برای منتقد کمک کند در ابتدا سعی شده است یک دید کلی از مفهوم ظرفیت برد ارائه شود و سپس به پاسخ موارد مطرح شده توسط منتقد پرداخته شده است و سعی شده است با توجه به موارد مطرح شده توسط ایشان توضیحاتی جهت رفع شبهات و نواقص و تکمیل دیدگاه ایشان داده شود. در نهایت سعی شده است به تبیین دیدگاهی که ایشان استدلال‌هایشان را براساس آن استوار کرده‌اند پرداخته شود. شایان ذکر است که بحث پیرامون مقاله منتشر شده فراتر و عمیق‌تر از مباحث ذکر شده توسط منتقد می‌باشد، مفاهیم و دیدگاه‌هایی که در تعیین رویکرد به مسأله، زمینه تحقیق، چارچوب ارزیابی و انتخاب مدل‌های و روش‌های مورد استفاده در مقاله نقش کلیدی و تعیین کننده‌ای داشته‌اند. به دلیل اینکه منتقد به این موارد نپرداخته‌اند و به نظر می‌رسد پرداختن به آن‌ها موجب گستردگی و پیچیدگی بحث شود، در این مقاله از پرداختن به آن‌ها خودداری شده است. به طور مشخص در این مقاله سعی شده است به مواردی که منتقد بیان داشته‌اند و استدلال‌های خود را بر مبنای آن‌ها استوار ساخته‌اند پرداخته شود. همچنین سعی شده است جهت تسهیل در برقرار ارتباط منتقد با مباحث مطرح شده، حتی‌الامکان به منابعی که ایشان استفاده کرده‌اند، استناد شود و سپس به اقتضا از منابع دیگر جهت تصحیح و تکمیل دیدگاه ایشان استفاده شود.

۲- بررسی مفاهیم ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع آب

۲-۱- مفهوم ظرفیت برد

مفهوم ظرفیت برد یک مفهوم پیچیده و چندوجهی است که ریشه در مهندسی، جمعیت‌شناسی، زیست‌شناسی و بوم‌شناسی کاربردی دارد (Duinker and Greig, 2007; Trakolis, 2003; Chi et al., 2019). ظرفیت برد ممکن است متنوع‌ترین و مهم‌ترین مفهوم در سیاست‌های محیط‌زیستی امروزه باشد؛ مانند پایداری، ظرفیت برد را می‌توان تقریباً در هر تعامل انسان- طبیعت و در هر مقیاسی اعمال کرد، این یک مزیت اضافی برای انتقال حس، محاسبه و دقت است، چیزی که تاکنون پایداری فاقد آن است (Sayre, 2008). ظرفیت برد یک تعریف دقیق و مشخصی ندارد، بلکه اصطلاحی گسترده است که

طیف وسیعی از مفاهیم مختلف را دربر می‌گیرد این مفاهیم با این ایده مرتبط هستند که سیستم‌های مختلف دارای محدودیت یا آستانه خاصی هستند (MacLeod and Cooper, 2005). تعاریف زیادی از این مفهوم براساس اهداف و شرایط مختلف ارائه شده است (Yue et al., 2008). به طور کلی ظرفیت برد به توانایی یک سیستم برای پشتیبانی از یک فعالیت یا ویژگی در یک سطح معین اشاره دارد (MacLeod and Cooper, 2005) و به طور شهودی یک رابطه یا نسبت نسبتاً ساده است: مقدار X است که Y می‌تواند حمل کند (Craig et al., 2012). این X و Y متناسب با زمینه و کاربرد مفهوم ظرفیت برد تعریف می‌شوند مانند ظرفیت برد اکسیژن خون[۱۴] (Dabruzzi and Bennett, 2014; Minias, 2020; Gomez Isaza et al., 2020)، ظرفیت برد گردشگری[۱۵] (Moris et al., 2021; Nidhinarangkoon et al., 2020; Bertocchi et al., 2020)، ظرفیت برد دامداری[۱۶] (Thapa and Paudel, 2000; McKeon et al., 2009; Ren et al., 2021)، ظرفیت برد شهری[۱۷] (Tehrani and Makhdoum, 2013; Esfandi and Nourian, 2021; Gao et al., 2021)، ظرفیت برد اکولوژی[۱۸] (Cuadra and Björklund, 2007; Byron et al., 2011; Filgueira et al., 2021)، ظرفیت برد انسان[۱۹] (Cohen, 1997; Campbell, 1998; Hopfenberg, 2003)، ظرفیت برد اجتماعی[۲۰] (Lawson et al., 2003; Mauerhofer, 2013; Johnson and Hanes, 2018) و غیره (برخی زمینه‌های دیگر نیز در Mohammadi Sedaran et al. (2021) آورده شده است). می‌توان عصاره استفاده‌های بی‌شمار ظرفیت برد را در یک تعریف واحد به صورت "مقدار حداکثر یا بهینه یک جسم یا ارگانیسم (X) است که می‌تواند یا باید توسط یک جسم یا محیط‌زیست (Y) تحمل یا پشتیبانی شود" بیان کرد؛ اما وسعت خارق‌العاده این مفهوم که تعریف شد بسیار مبهم است (Craig et al., 2012). همان‌طور که استفاده مکرر از این مفهوم نشان می‌دهد، ظرفیت برد را می‌توان تقریباً در هر رابطه‌ای و در هر مقیاسی استفاده کرد (به شرطی که یک رابطه معنی‌دار بین X و Y وجود داشته باشد؛ با کمال تعجب این مفهوم بعضاً در مواردی به کاربرده شده که هیچ ارتباطی بین X و Y وجود ندارد (Sayre, 2008))؛ این مفهوم می‌تواند یک مقدار حداکثر یا بهینه، یک مفهوم هنجاری یا مثبت و به صورت استقرایی یا قیاسی تعیین شود (Craig et al., 2012). از این رو پژوهشگران معتقدند که مفید است که ریشه‌های تاریخی این مفهوم و کاربردهای مختلفی آن بررسی شود زیرا درک این تاریخ، راهنمای با ارزشی از مرزهای ظرفیت برد به عنوان ابزاری برای ارزیابی تأثیرات مدیریت بشریت بر زمین خواهد بود (Craig et al., 2012). ادبیات تاریخچه مفهوم ظرفیت برد و سیر تحول و تکامل آن بسیار گسترده است که پرداختن به آن خارج از حوصله این مقاله است از این رو جهت بررسی سیر تحول و تکامل مفهوم ظرفیت برد به صورت کلی، مطالعه Sayre (2008) و Craig et al. (2012)، کابرد مفهوم ظرفیت برد در اکوسیستم، مطالعه Chapman and Byron (2018) و بررسی سیر تحول و تکامل مفهوم ظرفیت برد با تمرکز بر منابع و محیط‌زیست، مطالعه Zhiming et al. (2018) توصیه می‌شود.

۲-۲- ظرفیت برد منابع آب

منابع آب همیشه بخش مهمی از مطالعات ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست بوده (Djuwansyah, 2018) و مبحث ظرفیت برد منابع آب یکی از موضوعات مهم در مطالعات علوم آب است (Rijsberman and Van, 2000) که به‌طور ویژه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مفهوم ظرفیت برد منابع آب اولین بار توسط هیأت تحقیقاتی علوم نرم منابع آب[۲۱] سین کیانگ[۲۲] چین در سال ۱۹۸۹ به عنوان حداکثر مصرف مجاز از منابع آب به منظور حفظ پایداری سیستم‌های وابسته به آب مطرح شد (Kang et al., 2019). برخی از محققان از مفاهیم مشابه ظرفیت برد منابع آب مانند "بهره‌برداری پایدار از آب" (Hunter, 1998)، "محدوده اکولوژی منابع آب" یا "محدوده سیستم طبیعی منابع آب" (Falkenmark and Lundqvist, 1998) استفاده کرده‌اند. ظرفیت برد منابع آب ترکیبی از مفهوم ظرفیت برد و مهندسی منابع آب است (Luo et al., 2017). اگرچه مفهوم ظرفیت برد منابع آب به تازگی مطرح شده اما تحقیقات آن از نظر مفاهیم اساسی، روش‌های محاسبه و کاربردهای تجربی تحقیق به سرعت توسعه یافته‌اند (Yi et al., 2018). در حال حاضر، مطالعه در مورد ظرفیت برد منابع آب پایه و اساس توسعه پایدار و استراتژی‌های امنیت آبی است و به یک عامل مهم در توسعه منابع آب منطقه، توسعه صنعتی و ایجاد سیاست‌های منابع آب تبدیل شده است (Yi et al., 20018; Wu et al., 2016). ظرفیت برد منابع آب یک مفهومی است با ویژگی‌های دوگانه که شامل طبیعت و جامعه است؛ بدیهی است که این بدان معنی است که سیستمی بسیار بزرگ و در مقیاسی گسترده است که شامل فاکتورهای زیادی از جمله جمعیت، منابع، محیط‌زیست، جامعه، اقتصاد، فناوری و غیره است که این عوامل به صورت علت و معلولی بر هم‌کنش دارند، یکدیگر را محدود می‌کنند و نه تنها به عنوان بازخورد مثبت بلکه به عنوان بازخورد منفی نیز می‌توانند عمل کنند (Feng and Huang, 2008). روش‌های به‌کار برده شده جهت محاسبه ظرفیت برد منابع آب معمولاً نتوانسته‌اند تعامل بین عوامل مختلف را در این سیستم پیچیده در نظر بگیرند (Wang et al., 2018). ظرفیت برد منابع آب نه تنها یک مسئله زیست‌محیطی است، بلکه یک مسأله اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مربوط به امنیت ملی است و به یک موضوع تحقیقاتی جذاب در زمینه منابع آب تبدیل شده

است (Peng et al., 2021). ارزیابی ظرفیت برد منابع آب یک کار اساسی برای محافظت از منابع آب موجود و اجرای مدیریت منابع آب است (Peng et al., 2021). بنابراین مفهوم ظرفیت برد منابع آب برای نشان دادن ارتباط بین بهره‌برداری از منابع آب و توسعه اجتماعی- اقتصادی ضروری است و مدل‌سازی آن یک امر مهم و اساسی برای کشف مکانسیم‌های تعامل میان توسعه اجتماعی- اقتصادی و سیستم منابع آب است (Wu et al., 2020). به دلیل پیچیدگی سیستم منابع آب و ماهیت چند جانبه و سلسله مراتبی عواملی که بر ظرفیت برد منابع آب تأثیر می‌گذارند، برای این مفهوم تعاریف متعددی ارائه شده است و بسیاری از محققان ایده‌های خود را از زوایای مختلف مطرح کرده‌اند (Luo et al., 2017). یک تعریف از ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده ارائه شده است و بحث درباره تعاریف آن در ادامه این مقاله و براساس موارد مطرح شده توسط منتقد انجام گرفته است و سیر تحول و تکامل مطالعات ظرفیت برد منابع آب در مطالعات Yang et al. (2021)، Cheng et al. (2018) و Feng et al. (2008) مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- بررسی موارد مطرح شده توسط منتقد

در این قسمت به مباحث مطرح شده توسط منتقد مقاله منتشر شده پرداخته شده است. از این رو ساختار این بخش متناسب با موارد مطرح شده توسط ایشان تنظیم شده است. ایشان نقد خود را به چهار بخش: ۱. مراجع استفاده شده و مسأله پژوهش؛ ۲. تعریف ظرفیت برد استفاده شده؛ ۳. روش‌شناسی و ۴. نتایج و شیوه تحلیل آن، تقسیم کرده است. همانطور که گفته شد در این بخش سعی شده به موارد مطرح شده توسط ایشان پاسخ داده شود، و جهت تسهیل ارتباط ایشان با موارد مطرح شده در این مقاله سعی شده است حتی‌الامکان به مراجع مورد پذیرش ایشان استناد شود و همچنین جهت اصلاح و تکمیل دیدگاه ایشان از منابع دیگر نیز استفاده شده است.

۳-۱- نقد مطرح شده در خصوص مراجع استفاده شده و مسئله پژوهش در مقالات ارجاع شده

۳-۱-۱- مراجع استفاده شده در مقاله منتشر شده

منتقد معتقد است که بررسی منابع مقاله منتشر شده خطای روش‌شناختی دارد. ایشان بیان کرده است:

> *Mohammadi Sedaran et al." (2021)* روش‌های مدل‌سازی متعددی را تحت عنوان "رویکردهای مختلف ارزیابی ظرفیت برد" بیان می‌کنند. این روش‌ها عبارتند از: چارچوب *DPSIR*، ردپای اکولوژیک، پویایی سیستم‌ها، تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی، تعادل عرضه و تقاضا، ارزیابی فازی، روش مبتنی بر حامل-بار، تحلیل سلسله مراتبی و بهینه‌سازی. این دسته‌بندی خطای روش شناختی دارد. رویکردهای ارزیابی ظرفیت برد در شش دسته توسط *Cohen (1995)* ارائه شده است. تکنیک‌ها و روش‌های بیان شده توسط *Mohammadi Sedaran et al. (2021)* اشاره به دسته ششم *Cohen (1995)* است که پیام اصلی آن نگاه سیستمی و پویا به تحلیل ظرفیت برد می‌باشد. لزوم چنین نگاهی به ارزیابی ظرفیت برد قبلا توسط *Lane (2014)* بیان شده است."

منتقد صرفاً به یکی از کاربردهای مختلف ظرفیت برد اشاره دارد و این نقد نیز ناشی از همین عدم توجه به ابعاد دیگر ظرفیت برد است؛ زیرا Cohen (1995) بیان می‌کند که:

> *"**Calculations of estimates of Earth's maximum supportable human population use one of six methods**, apart from those that are categorical assertions without data."*

Cohen (1995) روش‌های ارزیابی حداکثر جمعیت قابل پشتیبانی انسان توسط زمین را به شش دسته تقسیم‌بندی کرده است. همانطور که در مقاله منتشر شده آورده شده است، در این مقاله به برخی از "رویکردهای مختلفی جهت ارزیابی ظرفیت برد منابع آب" اشاره شده است، همانطور که گفته شد این دو زمینه تحقیقاتی اساساً متفاوت از یکدیگرند. به‌علاوه در مقاله منتشر شده "رویکردهای مختلفی جهت ارزیابی ظرفیت برد منابع آب" ذکر شده است که منتقد در متن خود از آن‌ها تحت عنوان "رویکردهای مختلف ارزیابی ظرفیت برد" یاد می‌کند، خلاصه کردن عبارت ظرفیت برد منابع آب که در مقاله بیان شده است به ظرفیت برد به معنای تفاوت نداشتن این دو مفهوم برای منتقد است. از طرف دیگر ایشان بیان کرده‌اند که: "این دسته‌بندی خطای روش‌شناختی دارد"، مقاله منتشر شده هیچ دسته‌بندی از روش‌های مورد استفاده در تحقیقات ظرفیت برد آب ارائه نکرده است و صرفاً برخی از روش‌های موجود در این زمینه را بیان کرده است.

۳-۱-۲- تعریف ظرفیت برد استفاده شده در مقاله منتشر شده

این قسمت متمرکز به نقدی است که منتقد بر تعریف ارائه شده از ظرفیت برد توسط Weihua et al. (1992) وارد دانسته است. لازم به توضیح است که نویسنده این متن به هیچ وجه قصد دفاع از مقاله منتشر شده توسط Weihua et al. (1992) را ندارد و صرفاً بـه تبیین دیـدگاه منتقد می‌پـردازد کـــه بـراساس آن تعریف ارائه شـــده توسط Weihua et al. (1992)را نقد کرده است.

منتقد بیان داشته است که:

"در کشور چین، Weihua et al. (1992) علیرغم آنکه به تعریف اصلی ظرفیت برد اشراف داشتند، در پژوهش خود تعریف آن را تغییر دادند. آنها در مقاله خود ابتدا بیان می‌کنند که:

"[Carrying capacity] which has long been used in ecology in the past, as the maximum limit of the number of livings which certain natural environment can bear".

با این وجود، ایشان تعریف بدعت‌گذارانه‌ای از ظرفیت برد ارائه کردند که به شرح زیر است:

"The definition of environmental carrying capacity in this paper is not confined to that. It also includes the conception of the effect of human activity, namely, the threshold of the effect of human activities which the environment in a given region can bear at a certain period and under certain conditions."

تعریف دوم که منتقد آن را تعریف بدعت‌گذارانه نامیده است صرفاً یک برداشت شخصی بوده و بدون توجه به سیر تحول مطالعات انجام شده در این زمینه است. اساساً تعریف دوم دو مقوله به تعریف قبلی ظرفیت برد که مورد قبول منتقد است اضافه کرده است: مقوله اول، آستانه فعالیت‌های انسانی و مقوله دوم، تأکید بر ارزیابی ظرفیت برد در یک دوره معین و تحت شرایط خاص می‌باشند. هر دو مورد نیز با توجه به منابع مطرح شده توسط منتقد و مطالب بیان شده توسط ایشان قابل توجیه است.

مقوله اول که آستانه فعالیت‌های انسانی است. منبع مورد استناد ایشان (Graymore et al., 2010) نیز بر درنظر گرفتن فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی در ارزیابی‌های ظرفیت برد تأکید می‌کند:

"The framework presented assesses the major pressures caused by human activities against sustainability thresholds for these activities to determine if they have exceeded the human carrying capacity."

مقوله دوم که تأکید بر ارزیابی ظرفیت برد در یک دوره معین و تحت شرایط خاص است. ایشان پاسخ این مورد را داده‌اند:

"این تخمین‌ها همانگونه که Lane et al. (2014) اشاره می‌نماید در پاسخ به سناریوهای مختلف هستند. در این حالت، طراحی سناریو در قسمت روش‌شناسی و نتایج آن در بخش نتایج الزامی است. به این دلیل که ظرفیت برد متغیری مشروط، پیچیده و تابع مقیاس تحلیل در بعد زمانی و مکانی است."

در ادامه ایشان مطرح می‌کند که:

"آنچه که Weihua et al. (1992) تحت عنوان تعریف کلی‌تر از ظرفیت برد ارائه نمودند، در ادبیات پژوهشی به عنوان "سرویس‌های اکولوژیک" شناخته می‌شود. سرویس‌های اکولوژیک به دو صورت منبع[۲] یا چاه[۳] عمل می‌کنند. برای این‌که این مفاهیم در تحلیل‌های ظرفیت برد استفاده شود، نیازی به تغییر تعریف نیست، بلکه کافی است به سرویس‌های اکولوژیک مورد استفاده اشاره شود (Biggs et al., 2012)."

تعمیم گفته‌های Weihua et al. (1992) به سرویس‌های اکولوژیک بر چه اساس صورت گرفته است؟ این سوال از آنجا مطرح می‌شود که ایشان در ادامه بیان داشته است که *برای این‌که این مفاهیم در تحلیل‌های ظرفیت برد استفاده شود، نیازی به تغییر تعریف نیست، بلکه کافی است به سرویس‌های اکولوژیک مورد استفاده اشاره شود* و این گفته را با استناد به منبع Biggs et al. (2012) بیان کرده است. Biggs et al. (2012) در مقاله‌ای که منتشر کرده است واژه ظرفیت برد (Carrying capacity) را به کار نبرده است. Biggs et al. (2012) در تمام مقاله خود از واژه ظرفیت (Capacity) استفاده کرده است. مفاهیم ظرفیت و ظرفیت برد متفاوت از یکدیگراند و سردرگمی در خصوص تفاوت آن‌ها صرفاً مختص منتقد نیست و به طور کلی در ادبیات علمی نیز بین عبارات ظرفیت و ظرفیت برد (به خصوص در زمینه منابع و محیط‌زیست) یک سردرگمی وجود دارد (Hambrey and Senior, 2007). از این رو جهت مطالعه بیشتر، پژوهش Hambrey and Senior (2007) توصیه می‌شود.

در ادامه ایشان مطرح می‌کند که:

"تعریف صحیح ظرفیت برد به صورت زیر است (Franck et al., 2011):

"Carrying capacity (K) describes the number of human beings that can be supported on a sustainable basis in a given area (or on the whole Earth) within natural resource limits and by human choices concerning social, cultural and economic conditions."

که ترجمه آن به صورت زیر است:

"ظرفیت برد بیان کننده تعداد افرادی است که توسط یک محدوده و به شکل پایدار تأمین می‌شوند، [که این تعداد] با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع طبیعی و انتخاب‌های انسانی است و شامل شرایط اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی است"."

در تعریفی که متن زبان انگلیسی از مفهوم ظرفیت برد ارائه شده است یک **K** ذکر شده است که ایشان در ترجمه آن را لحاظ نکرده‌اند. وجود **K** در تعریف ظرفیت برد یک دیدگاه منحصربه فرد را ارائه می‌دهد که همان دیدگاهی است که ایشان استدلال‌های بعدی خود را بر اساس آن استوار ساخته است. البته با توجه به مباحث مطرح شده توسط

ایشان، و حذف **K** در ترجمه فارسی، به نظر می‌رسد ایشان فقط همین یک دیدگاه را درباره ظرفیت برد مد نظر قرار داده و از جنبه های دیگر آن اطلاع کافی ندارند. ایشان بر پایه همین یک دیدگاه استدلال‌های خود را بیان کرده‌اند و نقدهایی که بیان داشته‌اند عمدتاً به دلیل معتقد بودن به این دیدگاه و بی‌اطلاع بودن از سایر دیدگاه‌ها می‌باشد. با توجه به اهمیت و گستردگی بحث درباره این دیدگاه و استدلال‌ها و توصیه‌های مطرح شده توسط منتقد این دیدگاه به طور مجزا در موارد بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد.

ایشان در ادامه بیان می‌کند که:

Mohammadi Sedaran et al. (2021) به درستی در متن به مفهوم ظرفیت برد مانند زیر اشاره نموده‌اند:

"[ظرفیت برد] به طور کلی به حد بالایی [از] اندازه جمعیت و اقتصاد اشاره دارد که منابع و محیط زیست در یک منطقه خاص می‌توانند از آن پشتیبانی کنند، به نحوی که محیط زیست به خوبی حفظ شود و آسیبی نبیند."

علیرغم این اشاره صحیح به تعریف ظرفیت برد، در ادامه نویسندگان مقاله مورد نقد، روند اشتباه بعضی از محققان در کشور چین را تقلید نموده‌اند. به صورتی که در ادامه تعریف مورد استفاده‌ی نویسندگان به صورت زیر است:

" حداکثر توانایی منابع آب برای پشتیبانی از مقیاس اجتماعی- اقتصادی، جمعیت و محیط زیست در یک برهه زمانی خاص است، که از فناوری قابل پیشبینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه به عنوان پایه، توسعه پایدار به عنوان اصل و حفظ چرخه زیست‌محیطی به عنوان شرط توسعه مناسب استفاده می‌کند."

تعریف فوق سنخیتی با تعریف صحیح ظرفیت برد منابع آب ندارد. اولین ایراد آن است که تأکید بر "پشتیبانی از ..." شده است. آنچه که این جمله به آن اشاره دارد، همانگونه که پیشتر ذکر شد، در ادبیات پژوهشی تحت عنوان سرویس‌های اکولوژیک شناخته می‌شود. در ادامه "فناوری قابل پیشبینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه" به عنوان پایه برای ظرفیت برد بیان شده است که ناکامل است. پایه‌ی ظرفیت برد همانگونه که به صورت مفهومی توسط Graymore et al. (2010) بیان شده است، دارای دو بخش است که در شکل زیر نمایش داده شده است:

در ادامه به مبحث پایداری و جایگاه آن در کنار ظرفیت برد پرداخته می‌شود. همچنین، "حفظ چرخه زیست محیطی" که تحت عنوان شرط توسعه بیان شده است، در واقع قید در فرآیند تحلیل ظرفیت برد محسوب می‌شود. شکل ۱ قائل به دو دسته قید برای "حفظ سیستم" است و بیان می‌کند که این قیدها شامل (۱) محدودیت‌های اکولوژیک و (۲) محدودیت‌های اجتماعی- اقتصادی است."

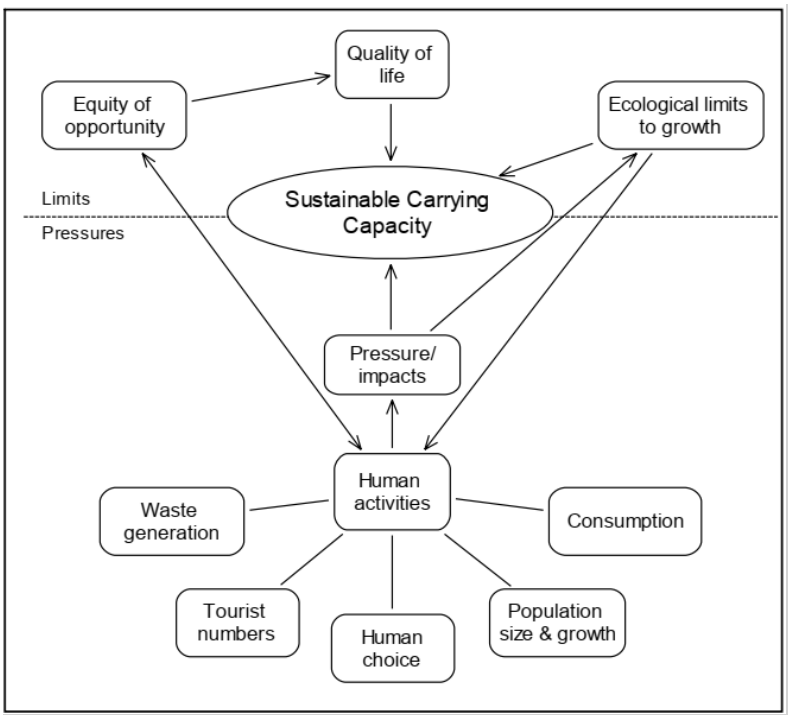

Fig. 1- Conceptual model of regional sustainability and carrying capacity place in it (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010)

شکل ۱- مدل مفهومی پایداری منطقه‌ای و جایگاه ظرفیت برد در آن (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010)

اولین ایرادی که ایشان به تعریف به کاربرده شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده وارد می‌داند:

" اولین ایراد آن است که تأکید بر "پشتیبانی از ..." شده است. آنچه که این جمله به آن اشاره دارد، همانگونه که پیشتر ذکر شد، در ادبیات پژوهشی تحت عنوان سرویس‌های اکولوژیک شناخته می‌شود."

همانطور که Catton (1986) بیان کرده است ظرفیت برد محیطزیست به عنوان حداکثر بار قابل پشتیبانی درنظر گرفته می‌شود:

"An environment's carrying capacity is its maximum persistently supportable load"

همچنین Rees (1996) تشریح می‌کند که ظرفیت برد را برای انسان‌ها باید متفاوت از سایر گونه‌ها، تابع بار اعمال شده بر محیطزیست درنظر گرفته شود نه تابع جمعیت آن‌ها؛ و بیان می‌کند که بار انسان‌ها نه تنها تابع جمعیت بلکه تابعی از مصرف سرانه نیز می‌باشد.

"For purposes of game and range management, carrying capacity is usually defined as the maximum population of a given species that can be supported indefinitely in a defined habitat without permanently impairing the productivity of that habitat. However, because of our seeming ability to increase our own carrying capacity by eliminating competing species, by importing locally scarce resources, and through technology, this definition seems irrelevant to humans. Indeed, trade and technology are often cited as reasons for rejecting the concept of human carrying capacity out of hand.' This is an ironic error shrinking carrying capacity may soon become the single most important issue confronting humanity. The reason for this becomes clearer if we define carrying capacity not as a maximum population but rather as the maximum "load" that can safely be imposed on the environment by people. Human load is a function not only of population but also of per capita consumption and the latter is increasing even more rapidly than the former due (ironically) to expanding trade and technology. As Catton (1986) observes: "The world is being required to accommodate not just more people, but effectively 'larger' people . . ." For example, in 1790 the estimated average daily energy consumption by Americans was 11,000 kcal. By 1980, this had increased almost twenty-fold to 210,000 kcal/day (Catton 1986). As a result of such trends, load pressure relative to carrying capacity is rising much faster than is implied by mere population increases."

از طرف دیگر تعیین یک مقدار مشخص و ثابت برای ظرفیت برد محیطزیست (در سیستم‌های انسان- محیطزیست) غیرممکن و بی‌معنی است. همانطور که Zhu et al. (2020) بیان می‌کند، آستانه ظرفیت برد محیطزیست در سیستم‌های انسانی- طبیعی در واقعیت اتفاق نمی‌افتد:

"Nevertheless, it should be noted that the threshold of the ecological environment carrying capacity would not occur in reality since the damage experiment for human-nature system cannot be conducted."

و Arrow et al. (1995) نیز تأکید می‌کند که تعیین یک مقدار مشخص برای ظرفیت برد محیطزیست بی‌معنی است:

"Carrying capacities in nature are not fixed, static, or simple relations. They are contingent on technology, preferences, and the structure of production and consumption. They are also contingent on the everchanging state of interactions between the physical and biotic environment. A single number for human carrying capacity would be meaningless because the consequences of both human innovation and biological evolution are inherently unknowable."

این استدلال‌ها اساس شکل‌گیری روش‌ها و رویکردهای ظرفیت برد در زمینه منابع و محیطزیست می‌باشند. یکی از اساسی‌ترین رویکردها در مطالعات ظرفیت برد منابع و محیطزیست که بر اساس موارد مطرح شده و ریشه تاریخی مفهوم ظرفیت برد ایجاد شده، رویکرد فشار- پشتیبانی است (و یا رویکرد حامل- بار که برگرفته است از رویکرد فشار- پشتیبانی می‌باشد). این رویکردها به عنوان مبنا در محاسبات ظرفیت برد منابع و محیطزیست قرار گرفته و رویکردهای دیگر عمدتاً با توسعه این رویکرد ایجاد شده‌اند.

پژوهشگرانی که در مواجهه با مفهوم ظرفیت برد این رویکرد را اتخاذ کرده‌اند استدلال می‌کنند که مفهوم "ظرفیت برد" از اصطلاح مکانیکی و مهندسی متشکل از دو جنبه "حامل" و "بار" نشأت گرفته و مفهوم ظرفیت برد از تعامل حامل و بار ایجاد می‌شود (Liao et al., 2020; Shen et al., 2020). در حقیقت در اصل این مفهوم یک مفهوم فیزیکی برای توصیف توانایی حامل در پشتیبانی از بار بوده است (Zhang et al., 2019; Zhu et al., 2020) و به صورت "حداکثر باری که یک جسم می‌تواند تحمل کند بدون اینکه از نظر فیزیکی آسیب ببیند" تعریف می‌شود (Zhiming et al., 2018). آن‌ها از مفهوم ظرفیت برد برای انعکاس رابطه بین فعالیت‌های اجتماعی- اقتصادی انسان و محیطزیست‌طبیعی استفاده می‌کنند که براساس

رابطه بین حامل و بار تعیین می‌شود (Wu and Hu, 2020). بنابراین آن‌ها در ارزیابی‌هایشان، یک سیستم (اکوسیستم، منابع آب و غیره) را به حامل‌ها و بارها تقسیم می‌کنند، به بیان دیگر آن‌ها فرض می‌کنند که در یک سیستم دو نوع نیرو وجود دارد، نیروهای پشتیبانی‌کننده و نیروهای فشار که به ترتیب از حامل و بار ناشی می‌شوند (Wu and Hu, 2020). در این رویکرد ظرفیت برد سیستم هم به حامل‌ها و هم به بارهایی که آن‌ها حمل می‌کنند بستگی دارد (Liao et al., 2020) و ارزیابی‌ها باید همزمان بر روی هر دو عامل تعیین‌کننده حامل و بار انجام شود که دارای ماهیت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی هستند (Ait-Aoudia and Berezowska-Azzag, 2016). علاوه‌بر درنظر گرفتن حامل‌ها و بارها در ارزیابی ظرفیت برد، باید رابطه بین آن‌ها نیز درنظر گرفته شود و بدون درنظر گرفتن رابطه متقابل آن‌ها قضاوت در مورد بارگیری بیش از حد ظرفیت برد دشوار است (Zhu et al., 2020). بنابراین هنگام ارزیابی ظرفیت برد هر دو حامل و بار باید درنظر گرفته شوند به طوری که رابطه متقابل بین آن‌ها نیز منعکس شود (Zhu et al., 2020). ظرفیت برد را بر اساس این دیدگاه می‌توان به عنوان "ظرفیت حامل‌های منطقه‌ای برای پشتیبانی از بارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی در راستای توسعه منطقه‌ای"، تعریف کرد (Liao et al., 2020). برخی از محققان با مدنظر قرار دادن منشأ مفهوم ظرفیت برد سعی می‌کنند آستانه‌ای را به عنوان محدودیت ظرفیت برد محیط‌زیست شناسایی کنند به عنوان مثال روش ردپای اکولوژی که به طور گسترده توسط پژوهشگران برای ارزیابی حد ظرفیت برد اکولوژی به کار برده شده است (Peng et al., 2019). متفاوت از جسم فیزیکی، سیستم محیط‌زیست ایستا نیست (Arrow et al., 1996) سیستم طبیعت یک سیستم باز، پویا، سازگار، تاب‌آور و پیچیده است که با عوامل مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مشخص می‌شود (Chelleri, 2012). این عوامل اجتماعی و اقتصادی نه تنها می‌توانند بارهای مختلفی به سیستم محیط‌زیست وارد کنند بلکه از طریق حاکمیت زیست‌محیطی مانند کاشت درخت و حفاظت از منابع آب، حاملان محیط‌زیست را نیز می‌توانند تقویت کنند و با توسعه امکانات تصفیه آلودگی، بارهای محیط‌زیست را نیز کاهش دهند؛ علاوه‌براین بهبود مدیریت محیط‌زیست و پیشرفت فن‌آوری نیز برای کاهش بارهای محیط‌زیست مفید است (Zhu et al., 2020). در حالت ایده‌آل سیستم محیط‌زیست خود عملکرد خود را در یک حالت تعادل نسبتاً پویا حفظ خواهد کرد؛ با این حال این تعادل ممکن است به دلیل افزایش بارهای و یا تخریب حامل‌های محیط‌زیست تحت تأثیر قرار گرفته و حتی شکسته شود؛ زیرا ممکن است حامل‌های موجود نتوانند ظرفیت پشتیبانی کافی را ارائه دهند (Shen et al., 2020). در نتیجه وضعیت محیط‌زیست ممکن است در آستانه عبور قرار گیرد بنابراین به یک روند انتقالی نامشخص تبدیل می‌شود (Walker and Meyers, 2004). با این وجود باید توجه داشت که آستانه ظرفیت برد محیط‌زیست در سیستم‌های انسانی- طبیعی در واقعیت اتفاق نمی‌افتد و یا آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری آن مقرون به صرفه نیست، بنابراین بهتر است که ظرفیت برد سیستم‌های انسانی- طبیعی به عنوان یک آستانه درنظر گرفته نشود بلکه به عنوان رابطه‌ای بین بارها و حامل‌های محیط‌زیست درنظر گرفته شود که می‌تواند به صورت زیر نوشته شود (Zhu et al., 2020):

$$\rho\ (\text{carrying capacity index}) = \frac{\text{Load}}{\text{Carrier}} \qquad (۱)$$

در رابطه بالا بار به اهداف (objects) مختلف مربوط به فعالیت‌های انسانی اشاره دارد؛ حامل پشتیبان طبیعی یا انسان‌ساز از بار است؛ ρ به معنی شاخص ظرفیت برد مربوط به حامل است. هر چه مقدار ρ کمتر باشد بیانگر عملکرد بهتر ظرفیت برد است، در این رابطه هم حامل‌ها و بارها و هم تعامل بین آن‌ها در ارزیابی ظرفیت برد درنظر گرفته می‌شود (Zhu et al., 2020).

مفهوم ظرفیت برد منابع آب از منظر ساختار حامل- بار در شکل ۲ نشان داده شده است.

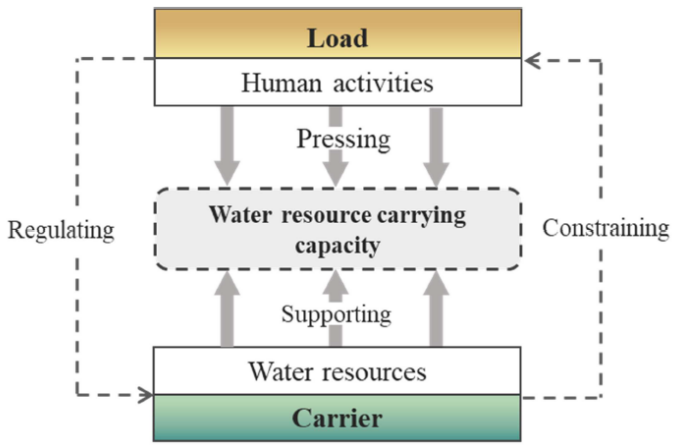

Fig. 2- Carrier-load structure for examining water resources carrying capacity (Liao et al., 2020)

شکل ۲- ساختار حامل- بار برای بررسی ظرفیت برد منابع آب (Liao et al., 2020)

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است منابع آب حامل نامیده می‌شوند که از بارهای فعالیت‌های انسانی در طی فرآیند توسعه منطقه‌ای پشتیبانی می‌کنند به عبارت دیگر فعالیت‌های انسانی (بار) بر سیستم منابع آب منطقه‌ای فشار وارد می‌کند و منابع آب (حامل) فشار را تحمل می‌کنند؛ از آنجا که ظرفیت پشتیبانی حامل محدود است، اثر محدود کننده‌ای بر حجم فعالیت‌های انسانی دارند و اگر بار بیش از حد باشد، حامل بیش از حد بارگذاری می‌شود با این وجود این اثر محدود کننده می‌تواند تا حدی قابل تغییر باشد (Liao et al., 2020). هنگامی که بار بر روی حامل نزدیک به آستانه حمل باشد، می‌توان اقدامات نظارتی خاصی را برای تغییر بار یا افزایش حامل اتخاذ کرد، بنابراین می‌توان مشکلات احتمالی اضافه بار را کاهش داد؛ به عنوان مثال اقدامات بهینه‌سازی تخصیص و افزایش بهره‌وری استفاده ار آب و بهبود فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب را می‌توان جهت کاهش بار منابع آب منطقه‌ای و با انجام پروژه‌های انتقال آب می‌توان قابلیت حامل آب را افزایش داد، این نشان می‌دهد که تغییرات حامل‌ها و بارها و تعامل آن‌ها در یک سیستم می‌تواند ظرفیت برد سیستم را تغییر دهد (Liao et al., 2020).

بنابراین همانطور که بیان شد ظرفیت برد را بر اساس این دیدگاه می‌توان به عنوان "ظرفیت حامل‌های منطقه‌ای برای **پشتیبانی از** بارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی در راستای توسعه منطقه‌ای" درنظر گرفت. از این رو به کار بردن عبارت **پشتیبانی از** در تعریف ارائه شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده که با استفاده از چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت انجام شده (بدیهی است که این چارچوب تعمیم یافته چارچوب فشار- پشتیبانی است) به درستی انجام شده است. بعلاوه همانطور که MacLeod and Cooper (2005) بیان کرده است، ظرفیت برد به توانایی یک سیستم برای **پشتیبانی از** یک فعالیت یا ویژگی در یک سطح معین اشاره دارد:

"In its broadest sense, carrying capacity refers to the ability of a system to support an activity or feature at a given level."

دومین ایرادی که ایشان به تعریف به کاربرده شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده وارد می‌داند:

"در ادامه "فناوری قابل پیش‌بینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه" به عنوان پایه برای ظرفیت برد بیان شده است که ناکامل است. پایه ظرفیت برد همانگونه که به صورت مفهومی توسط Graymore et al. (2010) بیان شده است، دارای دو بخش است که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

این نقد منتقد ناشی از سوء برداشت ایشان از تعریف ارائه شده از ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده و رویکرد اتخاذ شده توسط Graymore et al. (2010) است. رویکردی که توسط Graymore et al. (2010) برای ارزیابی ظرفیت برد اتخاذ شده از فشار ناشی از فعالیت‌های انسانی در مقابل آستانه اجتماعی- اقتصادی و محیط‌زیستی استفاده می‌کند (شکل ۱) که مشاهده می‌شود این رویکرد مبتنی بر همان دیدگاه فشار- پشتیبانی است. دلیل بیان "فناوری قابل پیش‌بینی، اقتصادی و سطح پیشرفت جامعه" به عنوان پایه برای ظرفیت برد، متفاوت از موارد مطرح شده توسط منتقد است. همانطور که Arrow et al. (1995) به صراحت بیان کرده تغییرات ظرفیت برد مشروط به تغییرات فناوری و ساختار تولید و مصرف است (در کنار عوامل دیگر):

"Carrying capacities in nature are not fixed, static, or simple relations. They are contingent on technology, preferences, and the structure of production and consumption. They are also contingent on the everchanging state of interactions between the physical and biotic environment."

از طرف دیگر Jia et al. (2018) نیز بر درنظر گرفتن فناوری، مدیریت و سطح توسعه اقتصادی در مطالعات ارزیابی‌های مبتنی بر ظرفیت برد در علوم آب تأکید کرده است:

The social and economic systems are the main supporting bodies of water environment, and the composition, structure and state of the system affect the carrying capacity and carrying status. Therefore, the carrying capacity of water environment cannot be separated from specific technology and management. The limitation of water environmental carrying capacity is related to the level of technology and management, which are mainly embodied in the level of economic and technological development and utilization of water resources, water consumption and the level of pollutant discharge and structure in all the industries and the phases of social life, as well as in the optimal allocation of water resources. The exploitation and utilization potential generated by the economic development, technological progress and improvement of population quality can strengthen the assimilative capacity of water bodies and water resources supporting capacity. Therefore, it is possible to enhance the carrying capacity and its exploitation and utilization potential of water environment by improving the level of economy and technology and readjusting the industrial structure.

مشاهده می‌شود که در تعریف به کار برده شده از ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده به این موارد توجه شده است. از این رو تعریف به کاربرده شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده با موارد مطرح شده توسط Arrow et al. (1995) و Jia et al. (2018) کاملاً همخوانی دارد و هیچ تناقضی بین آن‌ها وجود ندارد و نقد منتقد ناشی از سوء برداشت ایشان است.

ایرادات دیگری که ایشان به تعریف به کاربرده شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده وارد می‌داند:

"در ادامه به مبحث پایداری و جایگاه آن در کنار ظرفیت برد پرداخته می‌شود. همچنین، "حفظ چرخه زیست محیطی" که تحت عنوان شرط توسعه بیان شده است، در واقع قید در فرآیند تحلیل ظرفیت برد محسوب می‌شود. شکل (۱) قائل به دو دسته قید برای "حفظ سیستم" است و بیان می‌کند که این قیدها شامل (۱) محدودیت‌های اکولوژیک و (۲) محدودیت‌های اجتماعی- اقتصادی است."

اول اینکه استفاده از پایداری در تعریف به کار برده شده در مقاله منتشر شده نیاز به توضیح ندارد؛ زیرا منتقد در جای دیگر جواب این مورد را داده است. منتقد بیان کرده است که:

"تعریف ظرفیت برد، براساس مفهوم پایداری است.

تعریف پایداری برای یک سیستم مشخص است (Costanza and Patten, 1995) و باز تعریف دقیق‌تر آن با تکیه بر ظرفیت برد ارائه شده است (Ben-Eli, 2018). برای پیاده‌سازی مفهوم و اصول پایداری در سطح مدل‌سازی دو مکتب وجود دارند. مکتب اول تکیه بر شاخص‌ها (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010) و مکتب دوم مبتنی بر فرآیندها می‌باشد (Bagheri and Hjorth, 2007; Meadows et al., 2004, 2006). با نگاه به تعریف به روز پایداری و اصول آن توسط Ben-Eli (2018) در ادبیات جاری پژوهش، مکتب دوم توصیه می‌شود."

دوم اینکه ایشان بیان کرده‌اند که *"همچنین، "حفظ چرخه زیست محیطی" که تحت عنوان شرط توسعه بیان شده است، در واقع قید در فرآیند تحلیل ظرفیت برد محسوب می‌شود"* دارای ابهام است. گفته ایشان به دو دلیل می‌تواند باشد: ۱. کاربرد عبارت "حفظ چرخه زیست‌محیطی" در تعریف ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده ایراد دارد؛ ۲. چرا حفظ چرخه زیست محیطی به صورت قید لحاظ نشده. در این قسمت به هر دو مورد پرداخته می‌شود:

۱- این‌که بیان داشته‌اند که اینکه در تعریف ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده عبارت "حفظ چرخه زیست محیطی" ایراد دارد و استدلال خود را بر اساس شکل ۱ بیان داشته‌اند و بر مبنای این شکل استدلال کرده‌اند که باید دو دسته قید درنظر گرفته شود (۱) محدودیت‌های اکولوژیک و (۲) محدودیت‌های اجتماعی- اقتصادی. به طور کلی این دسته‌بندی‌ها براساس اهداف تحقیق انجام می‌شود و محققان براساس اهداف تحقیق دسته‌بندی‌های بسیار متنوعی انجام داده‌اند که به برخی از آن‌ها در مقاله منتشر شده، اشاره شده است. هدف و زمینه تحقیق در مقاله‌ای که منتشر شده است با مقاله‌ای که منتقد به آن اشاره کرده است کاملاً متفاوت از یکدیگرند و مقایسه آن‌ها با یکدیگر (از این جهت) کاملاً اشتباه است. با این حال مفهوم ظرفیت برد با هر هدفی و در هر زمینه‌ای که مورد استفاده قرار گیرد باید به پایداری محیط‌زیست توجه ویژه‌ای داشته باشد. همانطور که مقاله مورد استناد منتقد بیان می‌کند که:

"given the fundamental uncertainties about the nature of ecosystem dynamics and the dramatic consequences we would face if we were to guess wrong, it is necessary that we act in a precautionary way so as to maintain the diversity and resilience of ecosystems."

بنابراین توجه به پایداری محیط‌زیست یک شرط اساسی است و در تعریف به کاربرده شده از مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مقاله منتشر شده به درستی انجام شده و وارد شدن یا نشدن سایر قیدها بستگی به اهداف و زمینه تحقیق دارد.

۲- این‌که ایشان بیان کرده‌اند که چرا حفظ چرخه زیست محیطی به صورت قید لحاظ نشده؟. شرط حفظ چرخه زیست‌محیطی در ارزیابی ظرفیت برد در مقاله منتشر شده رعایت شده است و اساساً حفظ پایداری محیط‌زیست به عنوان یک شرط اساسی و اولین گام در ارزیابی ظرفیت برد در مقاله منتشر شده مورد توجه قرار گرفته است. همانطور که در متن مقاله منتشر شده بیان شده است که:

"همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده و در فرآیند ارزیابی به کار برده شده در این پژوهش پایداری محیط‌زیست را به عنوان مهمترین اصل و اولین گام در ارزیابی ظرفیت برد منابع آب قرار داده است."

۳-۲- نقد مطرح شده در ارتباط با روش‌شناسی مقاله منتشر شده

۳-۲-۱- نحوه بیان میزان ظرفیت برد منابع آب

ایشان بیان داشته‌اند که:

" پس همانگونه که نویسندگان اشاره نمودند، هدف ایشان از این مقاله، بایستی برآورد ظرفیت برد [از جنس جمعیت] با تأکید بر منابع آب برای سیستم اجتماعی و اقتصادی حوضه آبریز زرینه‌رود باشد."

"تحلیل ظرفیت برد، مقایسه جمعیت با عدد محاسبه شده برای ظرفیت برد است. ظرفیت برد، خود از نوع تعداد نفر می‌باشد."

تأکید ایشان و نقدی که بیان داشته‌اند، بیان نکردن مفهوم ظرفیت برد منابع آب بر اساس "جمعیت" است. ایشان جمعیت را تنها واحد قابل قبول برای بیان ظرفیت برد می‌دانند، اما در همان مقاله‌ای که ایشان مطرح کرده‌اند (Graymore et al., 2010) ظرفیت برد براساس جمعیت بیان نشده است. بیان ظرفیت برد براساس جمعیت یک دیگاه اولیه برای محاسبه ظرفیت برد است که توسط سایر پژوهشگران توسعه یافته است. به عنوان مثال در مطالعه‌ای که توسط Magri and Berezowska-Azzag (2010) جهت ارزیابی ظرفیت برد منابع آب شهری در منطقه Oran الجزایر انجام شده است به بیان ظرفیت برد براساس ترکیبی از حداکثر آستانه جمعیت و درآمد بهینه سرانه (تولید ناخالص داخلی) پرداخته شده است. به بیان دیگر ظرفیت برد را می‌توان به صورت آستانه جمعیت، ترکیبی از آستانه جمعیت و GDP و یک شاخص بدون بعد بیان کرد. از آنجا که مفهوم ظرفیت برد در برگیرنده عوامل زیاد و متنوعی است روش‌های ارزیابی مبتنی بر شاخص یک روش قدرتمند و بسیار پرکاربرد در ارزیابی ظرفیت برد است که به طور کلی نتایج محاسبات ظرفیت برد مبتنی بر شاخص عمدتاً یک شاخص بدون بعد است. از این رو این مقاله و مقالات متعدد دیگر مانند مقاله‌ای که منتقد به آن اشاره کرده‌اند (Graymore et al., 2010) به بیان و ارزیابی ظرفیت برد براساس شاخص بدون بعد پرداخته‌اند.

۳-۲-۲- استفاده از سیستم شاخص جهت ارزیابی ظرفیت برد منابع آب

ایشان استفاده از سیستم شاخص را جهت ارزیابی ظرفیت برد رد کرده‌اند و بیان داشته‌اند که:

"استفاده از سیستم شاخص‌ها مجدداً بدعتی توسط برخی پژوهشگران است که در سطح وسیع انجام می‌شود".

این مورد نیاز به توضیح ندارد زیرا در جای دیگر خودشان جواب نقدشان را داده‌اند:

" تعریف ظرفیت برد، براساس مفهوم پایداری است. تعریف پایداری برای یک سیستم مشخص است (Costanza and Patten, 1995) و باز تعریف دقیق‌تر آن با تکیه بر ظرفیت برد ارائه شده است (Ben-Eli, 2018). برای پیاده‌سازی مفهوم و اصول پایداری در سطح مدل‌سازی دو مکتب وجود دارند. مکتب اول تکیه بر شاخص‌ها (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010) و مکتب دوم مبتنی بر فرآیندها می‌باشد (Bagheri and Hjorth, 2007; Meadows et al., 2004, 2006)."

به‌علاوه **ده‌ها** مقاله‌ای دیگری که در مجلات بسیار معتبر منتشر شده‌اند که جهت ارزیابی ظرفیت برد در زمینه‌های مختلف از این روش (روش ارزیابی مبتنی بر شاخص) استفاده کرده‌اند گواهی بر درست بودن روش‌شناسی مقاله و رد نقد مخاطب می‌باشند (Zhang et al., 2019; Jia et al., 2018; Liu and Borthwick, 2011; Chen et al., 2022; Tan et al., 2022; Wang et al., 2022).

۳-۲-۳- نپرداختن به مبحث پایداری سیستم منابع آب در آینده

نقد دیگری که ایشان بر مقاله منتشر شده وارد دانسته‌اند نپرداختن به تحلیل پایداری سیستم در آینده است و این امر (تحلیل شرایط آینده) را به عنوان یک وظیفه (برای نویسندگان مقاله) بیان کرده‌اند. ایشان بیان داشته‌اند که:

" به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر، پژوهشگران برای این امر از چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت که فرم ساده شده‌ای از چارچوب نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ است، استفاده نموده‌اند. چارچوب تحلیلی نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ جزء چارچوب‌های تحلیلی قائم بر گذشته است. همانگونه که اشاره شد، بخشی از چگونگی حالت سیستم وابسته به مسیر طی شده است که وضعیت کنونی را رقم می‌زد. چنین چارچوب‌هایی برای تحلیل گذشته سیستم مناسب‌اند. از سوی دیگر، بخش دیگر تحلیل (یا تحلیل پایداری) سیستم در آینده است که کمبود آن احساس می‌شود. بر اساس نظر (1995) Schoemaker روش‌های برنامه‌ریزی آینده شامل چهار دسته می‌باشند: (۱) برنامه‌ریزی اقتضایی/مشروط، (۲) تحلیل حساسیت، (۳) شبیه‌سازی رایانه‌ای و (۴) برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو. پژوهش حاضر با استفاده از شبیه‌ساز SWAT بالقوه توانایی چنین

وظیفه‌ای را دارد، مشروط بر آنکه با روش‌شناسی صحیح در اختیار تخمین ظرفیت برد قرار گیرد."

به طور کلی مطالعات ظرفیت برد شامل سه فاز ارزیابی، پیش‌بینی و ارائه مقررات تنظیمی می‌باشد، براساس نتایج فاز ارزیابی، استفاده از پیش‌بینی به عنوان نقطه شروع و دستیابی به هدف از طریق ارائه مقررات تنظیمی است. تمرکز فاز ارزیابی بر کمی کردن ظرفیت برد یک منطقه خاص است. ارزیابی زمانی و مکانی ظرفیت برد رویکرد انسان به سیستم را مشخص می‌کند به عبارت دیگر بیانگر این است که انسان برای ادامه حیات و همچنین مشتقات رفاهی خود با طبیعت چگونه رفتار می‌کند. به‌علاوه اطلاعات تغییرات زمانی برای ارزیابی مبتنی بر تجربیات گذشته و ارزیابی میزان تلاشی که لازم است برای مواجهه با وضعیت آینده انجام شود، مهم است. تحقیقات در جنبه پیش‌بینی معمولاً سناریوهای توسعه متفاوتی را برای سیستم انسان- منابع آب تنظیم می‌کند و سپس ظرفیت برد منابع آب را در هر سناریو پیش‌بینی می‌کند. تحقیق در مورد برنامه‌ریزی و مقررات تنظیمی به جنبه‌هایی مانند برنامه حفاظت از منابع آب و برنامه‌ریزی توسعه منابع آب اشاره دارد، در این تحقیقات اثرات بازخورد مثبت و منفی در سیستم انسان- منابع آب برای تنظیم فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی استفاده می‌شود. از این رو مفهوم ظرفیت برد می‌تواند جهت سازماندهی برنامه‌ها و سیاست‌ها با توجه به اهداف مشخص، ضمن رعایت آستانه‌ها و محدودیت‌های محیط‌زیست به کار برده شود. نتایج تمام جنبه‌های ارزیابی، پیش‌بینی و ارائه مقررات تنظیمی مطالعات ظرفیت برد منابع آب می‌تواند مرجعی برای توسعه اجتماعی- اقتصادی منطقه‌ای و حفاظت از منابع آب باشد. به طور کلی نتایج مطالعات ظرفیت برد فارغ از روش‌ها و رویکردهای به کار برده شده، می‌توانند جهت ترویج همزیستی هماهنگ میان انسان و طبیعت به کار برده شوند (Wang et al., 2019; Ali, 2012; Chi et al., 2019; Liu et al., 2020a; Magri and Berezowska-Azzag, 2019).

همچنین در منبعی که منتقد به آن استناد کرده و مورد پذیرش ایشان است (Graymore et al., 2010) بیان شده است که:

Achieving regional sustainability requires assessment methods that reliably and validly measure regional sustainability and thereby increase the potential for well-informed planning and decision-making. *An effective sustainability assessment method provides information about the overall sustainability of a system without losing information about system parts. Its approach is necessarily holistic covering aspects of system viability, performance and sustainability with the largest impact on the overall system's sustainability. Furthermore, it must bring the information together using an aggregation method that recognises a system, or a system dimension, which cannot be assessed in isolation from the systems it is dependent upon. Also, to be useful for decisionmaking, any sustainability assessment needs to have quantifiable criterion for monitoring. Moreover, any policy relevant measurement framework should deliver information that is easy to understand and communicate to professionals, politicians, formal and informal stakeholders, and the general public so its potential to guide strategic planning for sustainability is maximised. Presenting accessible and understandable data facilitates public awareness about sustainability and advances the possibilities of transparent decision-making. But most importantly, and a primary focus of our paper, it must be able to assess sustainability at the regional scale. In a recent study, the effectiveness of five commonly used sustainability assessment frameworks—ecological footprint, wellbeing assessment, quality of life, ecosystem health assessment and natural resource availability—were evaluated at the regional scale. This study found that none of these methods were entirely effective at this scale, mainly due to the large amounts of data required for the assessments, much of which is not available at the regional scale. Furthermore, the assessment methods were limited in their ability to fully assess regional sustainability, as they concentrated on the condition of part of the system without assessing the cause of any change.* ***None of the methods evaluated used aggregation methods that combined indicators based on the interactions between indicators and their differing impacts on sustainability to produce an overall sustainability assessment without the loss of information about the system.*** *Thus, we demonstrated the lack of an effective assessment method for sustainability monitoring and evaluation at the regional scale. In that paper, we called for the development of a regional sustainability assessment framework based on the best science and data at the regional scale to produce an effective tool for regional managers to use in the adaptive management process. The method must be able to produce wellinformed decision-making, policy development and implementation of sustainability programs and management actions to help achieve regional sustainability. It also needs to facilitate learning about regional sustainability for managers.*

در قسمت اول متن فوق (که در متن مشخص شده) تأکید می‌کند که دستیابی به پایداری منطقه‌ای مستلزم روش‌های ارزیابی است که پایداری منطقه‌ای را به طور قابل اعتماد و معتبر اندازه‌گیری کند. که

تأکیدی بر اهداف مقاله منتشر شده است که به ارزیابی ظرفیت برد منابع آب در دوره تاریخی پرداخته است. در ادامه متن فوق ویژگی‌های یک روش ارزیابی پایداری مؤثر را بر می‌شمرد و بیان می‌کند که یک روش ارزیابی پایداری مؤثر باید کل نگر باشد، اجزاء مختلف سیستم را پوشش دهد، به راحتی توسط سیاست‌مداران و غیره قابل فهم باشد، امکان تصمیم‌گیری شفاف را فراهم کند و موارد دیگر. این متن همچنین پنج چارچوب ارزیابی پایداری رایج را بررسی می‌کند و بیان می‌کند که هیچ کدام از آن‌ها به طور کامل در مقیاس منطقه‌ای مؤثر نیستند. در نهایت در قسمتی که در متن مشخص شده ضعف پنج روش بررسی شده را استفاده نکردن از یک روش تجمیعی براساس تعاملات بین شاخص‌ها و تأثیر متفاوت آن‌ها بر پایداری به نحوی که یک ارزیابی کلی را بدون از دست دادن اطلاعات انجام دهند، بیان می‌کند. در ادامه مقاله، برای یک ارزیابی مؤثر که چالش‌های فوق را برطرف کند، مفهوم ظرفیت برد، آن هم براساس روش ارزیابی مبتنی بر شاخص معرفی شده است. مواردی که دقیقاً در مقاله منتشر شده به درستی رعایت شده است و رویکرد اصلی مقاله را تشکیل می‌دهند.

به‌علاوه همانطور که در متن مقاله منتشر شده اشاره شده، این مقاله صرفاً بر بعد ارزیابی ظرفیت برد منابع آب تمرکز داشته است و ابعاد پیش‌بینی و ارائه مقررات تنظیمی خارج از بحث این مقاله است. همچنین چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت (PSS) ساده شده چارچوب نیرومحرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ (DPSIR) نیست، چارچوب فشار- وضعیت- پاسخ (PSR) ساده شده چارچوب DPSIR است. برخی از دلایل استفاده از چارچوب PSS و برتری آن در محاسبه ظرفیت برد منابع آب نسبت به سایر چارچوب‌های ارزیابی بخصوص چارچوب DPSIR به تفضیل در متن مقاله شرح داده شده است.

از آنجا که یکی از مهمترین اهداف مقاله منتشر شده ارزیابی کارآیی سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریتی در عمل می‌باشد همانطور که بیان کرده‌اند:

" جهت ارزیابی تغییرات ظرفیت برد منابع آب، نیز فرآیندی اتخاذ شده است که ضمن تأکید بر سلامت محیط‌زیست، بیان وضعیت چند وجهی سیستم در دوره تاریخی با استفاده از استانداردهای ارزیابی و حالت‌های مختلف اتصال فشار- پشتیبانی امکان‌پذیر گردد. این مهم امکان ارزیابی چندبعدی سیستم منابع آب را فراهم می‌کند و به مدیران و سیاست‌مداران کمک می‌کند که پیامدهای واقعی تصمیم‌هایشان و میزان کارآیی‌شان را در عمل از جنبه‌های مختلف کاهش فشار بر منابع آب، افزایش توانایی پشتیبانی آن و وضعیت سلامت محیط‌زیست مورد توجه قرار دهند."

بنابراین این مقاله جهت ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریتی یا به عبارت دیگر تعیین رویکرد انسان به سیستم به درستی به ارزیابی ظرفیت برد منابع آب در دوره تاریخی با استفاده از چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت پرداخته است و تحلیل‌های دقیق و کاربردی در این خصوص ارائه کرده است به نحوی که منتقد مقاله نیز به صراحت به آن‌ها اذعان کرده است:

" مقاله Mohammadi Sedaran et al. (2021) تحلیلی ارزنده از سیستم حوضه آبریز با استفاده از ترکیب سه روش (مدل شبیه‌ساز SWAT، چارچوب فشار- پشتیبانی- وضعیت و مجموعه‌ای از شاخص‌ها) در مورد حوضه آبریز زرینه‌رود ارائه می‌کند."

۳-۲-۴- نحوه کمی‌سازی/ ارزیابی ظرفیت برد

ایشان مطرح کرده است:

Mohammadi Sedaran et al. (2021) در ادامه به درستی بیان می نمایند که:

" در حال حاضر، بزرگترین چالش برای تحقیقات ظرفیت برد منابع آب تدوین روشی برای ارزیابی کمی از این مفهوم است که از آن بتوان برای تهیه رهنمودهای قابل اعتماد برای مدیریت منابع آب استفاده کرد."

این موضوع پیشتر توسط Lane (2014) تصریح شده است و ایشان در تلاش برای پوشش این چالش، پرتال ظرفیت برد[۴] برای کشور استرالیا را طراحی نمودند. با توجه به مطالعات انجام شده، در حال حاضر خلاء تحقیقاتی در طراحی چنین سامانه‌ای با توجه به شرایط ایران احساس می‌شود. با وجود ذکر این واقعیت، پژوهش Mohammadi Sedaran et al. (2021) از نوع کمی‌سازی ظرفیت برد نیست و از نوع شناسایی و تحلیل سیستم است.

جهت ارزیابی ظرفیت برد در زمینه منابع و محیط‌زیست روش‌های متعددی توسعه داده شده است روش‌هایی مانند ۱. ردپای اکولوژی، ۲. چارچوب‌های PSR، DPSIR و چارچوب‌های نوآورانه متعددی که برمبنای این چارچوب‌ها ایجاد شده‌اند و۳. چارچوب زیرسیستم از جمله متداول‌ترین این روش‌ها می‌باشد.

هدف مقاله منتشر شده (همانطور که به وضوح در عنوان و اهداف آن اشاره شده است) ارزیابی ظرفیت برد منابع آب است. ارزیابی ظرفیت برد منابع آب در مقاله برمبنای سه زیرسیستم فشار، پشتیبانی و وضعیت انجام گرفته است هرچند این روش‌شناسی در نگاه اول در روش زیرسیستم جای نمی‌گیرد؛ اما رویکردی که پژوهشگران در این مقاله اتخاذ کرده‌اند بسیار شبیه به رویکرد زیرسیستم است و می‌توان آن را در طبقه روش‌های زیرسیستم قرار داد. از آنجا که این روش

(زیرسیستم) با هدف توسعه پایدار، سیستم را از منظر تئوری سیستم به چند زیرسیستم متشکل از سطوح و عناصر مختلف با درنظر گرفتن پیچیدگی سیستم و سیستماتیک بودن آن تقسیم می‌کند، در مطالعات ظرفیت برد به **روش آنالیز سیستم** شناخته می‌شود و یک روش رایج در مطالعات ظرفیت برد منابع و محیطزیست است.

۳-۳- نقد مطرح شده در خصوص نتایج

منتقد بیان می‌کند که:

" با توجه به انتقادات ارائه شده، بخش نتایج پژوهش حاضر تحت عنوان روشی نوین در تحلیل یک سیستم منابع آب مورد قبول است. از طرفی این پژوهش حاوی نتایج اصلی یک پژوهش ظرفیت برد منبع محور (با محوریت منابع آب) نیست. مؤلفه (پارامتر)های مورد نیاز برای یک مدل تحلیل ظرفیت برد منبع محور طبق نظر Lane et al. (2014) به صورت جدول ۱ می‌باشند. در این جدول مؤلفه‌های غایب در این پژوهش مشخص شده است."

منتقد عدم پرداخته شدن به موارد مطرح شده در جدول ۱ را به عنوان نقد و ایراد به مقاله منتشر شده وارد می‌داند. اساساً این موارد لزوماً در مطالعات ظرفیت برد منابع آب به کار برده نمی‌شوند و عمدتاً در موارد دیگر مانند ظرفیت برد زمین به کار برده می‌شوند، هرچند اگر زمینه تحقیقاتی دو پژوهش (مقاله منتشر شده و Lane et al. (2014) یکسان بود بازهم نمی‌توان این نقد را به مقاله منتشر شده وارد دانست. به طور کلی موارد متعددی بر عوامل مدنظر قرار داده شده در یک پژوهش مؤثرند عواملی مانند زمینه تحقیق، اهداف تحقیق، چارچوب و مدل مورد استفاده در تحقیق، دسترسی به داده‌ها و غیره، از این رو کامل بدیهی است که در دو تحقیق که در یک زمینه (مانند ظرفیت برد منابع آب و غیره) انجام شده‌اند عوامل مختلفی را درنظر بگیرند و یا از شاخص‌های متفاوتی استفاده کنند. به عنوان مثال در مطالعه‌ای که توسط Liu et al. (2020b) انجام شد به بررسی ۴۸ مطالعه انجام شده در زمینه ظرفیت برد شهری پرداخت. همانطور که ارزیابی‌های ایشان نشان می‌دهد با اینکه این ۴۸ مطالعه در یک زمینه واحد انجام گرفته‌اند اما عوامل مختلفی را درنظر گرفته‌اند. جهت اطلاع بیشتر از جایگاه مطالعات ظرفیت برد منابع آب شکل زیر ارائه شده است:

Table 1- The eight subcategories and 17 resource components necessary for a resource-based carrying capacity assessment model based on Lane et al. (2014)

جدول ۱- هشت زیرگروه و ۱۷ دسته منبع لازم برای مدل ارزیابی ظرفیت برد بر اساس Lane et al. (2014)

Category Number	Category Name	Components	Present components in this paper	Description
I	Food	(1) Total food, (2) Meat/Egg, (3) Red meat, (4) Activity level, (5) Avoidable waste, (6) Recycling	No	- Total food as SWAT agricultural output, but haven't used to estimate carrying capacity
II	Climate	(7) Short term and long term	Yes	- Climate was considered as part of SWAT model inputs
III	Agriculture	(8) Organic farming, (9) Irrigation	Yes	- Irrigation and agriculture is a sub module of SWAT model
IV	Textiles	(10) All textiles, (11) Natural fiber, (12) Wool/fiber	No	
V	Fuel	(13) All liquid fuel, (14) Biofuel	No	
VI	Timber	(15) Timber	No	
VII	Infrastructure	(16) Infrastructure	No	
VIII	Nature reserve	(17) Nature reserve	No	

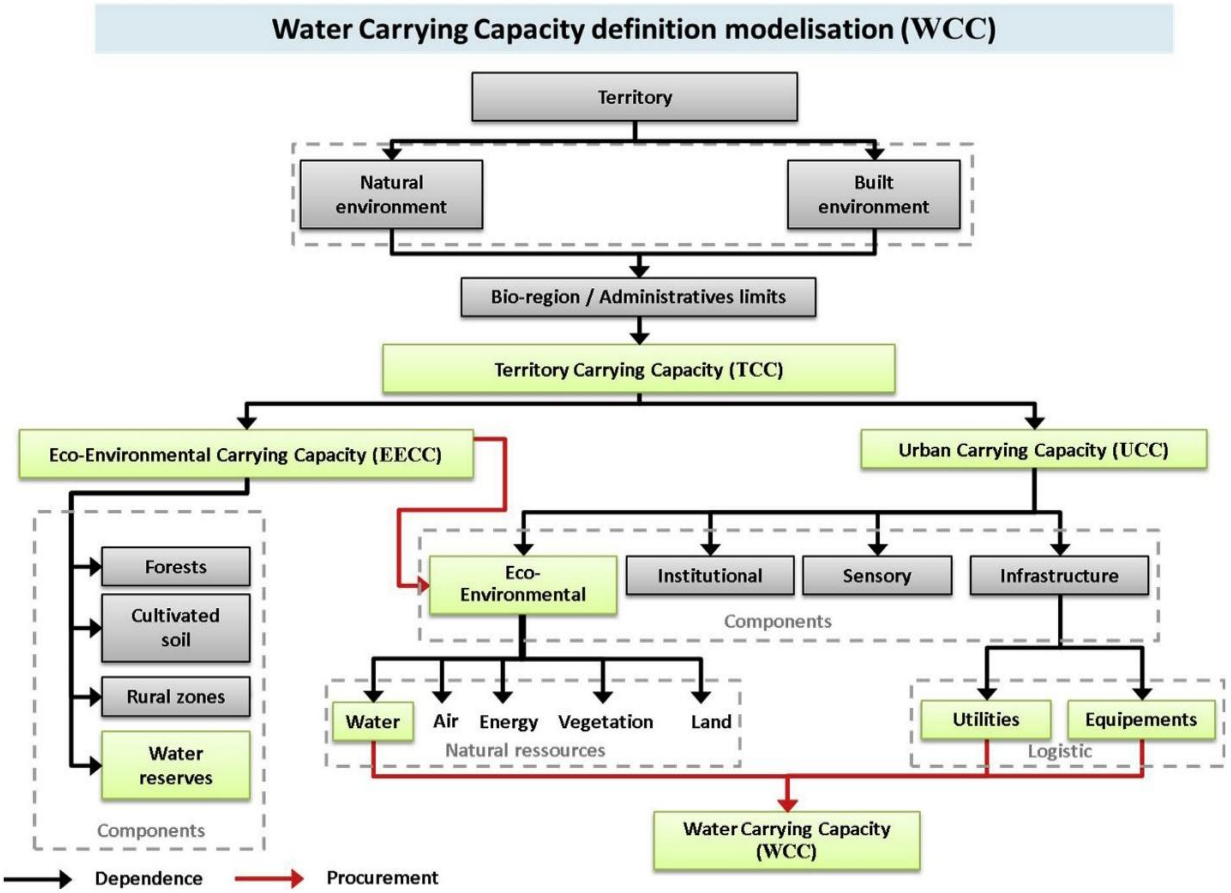

Fig. 3- The place of the concept of water resources carrying capacity in resource and environmental carrying capacity studies (Magri, A., & Berezowska-Azzag, 2019)

شکل ۳- جایگاه مفهوم ظرفیت برد منابع آب در مطالعات ظرفیت برد منابع و محیط-زیست (Magri, A., & Berezowska-Azzag, 2019)

لازم به توضیح است که این شکل برای ظرفیت برد منابع آب شهری ارائه شده است و با مقاله منتشر شده که به ارزیابی ظرفیت برد آب در مقیاس حوضه آبریز پرداخته تفاوت‌هایی دارد اما به طور کلی جهت افزایش دانش منتقد از جایگاه مفهوم ظرفیت برد آب و برخ دیگر از منابع می‌تواند بسیار کمک کننده باشد.

۳-۴- بررسی انتقادی دیدگاه منتقد در ارتباط با مفهوم ظرفیت برد

در این بخش به بررسی انتقادی دیدگاه منتقد نسبت به مفهوم ظرفیت برد پرداخته شده است. این بخش بر دو جنبه متمرکز است، جنبه اول خواستگاه استدلال‌هایی است که ایشان جهت نقد مقاله منتشر شده بیان داشته‌اند و دوم توصیه‌هایی است که جهت بهبود روش‌شناسی مقاله منتشر شده بیان داشته‌اند.

۳-۴-۱- بررسی دیدگاه منتقد

همانطور که Chapman and Byron (2018) بیان کرده است اکثر پژوهشگرانی که از مفهوم ظرفیت برد استفاده کرده‌اند از تاریخچه پیدایش و تکامل آن بی‌اطلاع هستند و همانطور که Sayre (2008) بیان کرده است آن‌ها تشخیص نداده‌اند ریشه تاریخی این مفهوم در جایی خارج از زمینه تحقیقاتی آن‌ها قرار دارد. این امر مهمترین نقص و کاستی در دیدگاه منتقد است و باعث شده است مواردی را مطرح کنند که اساساً قابل مقایسه با یکدیگر نیستند مواردی مانند نقد بررسی منابع مقاله منتشر شده براساس مقاله Cohen (1995) (موردی که در قسمت ۳-۱-۱ بررسی شد)، نقد عوامل درنظر گرفته شده در مقاله منتشر شده بر اساس پژوهش Lane et al. (2014) (موردی که در قسمت ۳-۳ مورد بررسی قرار گرفت) و مواردی متعددی مانند این‌ها. به طور کلی یکی از زمینه‌های تحقیقاتی که منتقد استدلال‌های خود را بیان داشته‌اند ظرفیت برد انسان، یا ظرفیت برد جمعیت است. این کاربرد از مفهوم ظرفیت برد که از دهه ۱۹۵۰ شروع شد، توسط

نئومالتوسین‌ها برای جمعیت انسانی در مقیاس‌های بزرگ مانند کشور، قاره و کل جهان، نه با هدف تأثیر بر دانشمندان بلکه با هدف تأثیر بر سیاست‌گذاران و عموم مردم به کار برده شد. زمینه تحقیقاتی مقاله منتشر شده ظرفیت برد منابع است که در سال ۱۹۸۵ توسط یونسکو اولین مطالعات آن انجام شد. این زمینه تحقیقاتی به مرور زمان تکامل یافت و با شکل‌گیری مفهوم ظرفیت برد محیط‌زیست (که تکامل یافته پژوهش‌های محققان ژاپنی است) با یکدیگر ادغام شدند و به صورت ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست درآمد. رفته رفته محققان بر جنبه‌های مختلف ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست متمرکز شدند که سبب شکل‌گیری مفاهیم متعددی مانند ظرفیت برد منابع آب (ظرفیت برد منابع آب بخشی از مفهوم ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست است که بر کمیت منابع آب تمرکز دارد) و غیره شد. بحث درباره این دو زمینه تحقیقاتی (ظرفیت برد جمعیت و ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست) بسیار مفصل است که خارج از مقوله این نوشته است جهت انجام مطالعات بیشتر به منابع معرفی شده جهت بررسی تاریخچه مفهوم ظرفیت برد مراجعه شود. این مطالب صرفاً به این نکته توجه دارند که این دو زمینه تحقیقاتی اهداف و زمینه متفاوتی دارند که در بسیاری از موارد قابل مقایسه نیستند. همانطور که گفته شد عدم توجه منتقد به این مهم، سبب بیان نقدها و استدلال‌های شده که از اساساً نمی‌تواند صحیح باشد و همانطور که گفته شد مواردی که ایشان مطرح کرده‌اند در بسیاری از موارد قابل مقایسه نیستد.

۳-۴-۲- بررسی توصیه‌هایی است که منتقد جهت بهبود روش‌شناسی مقاله منتشر شده بیان داشته‌اند

دیدگاهی که منتقد به آن اعتقاد دارد و بسیاری از استدلال‌های خود را براساس آن استوار ساخته، دیدگاهی است که سبب شده است تعداد زیادی از پژوهشگران با بررسی مطالعاتی که بر مبنای این دیدگاه انجام شده‌اند، کاربرد مفهوم ظرفیت برد را برای انسان به شدت نقد کنند و بعضاً بیان‌کننده که اساساً مفهوم ظرفیت برد برای انسان قابل استفاده نیست. این دیدگاه که در متون از آن تحت عنوان "مفهوم کلاسیک ظرفیت برد" نیز یاد می‌شود، ریشه در زیست‌شناسی و اکولوژی دارد. پژوهشگرانی که به این دیدگاه معتقدند، معادلات خود را بر اساس معادله رشد لجستیک Verhulst (1838) بنا می‌کنند که این رویکرد یک برداشت Priori از مفهوم ظرفیت برد ارائه می‌دهد. معادله رشد لجستیک تنها می‌تواند نشان‌دهنده رشد نمایی یک متغیر باشد که به دلیل نزدیک شدن به یک مقدار آستانه (K)، رشد آن کاهش یافته است. این معادله مکانیسم‌ها و بازخوردهای واقعی موجود در سیستم جفت‌شده انسان- زمین را ارائه نمی‌هد. از این رو اعمال معادله لجستیک برای یک سیستم با دینامیک‌های متفاوت لزوماً منجر به شکست خواهد شد. Mote et al. (2020) به تفصیل به تشریح این مبحث پرداخته است و استدلال می‌کند که ظرفیت برد نباید به عنوان Priori درنظر گرفته شود بلکه باید تغییر جمعیت و ظرفیت برد (برای سیستم‌های انسانی) با استفاده از معادلات پویا مدل‌سازی شوند که مکانیسم‌ها، تعاملات، بازخوردها و پارامترهای واقعی را در سیستم جفت‌شده انسان- زمین نشان می‌دهند. این جفت‌شدگی مدل‌های سیستم زمین با مدل‌های سیستم انسانی می‌تواند برای استخراج ظرفیت برد انسان به طور Posteriori از مکانیسم‌ها، متغیرها و پارامترهای موجود در سیستم جفت‌شده واقعی استفاده شود. موارد مطرح شده در بالا به عنوان نقد جدی در دیدگاه منتقد و برخی از مواردی که به آن‌ها استناد کرده، به خصوص Khorsandi et al. (2022) می‌باشد. بنابراین، مطالعه پژوهش Mote et al. (2020) به منتقد پیشنهاد می‌شود؛ که مطالعه بسیار ارزشمندی انجام داده‌اند و به تفصیل و موشکافانه به تبیین این موارد پرداخته‌اند. همچنین، مطالعه برخی از منابعی که Mote et al. (2020) به آن‌ها اشاره کرده‌اند در این زمینه توصیه می‌شود.

۴- جمع‌بندی

بحث درباره مفاهیم ظرفیت برد به طور عام و ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست و ظرفیت برد منابع آب به طور خاص بسیار گسترده و پیچیده است. این مفاهیم (به ویژه مفهوم ظرفیت برد منابع آب) امروزه به عنوان مرز تحقیقات دانشگاهی شناخته می‌شوند و به شدت مورد توجه پژوهشگران در سراسر جهان قرار گرفته‌اند. به دلیل جذابیت نظری زیاد و پتانسیل کاربردی قدرتمند، این مفاهیم در مدیریت اکوسیستم در طیف وسیعی از مطالعات و در مقیاس‌های مختلف استفاده شده‌اند (Chapman and Byron, 2018) و به شدت مورد توجه نهادهای بین‌المللی، کشورها و پژوهشگران در سراسر جهان قرار گرفته‌اند. همانطور که Carey (1993) بیان کرده است مفهوم ظرفیت برد یک چارچوبی را برای هماهنگی سیستم‌های فیزیکی، اجتماعی- اقتصادی و محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار فراهم می‌کند. همچنین، بیان می‌کند که مطالعات توسعه‌ای که به طور واضح ظرفیت برد را تشخیص داده‌اند، نشان داده‌اند که این رویکرد می‌تواند برای ارتقاء فعالیت‌های اقتصادی که سازگار با یک محیط‌زیست فیزیکی و اجتماعی پایدار است، مورد استفاده قرار گیرد. این امر نشان دهنده پتانسیل قدرتمند این مفهوم در کمک به برون‌رفت از چالش‌های بسیار زیاد منابع و محیطی‌زیستی است که امروزه کشور با آن‌ها مواجه است. علارغم همه این موارد متاسفانه پژوهشگران کشور توجه چندانی به این مفهوم به خصوص کاربرد آن در زمینه منابع و محیط‌زیست نداشته‌اند. بنابراین ضرورت ایجاد یک گفتمان علمی و جدی پیرامون

این مفاهیم در کشور به شدت احساس می‌شود، از این رو نویسندگان این مقاله پژوهش‌های قبلی خود را در این زمینه (Mohammadi Sedaran et al. (2021) و Abbasi et al. (2022)) به زبان فارسی منتشر کرده‌اند که به نظر می‌رسد اولین مطالعات ظرفیت برد منابع آب کشور می‌باشند.

نقد اساسی که پژوهشگران بر بسیاری از مطالعات انجام شده در سراسر جهان وارد می‌دانند عدم توجه به سیر تحول و تکامل مفهوم ظرفیت برد است (Chapman and Byron, 2018)، موردی که در دیدگاه برخی پژوهشگران از جمله منتقد مقالات اشاره شده هم به وضوح دیده می‌شود. از این رو این مقاله جهت بررسی یکی از این موارد یعنی مقاله "نقدی بر مقاله ارزیابی ظرفیت برد منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و ارزیابی مبتنی بر شاخص؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز زرینه‌رود" تدوین شده است. این مقاله سعی در تبیین و تکمیل استدلال‌ها و دیدگاه‌های منتقد(ان)، در جهتی سازنده و با هدف برطرف کردن شبهات و کاستی‌های استدلال‌های انجام شده توسط ایشان و افزایش آگاهی ایشان و مخاطبان مقاله دارد. این مقاله ابتدا سعی کرده است با بیان ادبیات مفاهیم ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع آب و معرفی مراجع معتبر به ارائه یک دید صحیح از این مفاهیم، به برطرف کردن اشکال اساسی در دیدگاه‌های برخی از پژوهشگران به خصوص منتقد(ان) کمک کند؛ سپس سعی شده است به روشی سازنده و با استدلال‌های متنوع، ساده و قابل فهم که حتی‌المکان متناسب با دیدگاه منتقد است و از مراجعی که ایشان آن‌ها را مطالعه کرده‌اند، استخراج شده‌اند به تمامی ابهامات ایشان پاسخ داده شود. به‌علاوه سعی شده است به این موارد اکتفا نشود و در جهت کمک به افزایش آگاهی ایشان در این زمینه و به نحوی که توسط سایر پژوهشگران نیز قابل استفاده باشد به تصحیح و ارتقا دیدگاه ایشان نیز پرداخته شود.

ارزش علمی مقاله منتشر شده در رویکرد به مسأله، زمینه تحقیق، چارچوب ارزیابی، انتخاب مدل‌های و روش‌های مورد استفاده و تحلیل دقیق نتایج است، دیدگاه و روش‌شناسی که حتی در مقالات مورد استناد منتقد به آن‌ها توصیه شده و آن‌ها را به عنوان کلید گمشده تحقیقات پایداری و ظرفیت برد دانسته‌اند. موارد مطرح شده توسط منتقد اصول اولیه و الفبای مطالعه ظرفیت برد است که به دلیل عدم توجه کامل و کافی ایشان به جنبه‌های دیگر ظرفیت برد مطرح شده و در مقاله منتشر شده نیز به طور کامل رعایت شده‌اند (مواردی که در این متن به آن‌ها پاسخ داده شد).

همانطور که یاد شد مفهوم ظرفیت برد یک مفهوم پیچیده، گسترده، مبهم و با ادبیات بسیار پراکنده است. اکولوژیست‌ها اذعان کرده‌اند که با بیش از ۵۰ سال تحقیق هیچ پشتیبانی تجربی از این مفهوم ندارند. این مفهوم همچنین یک مفهوم بسیار بحث‌برانگیز است و درباره ماهیت و کاربرد این مفهوم برای انسان‌ها اختلاف‌نظر بسیار عمیقی در میان دانشمندان وجود دارد. دیدگاه‌هایی که محققان در گذشته از این مفهوم در مقالات خود ارائه کرده (مقالاتی که در مجلات بسیار معتبر منتشر شده‌اند) امروزه توسط پژوهشگران به شدت مورد نقد قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر کاربرد مفهوم ظرفیت برد در علوم منابع و محیط‌زیست، یک زمینه تحقیقاتی بسیار گسترده است. پژوهشگران از روش‌های متعددی جهت ارزیابی ظرفیت برد در زمینه منابع و محیط‌زیست استفاده کرده‌اند، این روش‌ها به تدریج تکامل یافته‌اند. روش‌های ارزیابی جامع که تکامل یافته‌ترین این روش‌ها است یک تحول شگرف در مطالعات ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست ایجاد کردند. تکامل یافته‌تر بودن این روش‌ها نسبت به سایر روش‌های ارزیابی ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست به دلیل درنظر گرفتن عوامل متعدد و بسیار بیشتر از سایر روش‌ها است به نحوی که پژوهشگران معتقداند که این روش‌های نسبت به سایر روش‌های ارزیابی مورد استفاده در تحقیقات پایداری از چارچوب جامع‌تری استفاده می‌کنند. همانطور که گفته شد روش‌های ارزیابی جامع مورد استفاده در تحقیقات ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست به دلیل اینکه عوامل بیشتری (متشکل از عوامل انسانی و طبیعی) را نسبت به سایر روش‌ها درنظر می‌گیرند نسبت به سایر روش‌ها تکامل یافته‌تر هستند؛ اما به دلیل اینکه حدود ۱۱ سال است که ایجاد شده‌اند در مواردی مانند کاربرد عملی، نحوه محاسبه و غیره نابالغ هستند و نیاز به تفسیر، توسعه و تکامل بیشتری دارند.

همانطور که در بالا به طور مفصل شرح داده شد، نویسندگان این مقاله به پیچیدگی و گستردگی این مفاهیم و اهمیت آن‌ها جهت کمک به برون‌رفت از مشکلات متعدد منابع و محیط‌زیستی کشور به خوبی واقفند؛ و معتقدند که وجود اختلاف نظر پیرامون این مفاهیم (ظرفیت برد و ظرفیت برد منابع و محیط‌زیست) کاملاً بدیهی است. از این رو وارد شدن این مفاهیم به ادبیات علمی کشور و شکل‌گیری یک گفتمان جدی پیرامون این مفاهیم در کشور مستلزم توجه ویژه پژوهشگران به این مفاهیم در کنار هم‌افزایی بین آن‌ها است.

پی‌نوشت‌ها

۱- دوره آنتروپوسن (Anthropocene) یک دوره غیر رسمی زمین‌شناسی است که برای توصیف جدیدترین دوره در تاریخ زمین استفاده می‌شود یعنی زمانی

که فعالیت‌های انسانی شروع به تأثیر قابل توجه بر آب و هوا و اکوسیستم‌های کره زمین می‌کند. کلمه آنتروپوسن از واژه یونانی anthropo به معنی انسان و cene به معنی جدید گرفته شده است که توسط زیست‌شناس Eugene Stormer و شیمی‌دان Paul Crutzen در سال ۲۰۰۰ ایجاد شده است. به طور رسمی دوره کنونی هولوسن (Holocene) نام دارد که از ۱۱۷۰۰ سال پیش پس از آخرین عصر یخبندان آغاز شده است. دانشمندان هنوز بحث می‌کنند که آیا آنتروپوسن با هولوسن متفاوت است یا خیر. این اصطلاح توسط اتحادیه بین‌المللی علوم زمین‌شناسی (International Union of Geological Sciences (IUGS))، سازمان بین‌المللی که دوره‌ها را نام‌گذاری و تعریف می‌کند، به طور رسمی پذیرفته نشده است. سوال اصلی که IUGS باید قبل از اعلام دوره آنتروپوسن به آن پاسخ دهد این است که آیا انسان‌ها سیستم زمین را به حدی تغییر داده‌اند که در لایه‌های سنگی منعکس شود. برای آن دسته از دانشمندانی که فکر می‌کنند که آنتروپوسن یک دوره جدید زمین‌شناسی را توصیف می‌کند سوال بعدی این است که از چه زمانی شروع شده است، که به طور گسترده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. یک نظریه مشهور این است که این تئوری از آغاز انقلاب صنعتی دهه ۱۸۰۰ آغاز شد، زمانی که فعالیت انسان تأثیر زیادی بر کربن و متان در جو زمین داشته است. برخی دیگر تصور می‌کنند که آغاز آنتروپوسن باید سال ۱۹۴۵ باشد. زمانی که بشر اولین بمب اتم را آزمایش کرد و سپس بمب‌های اتمی را بر روی هیروشیما و ناکازاکی ژاپن انداخت، ذرات رادیو اکتیو حاصل در نمونه‌های خاک در سطح جهان شناسایی شد. در سال ۲۰۱۶، کارگروه آنتروپوسن موافقت کرد که آنتروپوسن با هولوسن متفاوت است و از سال ۱۹۵۰ به دلیل شتاب بزرگ و افزایش چشمگیر فعالیت‌های انسانی مؤثر بر ایـــن سیاره، آغاز شـــده است (National Geographic, 2019). سه مجله علمی Anthropocene، The Anthropocene Review و Elementa در رابطه با این موضوع راه‌اندازی شده‌اند (Lewis et al., 2015).

2- Carry

3- Sword of Damocles

۴- اصطلاح شمشیر داموکلس به یک تمثیل اخلاقی باستانی بر می‌گردد که توسط Cicero فیلسوف رومی در سال ۴۵ قبل از میلاد ایجاد شد. Cicero در کتاب Tusculan Disputations داستان Dionysius دوم که پادشاه ظالمی بود روایت کرده است. جهت جلوگیری از اطاله کلام از بازخوانی این روایت اجتناب می‌شود. این روایت بر بیان اینکه صاحبان قدرت همیشه در شبح اضطراب و مرگ کار می‌کنند و اینکه کسی که دائما تحت اضطراب و دلهره است نمی‌تواند خوشبخت باشد، تمرکز دارد. امروزه عموماً از این مفهوم به عنوان یک اصطلاح مهم برای یک خطر در حال ظهور استفاده می‌شود. از یکی معروف‌ترین استفاده این اصطلاح در سال ۱۹۶۱ در طول جنگ سرد بود، جایی که جان اف کندی رئیس‌جمهور وقت ایالات متحده در سخنرانی خود در سازمان ملل بیان کرد: هر زن، مرد و کودکی زیر شمشیر هسته‌ای داموکلس زندگی می‌کند که به باریک‌ترین نخ‌ها آویزان است که هر لحظه بر اثر تصادف، اشتباه محاسباتی یا دیوانگی می‌تواند قطع شود (Andrews, 2018).

5- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

6- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

7- International Union for Conservation of Nature (IUCN)

8- United Nations Environment Programme (UNEP)

9- World Wide Fund for Nature (WWF)

10- United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)

11- Encyclopedia of China (Environmental Science)

12- Carrying Capacity Dashboard

13- Carrying Capacity Network

14- Blood Oxygen Carrying Capacity

15- Tourism Carrying Capacity

16- Livestock Carrying Capacity

17- Urban Carrying Capacity

18- Ecological Carrying Capacity

19- Human Carrying Capacity

20- Social Carrying Capacity

21- Water Resource Soft-Science

22- Xinjiang

۵- مراجع

Abbasi H, Delavar M, & Mohammadi Sedaran H (2022) Basin's water resource carrying capacity assessment in climate change conditions using simulation-optimization approach; Case Study: Tashk-Bakhtegan basin. Water and Irrigation Management 11(4):797-814 (In Persian)

Ait-Aoudia M N & Berezowska-Azzag E (2016) Water resources carrying capacity assessment: The case of Algeria's capital city. Habitat International 58:51-58

Ali M (2012) Sustainability assessment: Context of resource and environmental policy. Academic Press

Andrews E (2018) What was the sword of Damocles?. History https://www.history.com/news/what-was-the-sword-of-damocles

Arrow K, Bolin B, Costanza R, Dasgupta P, Folke C, Holling C S, ... & Pimentel D (1995) Economic growth, carrying capacity, and the environment. Ecological Economics 15(2):91-95

Bagheri A & Hjorth P (2007) Planning for sustainable development: a paradigm shift towards a process-based approach. Sustainable Development 15(2):83-96

Ben-Eli M U (2018) Sustainability: Definition and five core principles, a systems perspective. Sustainability Science 13(5):1337-1343

Bertocchi D, Camatti N, Giove S, & van der Borg J (2020). Venice and overtourism: Simulating sustainable development scenarios through a tourism carrying capacity model. Sustainability 12(2):512

Biggs R, Schlüter M, Biggs D, Bohensky E L, BurnSilver S, Cundill G, ... & West P C (2012) Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. Annual Review of Environment and Resources 37:421-448

Campbell D E (1998) Emergy analysis of human carrying capacity and regional sustainability: An example using the state of Maine. Environmental Monitoring and Assessment 51(1):531-569

Carey D I (1993) Development based on carrying capacity: A strategy for environmental protection. Global Environmental Change 3(2):140-148

Catton W (1986) Carrying capacity and the limits to freedom. Paper prepared for Social Ecology Session 1. In Xl World Congress of Sociology, August 1986, New Delhi, India (Vol. 18)

Chapman E J & Byron C J (2018) The flexible application of carrying capacity in ecology. Global Ecology and Conservation 13:e00365

Chelleri L (2012) From the «Resilient City» to urban resilience. A review essay on understanding and integrating the resilience perspective for urban systems, Documents d'anàlisi Geogràfica 58(2):287-306

Chen S, He Y, Tan Q, Hu K, Zhang T, & Zhang S (2022) Comprehensive assessment of water environmental carrying capacity for sustainable watershed development. Journal of Environmental Management 303:114065

Cheng K, Fu Q, Meng J, Li T X, & Pei W (2018) Analysis of the spatial variation and identification of factors affecting the water resources carrying capacity based on the cloud model. Water Resources Management 32(8):2767-2781

Chi M, Zhang D, Fan G, Zhang W, & Liu H (2019) Prediction of water resource carrying capacity by the analytic hierarchy process-fuzzy discrimination method in a mining area. Ecological Indicators 96:647-655

Cohen J E (1995) Population growth and earth's human carrying capacity. Science 269(5222):341

Cohen J E (1997) Population, economics, environment and culture: an introduction to human carrying capacity. Journal of Applied Ecology 34(6):1325-1333

Costanza R & Patten B C (1995) Defining and predicting sustainability. Ecological Economics 15(3):193-196

Craig R K, Nagle J C, Pardy B, Schmitz O J, Smith W K, Christensen Jr N L, & Neuman J (Eds.) (2012) Ecosystem Management and Sustainability (Vol. 5). Berkshire Publishing Group

Dabruzzi T F & Bennett W A (2014) Hypoxia effects on gill surface area and blood oxygen-carrying capacity of the Atlantic Stingray, Dasyatis Sabina. Fish Physiology and Biochemistry 40(4):1011-1020

Daily G C & Ehrlich P R (1996) Socioeconomic equity, sustainability, and Earth's carrying capacity. Ecological Applications 6(4):991-1001

Djuwansyah M R (2018) Environmental sustainability control by water resources carrying capacity concept: Application significance in Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 118, pp. 1-5), February 2018

Duinker P N & Greig L A (2007) Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future. Environmental Impact Assessment Review 27(3):206-219

Esfandi S & Nourian F (2021) Urban carrying capacity assessment framework for mega mall development.

A case study of Tehran's 22 municipal districts. Land Use Policy 109:105628

Falkenmark M & Lundqvist J (1998, February) Towards water security: Political determination and human adaptation crucial. In Natural Resources Forum (Vol. 22, No. 1, pp. 37-51). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd

Feng L H & Huang C F (2008) A risk assessment model of water shortage based on information diffusion technology and its application in analyzing carrying capacity of water resources. Water Resources Management 22(5):621

Feng L H, Zhang X C, & Luo G Y (2008) Application of system dynamics in analyzing the carrying capacity of water resources in Yiwu City, China. Mathematics and Computers in Simulation 79(3):269-278

Franck S, von Bloh W, Müller C, Bondeau A, & Sakschewski B (2011) Harvesting the sun: New estimations of the maximum population of planet Earth. Ecological Modelling 222(12):2019-2026

Fu B & Li Y (2016) Bidirectional coupling between the Earth and human systems is essential for modeling sustainability. National Science Review 3(4):397-398

Fu J, Zang C & Zhang J (2020) Economic and resource and environmental carrying capacity trade-off analysis in the Haihe River basin in China. Journal of Cleaner Production 270:122271

Gao Q, Fang C, Liu H, & Zhang L (2021) Conjugate evaluation of sustainable carrying capacity of urban agglomeration and multi-scenario policy regulation. Science of The Total Environment 785:147373

Gomez Isaza D F, Cramp R L, & Franklin C E (2020) Simultaneous exposure to nitrate and low pH reduces the blood oxygen-carrying capacity and functional performance of a freshwater fish. Conservation Physiology 8(1):coz092

Graymore M (2005) Journey to sustainability: Small regions, sustainable carrying capacity and sustainability assessment methods. Doctor of Philosophy, Australian School of Environmental Studies, Griffith University, Brisbane

Graymore M L, Sipe N G, & Rickson R E (2010) Sustaining human carrying capacity: A tool for regional sustainability assessment. Ecological Economics 69(3):459-468

Guiyou Z, Shuai L, Zhuowei J, Shuo W, & Youhua M (2020) Evaluation and forewarning management of regional resources and environment carrying capacity: a case study of Hefei City, Anhui Province, China. Sustainability 12(4):1637

Hambrey J B & Senior B (2007) Taking forward environmental carrying capacity and ecosystem services: Recommendations for CCW. Countryside Council for Wales

Hopfenberg R (2003) Human carrying capacity is determined by food availability. Population and Environment 25(2):109-117

Hui C (2015) Carrying capacity of the environment. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition 3:155-160

Hunter C (1998) Perceptions of the sustainable city and implications for fresh water resources management. International Journal of Environment and Pollution 10(1):84-103

International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF) (1991) Caring for the earth: A strategy for sustainable living. Gland, Switzerland

Jia Z, Cai Y, Chen Y, & Zeng W (2018) Regionalization of water environmental carrying capacity for supporting the sustainable water resources management and development in China. Resources, Conservation and Recycling 134:282-293

Johnson T R & Hanes S P (2018) Considering social carrying capacity in the context of sustainable ecological aquaculture. In Towards Coastal Resilience and Sustainability (pp. 171-187), Routledge

Juniati A T, Kusratmoko E, & Sutjiningsih D (2021) Estimation of potential water availability and water resources carrying capacity for Bogor City spatial plan. Welcome! 5(1)

Kang J, Zi X, Wang S, & He L (2019) Evaluation and optimization of agricultural water resources carrying capacity in Haihe River Basin, China. Water 11(5):999

Khanna P, Babu P R, & George M S (1999) Carrying-capacity as a basis for sustainable development a case study of National Capital Region in India. Progress in Planning 52(2):101-166

Khorsand M, Homayouni S, & van Oel P (2022) The edge of the petri dish for a nation: Water resources carrying capacity assessment for Iran. Science of the Total Environment 817:153038

Lane M (2010) The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. Land Use Policy 27(4):1038-1045

Lane M C (2014) The development of a carrying capacity assessment model for the Australian socio-

environmental context. Doctoral Dissertation, Queensland University of Technology

Lane M, Dawes L, & Grace P (2014) The essential parameters of a resource-based carrying capacity assessment model: An Australian case study. Ecological Modelling 272:220-231

Lawson S R, Manning R E, Valliere W A, & Wang B (2003) Proactive monitoring and adaptive management of social carrying capacity in Arches National Park: An application of computer simulation modeling. Journal of Environmental Management 68(3):305-313

Leng S, Gao X, Pei T, Zhang G, Chen L, Chen X, ... & Zhu L (2016) The geographical sciences during 1986-2015: From the classics to the frontiers. Springer

Lewis S L & Maslin M A (2015) Defining the anthropocene. Nature 519(7542):171-180

Liao X, Ren Y, Shen L, Shu T, He H, & Wang J (2020) A "carrier-load" perspective method for investigating regional water resource carrying capacity. Journal of Cleaner Production 269:122043

Liu R Z & Borthwick A G (2011) Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. Journal of Environmental Management 92(8):2047-2053

Liu T, Yang X, Geng L, & Sun B (2020a) A three-stage hybrid model for space-time analysis of water resources carrying capacity: A case study of Jilin Province, China. Water 12(2):426

Liu Z, Ren Y, Shen L, Liao X, Wei X, & Wang J (2020b) Analysis on the effectiveness of indicators for evaluating urban carrying capacity: A popularity-suitability perspective. Journal of Cleaner Production 246:119019

Luo X, Wang G, Mou Y, Liu R, Zhou H, Si H, & Chen Q (2017) The analysis of the water resource carrying capacity in the shale and gas exploration area, southwest China Karst Region−A Case study from Cenggong County. The Open Civil Engineering Journal 11(1)

MacLeod M & Cooper J A G (2005) Carrying capacity in coastal areas. Encyclopedia of Coastal Science, ed. M. Schwartz

Magri A & Berezowska-Azzag E (2019) New tool for assessing urban Water Carrying Capacity (WCC) in the planning of development programs in the region of Oran, Algeria. Sustainable Cities and Society 48:101316

Manning R E (2013) Parks and carrying capacity: Commons without tragedy. Island Press

Mauerhofer V (2013) Social capital, social capacity and social carrying capacity: Perspectives for the social basics within environmental sustainability. Futures 53:63-73

McKeon G M, Stone G S, Syktus J I, Carter J O, Flood N R, Ahrens D G, ... & Day K A (2009) Climate change impacts on northern Australian rangeland livestock carrying capacity: A review of issues. The Rangeland Journal 31(1):1-29

Meadows D H, Randers J, & Meadows D (2004) A synopsis: Limits to growth: The 30-Year Update. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing Company. Earth Island Limited London 381

Meadows D, Randers J, & Meadows D (2006) Limits to growth: The 30-year update. Elsevier

Min D, Zhenghe X, Limin P, Yunhai Z, & Xiufeng X (2011) Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity of Jining city. Energy Procedia 5:1654-1659

Minias P (2020) Ecology and evolution of blood oxygen-carrying capacity in birds. The American Naturalist, 195(5):788-801

Mohammadi Sedaran H, Delavar M, & Shahbazbegian M (2021) Assessment of water resources carrying capacity of the river basins using the simulation approach and index-based evaluation method; Case study: Zarrineh-Roud Basin. Iran-Water Resources Research 17(2):154-173 (In Persian)

Moris R, Bergamini K, Gilabert H, Culagovski R, Zaviezo D, Medina J I, ... & Ángel P (2021) Impact of population growth in the central coastal zone of Chile: Factors for estimating tourism carrying capacity based on the case study of one latin American seaside resort. Sustainability 13(6):3527

Mote S, Rivas J, & Kalnay E (2020) A novel approach to carrying capacity: From a priori prescription to a posteriori derivation based on underlying mechanisms and dynamics. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 48:657-683

National Geographic (2019) Anthropocene. Available at: https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/anthropocene/

Nidhinarangkoon P, Ritphring S, & Udo K (2020) Impact of sea level rise on tourism carrying capacity in Thailand. Journal of Marine Science and Engineering 8(2):104

Peng B, Li Y, Elahi E, & Wei G (2019) Dynamic evolution of ecological carrying capacity based on the ecological footprint theory: A case study of Jiangsu province. Ecological Indicators 99:19-26

Peng T, Deng H, Lin Y, & Jin Z (2021) Assessment on water resources carrying capacity in karst areas by using an innovative DPESBRM concept model and cloud model. Science of The Total Environment 767:144353

Rajaram T & Das A (2011) Screening for EIA in India: Enhancing effectiveness through ecological carrying capacity approach. Journal of Environmental Management 92(1):140-148

Rees W E (1996) Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability. Population and Environment 17(3):195-215

Ren Y, Zhu Y, Baldan D, Fu M, Wang B, Li J, & Chen A (2021) Optimizing livestock carrying capacity for wild ungulate-livestock coexistence in a Qinghai-Tibet Plateau grassland. Scientific Reports 11(1):1-8

Rijsberman M A & Van de Ven F H (2000) Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water systems. Environmental Impact Assessment Review 20(3):333-345

Sayre N F (2008) The genesis, history, and limits of carrying capacity. Annals of the Association of American Geographers 98(1):120-134

Schoemaker P J (1995) Scenario planning: A tool for strategic thinking. Sloan Management Review 36(2):25-50

Shen L, Shu T, Liao X, Yang N, Ren Y, Zhu M, ... & Wang J (2020) A new method to evaluate urban resources environment carrying capacity from the load-and-carrier perspective. Resources, Conservation and Recycling 154:104616

Shi Y, Shi S, & Wang H (2019) Reconsideration of the methodology for estimation of land population carrying capacity in Shanghai metropolis. Science of The Total Environment 652:367-381

Tan S, Liu Q, & Han S (2022) Spatial-temporal evolution of coupling relationship between land development intensity and resources environment carrying capacity in China. Journal of Environmental Management 301:113778

Tehrani N A & Makhdoum M F (2013) Implementing a spatial model of Urban Carrying Capacity Load Number (UCCLN) to monitor the environmental loads of urban ecosystems. Case study: Tehran metropolis. Ecological Indicators 32:197-211

Thapa G B & Paudel G S (2000) Evaluation of the livestock carrying capacity of land resources in the Hills of Nepal based on total digestive nutrient analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 78(3):223-235

Trakolis D (2003) Carrying capacity-an old concept: Significance for the management of urban forest resources. New Medit 2:58-64

United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) (1992) Agenda 21. Rio De Janeiro, Brazil

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), and Food and Agriculture Organizations of the United Nations (FAO) (1985) Carrying capacity assessment with a pilot study of Kenya: A resource accounting methodology for exploring national options for sustainable development. Rome, Italy

Walker B & Meyers J A (2004) Thresholds in ecological and social–ecological systems: A developing database. Ecology and Society 9(2)

Wang L, Wang Z, & Liu X (2018) Water resources carrying capacity analysis of YarLung Tsangpo River Basin (I). Water 10(9):1131

Wang X, Liu L, Zhang S, & Gao C (2022) Dynamic simulation and comprehensive evaluation of the water resources carrying capacity in Guangzhou city, China. Ecological Indicators 135:108528

Wang Y, Wang Y, Su X, Qi L, & Liu M (2019) Evaluation of the comprehensive carrying capacity of interprovincial water resources in China and the spatial effect. Journal of Hydrology 575:794-809

Weihua Z, Huadong W, Jiyu X, Wenhu Y, Boren G, & Fengqiao M (1992) Environmental carrying capacity: A key to coordinating population, resources and environment. Chinese Journal of Population Resources and Environment 1(1):26-32

Wu C, Zhou L, Jin J, Ning S, Zhang Z, & Bai L (2020) Regional water resource carrying capacity evaluation based on multi-dimensional precondition cloud and risk matrix coupling model. Science of The Total Environment 710:136324

Wu L, Su X, Ma X, Kang Y, & Jiang Y (2018) Integrated modeling framework for evaluating and predicting the water resources carrying capacity in a continental river basin of Northwest China. Journal of Cleaner Production 204:366-379

Wu X & Hu F (2020) Analysis of ecological carrying capacity using a fuzzy comprehensive evaluation method. Ecological Indicators 113:106243

Yang G, Dong Z, Feng S, Li B, Sun Y, & Chen M (2021) Early warning of water resource carrying status in Nanjing City based on coordinated development index. Journal of Cleaner Production 284:124696

Yi L, Yanzhao Y, Huimin Y, & Zhen Y (2018) Research methods of water resources carrying capacity:

Progress and prospects. Journal of Resources and Ecology 9(5):455-460

Yu L, Lu Y, Huang W, & Xu Y (2016) The significance and general approaches of climatic carrying capacity assessment. Chinese Journal of Urban and Environmental Studies 4(01):1650005

Zhang F, Wang Y, Ma X, Wang Y, Yang G, & Zhu L (2019) Evaluation of resources and environmental carrying capacity of 36 large cities in China based on a support-pressure coupling mechanism. Science of the Total Environment 688:838-854

Zhiming F, Tong S, Yanzhao Y, & Huimin Y (2018) The progress of resources and environment carrying capacity: From single-factor carrying capacity research to comprehensive research. Journal of Resources and Ecology 9(2):125-134

Zhu M, Shen L, Tam V W, Liu Z, Shu T, & Luo W (2020) A load-carrier perspective examination on the change of ecological environment carrying capacity during urbanization process in China. Science of the Total Environment 714:136843