

## 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<sup>1\*</sup>, M. Delavar<sup>2</sup>, and M.R. Shahbazbegian<sup>3</sup>***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

## 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<sup>۱</sup>، مجید دل‌آور<sup>۲\*</sup> و محمدرضا شهبازبگیان<sup>۳</sup>*

## 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 این رو 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 جهت 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 حتی الامکان 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 گشوده 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). 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

1- Master Student, Department of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: [m.hamid@modares.ac.ir](mailto: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](mailto: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](mailto:mr.shahbazbegian@modares.ac.ir)

\*- Corresponding Author

Dor: [20.1001.1.17352347.1400.17.4.17.4](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1400.17.4.17.4)

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.



آنتروپوسن تبدیل شده است و دانشمندان معتقدند با انفجار جمعیت انسانی، خطر فراتر رفتن از ظرفیت برد زمین به شمشیر داموکلس<sup>۳-۴</sup> 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)<sup>۵</sup> و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO)<sup>۶</sup> 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)<sup>۷</sup>، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP)<sup>۸</sup> و صندوق جهانی طبیعت (WWF)<sup>۹</sup> 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)<sup>۱۰</sup> 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، دایره‌المعارف چین (علوم محیط‌زیست)<sup>۱۱</sup> صریحاً 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

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<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> 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

برخی از کشورهای در حال توسعه مانند کنیا، موریس و زامبیا پشتیبانی کرد. داشبوردهای ظرفیت برد استرالیا<sup>۱۱</sup> که مستخرج از رساله دکتری Murray Lane (Lane, 2014) می‌باشد، شبکه ظرفیت برد ایالات متحده<sup>۱۳</sup> 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 (Juniaty 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 ایهامات 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 زربینه‌رود" (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 گفت‌وگو 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 روش‌های مورد استفاده در مقاله نقش کلیدی و تعیین‌کننده‌ای 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

بررسی سیر تحول و تکامل مفهوم ظرفیت برد به صورت کلی، مطالعه Sayre (2008) و Craig et al. (2012). کاربرد مفهوم ظرفیت برد در اکوسیستم، مطالعه Chapman and Byron (2018) و بررسی سیر تحول و تکامل مفهوم ظرفیت برد با تمرکز بر منابع و محیط زیست، مطالعه Zhiming et al. (2018) توصیه می‌شود.

## ۲-۲- ظرفیت برد منابع آب

منابع آب همیشه بخش مهمی از مطالعات ظرفیت برد منابع و محیط زیست بوده (Djuwansyah, 2018) و مبحث ظرفیت برد منابع آب یکی از موضوعات مهم در مطالعات علوم آب است (Rijsberman and Van, 2000) که به طور ویژه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مفهوم ظرفیت برد منابع آب اولین بار توسط هیأت تحقیقاتی علوم نرم منابع آب<sup>۲۱</sup> سین کیانگ<sup>۲۲</sup> 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., 2018; 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، محیط زیست، جامعه، اقتصاد، فناوری و غیره است که این عوامل به صورت علت و معلولی بر هم کنش 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 به کار 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

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<sup>۱۴</sup> (Dabruzzi and Bennett, 2014; Minias, 2020; Gomez ) (Moris et al., 2020)، ظرفیت برد گردشگری<sup>۱۵</sup> (Isaza et al., 2020; Nidhinarangkoon et al., 2020; Bertocchi et al., 2020)، ظرفیت برد دامداری<sup>۱۶</sup> (Thapa and Paudel, 2000; ) (McKeon et al., 2009; Ren et al., 2021)، ظرفیت برد شهری<sup>۱۷</sup> (Tehrani and Makhdom, 2013; Esfandi and Nourian, ) (Cuadra and Gao et al., 2021)، ظرفیت برد اکولوژی<sup>۱۸</sup> (Björklund, 2007; Byron et al., 2011; Filgueira et al., 2021)، ظرفیت برد انسان<sup>۱۹</sup> (Cohen, 1997; Campbell, 1998; ) (Hopfenberg, 2003)، ظرفیت برد اجتماعی<sup>۲۰</sup> (Lawson et al., ) (Johnson and Hanes, 2018; Mauerhofer, 2013; ) (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 ارگانیزم ( $X$ ) است که می‌تواند یا باید توسط یک جسم یا محیط زیست ( $Y$ ) 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 کار برده 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

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 (2021) Sedaran et al. 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.

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. به علاوه 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 از 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 به تبیین دیدگاه منتقد می‌پردازد که براساس آن تعریف ارائه شده توسط Weihua et al. (1992) را نقد کرده است. منتقد بیان داشته است که:

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: (2021) "Mohammadi Sedaran et al. 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

"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 در نظر 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<sup>۲</sup> یا چاه<sup>۳</sup> عمل می‌کنند. برای این که 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 این که 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 بیان‌کننده 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 منحصر به 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 مانده 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 قیده‌ها شامل (۱) محدودیت‌های اکولوژیک و (۲) محدودیت‌های اجتماعی-اقتصادی است."

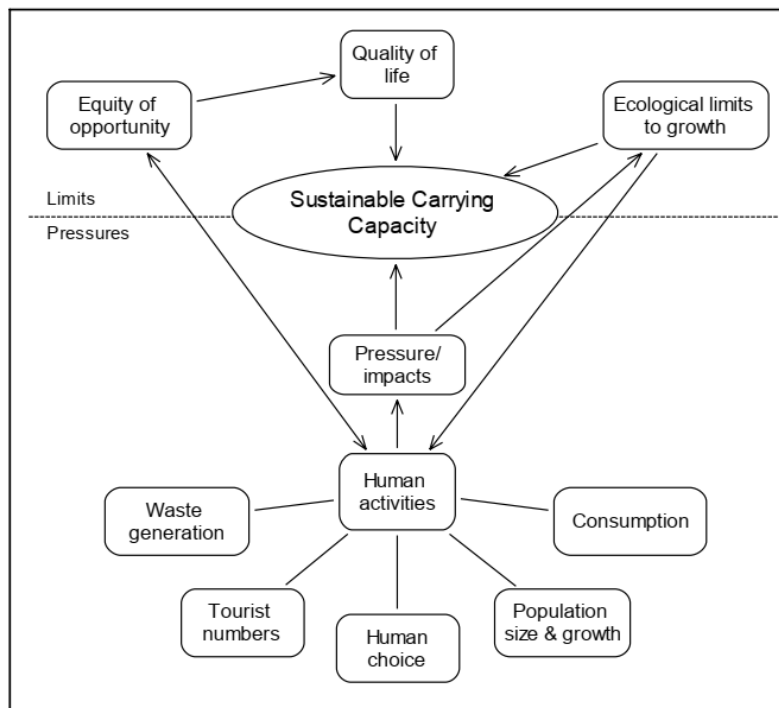


Fig. 1- Conceptual model of regional sustainability and carrying capacity place in it (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010) شکل ۱- مدل مفهومی پایداری منطقه‌ای و جایگاه ظرفیت برد در آن (Graymore, 2005; Graymore et al., 2010)

اولین ایرادی که ایشان به تعریف به کار برده 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 در نظر 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 در نظر 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 مبنای 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 محیط‌زیست طبیعی 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). علاوه بر در نظر گرفتن حامل‌ها و بارها در ارزیابی ظرفیت برد، باید رابطه بین آن‌ها نیز در نظر گرفته شود و بدون در نظر 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 در نظر 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 رد پای 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؛ علاوه بر این 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 در نظر گرفته نشود بلکه به عنوان رابطه‌ای بین بارها و حامل‌های محیط‌زیست در نظر گرفته شود که می‌تواند به صورت زیر نوشته شود (Zhu et al., 2020):

$$\rho \text{ (carrying capacity index)} = \frac{\text{Load}}{\text{Carrier}} \quad (1)$$

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

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

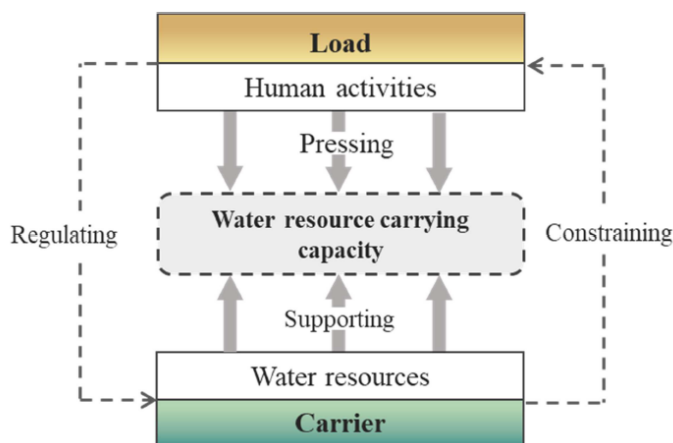


Fig. 2- Carrier-load structure for examining water resources carrying capacity (Liao et al., 2020)

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

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 در نظر 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.*

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 از 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" در نظر 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

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 کار برده 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.

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 کار برده 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 کار برده 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, 2006; Meadows et al., 2004, 2007). 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 زیست محیطی" 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- این که 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 در نظر 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 کار برده 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- این که ایشان بیان کرده‌اند که چرا حفظ چرخه زیست محیطی به صورت قید لحاظ نشده؟. شرط حفظ چرخه زیست محیطی 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 زرنیره رود باشد."

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

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 et al., 2010; Graymore, 2005) 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 اقتصادی/مشروط، (۲) تحلیل حساسیت، (۳) شبیه‌سازی رایانه‌ای و (۴) برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو. پژوهش حاضر با استفاده از شبیه‌ساز SWAT بالقوه توانایی چنین

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 بر اساس جمعیت بیان نشده است. بیان ظرفیت برد بر اساس جمعیت یک دیگه 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 بر اساس 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 عمده‌تاً 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 بر اساس شاخص بدون بعد پرداخته‌اند.

### ۳-۲-۳- 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."

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

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.

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، می‌تواند جهت ترویج همزیستی هماهنگ میان انسان و طبیعت به کار برده شود (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.

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 تفصیل در متن مقاله شرح داده شده است.

از آنجا که یکی از مهمترین اهداف مقاله منتشر شده ارزیابی کارایی 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 کارایی‌شان 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 زرنه رود ارائه می‌کند."

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

ایشان مطرح کرده است:

(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<sup>۴</sup> 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 DPSIR، PSR و چارچوب‌های نوآورانه متعددی که بر مبنای این چارچوب‌ها ایجاد شده‌اند و ۳. 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 بر مبنای 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 در نظر 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، هر چند 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 در نظر 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 در نظر 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	

### Water Carrying Capacity definition modelisation (WCC)

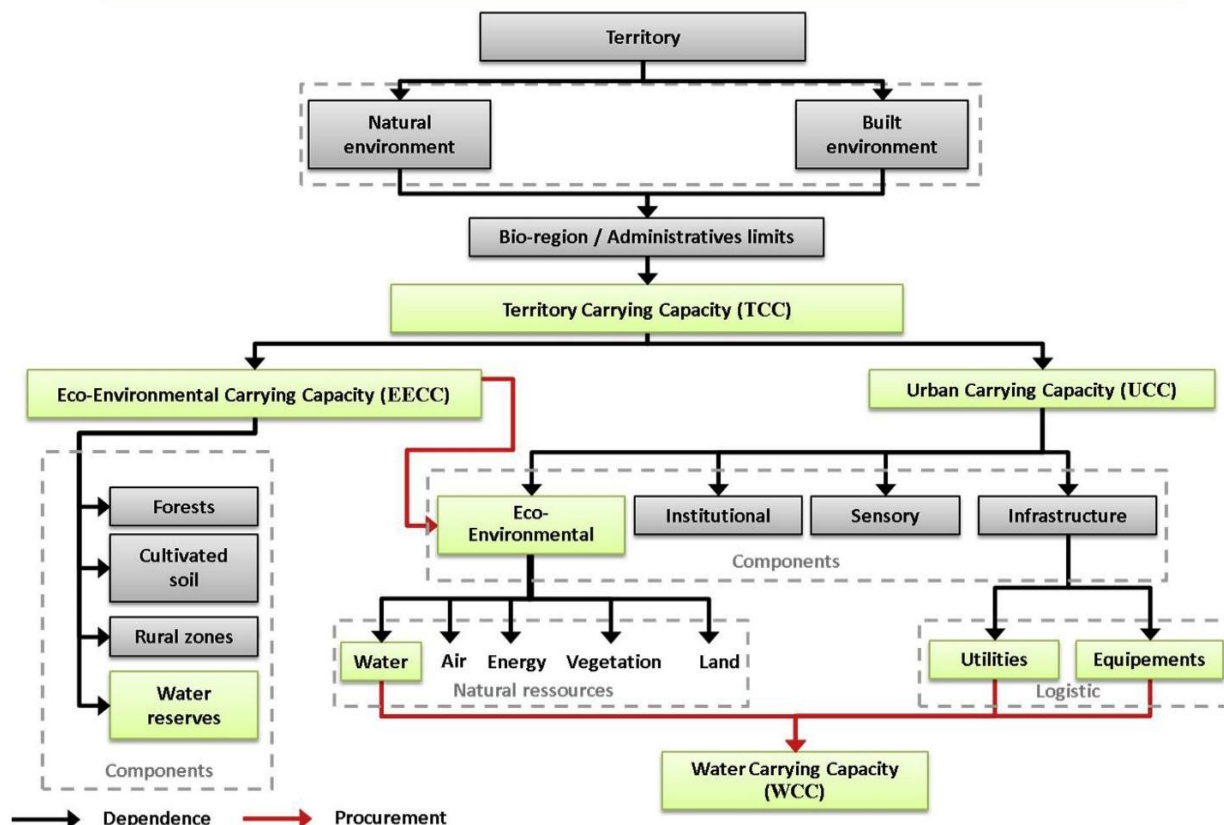


Fig. 3- The place of the concept of water resources carrying capacity in resource and environmental carrying capacity studies (Magri, A., & Berezowska-Azzag, 2019)

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

#### 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 در نظر 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

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.

#### ۳-۴-۲- 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.



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* در نظر 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- جمع بندی

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 محیط‌زیستی است که امروزه کشور با آن‌ها مواجه است. علاوه بر همه این موارد متأسفانه 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

نئوماتوسین‌ها 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 نیستند.

#### 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 بیان کنند 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 نمی‌دهد. از این رو اعمال معادله لجستیک برای یک سیستم با دینامیک‌های متفاوت لزوماً منجر به

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 (موردی 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 اختلاف نظر 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 در نظر 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 در نظر 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

- 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

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 Storer 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 ناگازاکی 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 این سیاره، آغاز شده 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 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 دائماً 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)

## 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 XI 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'analisi Geografica* 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, & Sutjningsih 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 Cengcong 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 Sedarani 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, Gilbert 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/>
- Nidhinarakoon 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 & Makhdom 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