

## ارزیابی آثار محیط‌زیستی آبی‌پروری: فرا تحلیل ارزیابی چرخه‌حیات

مجید دکامین\*<sup>۱</sup>، هادی ویسی<sup>۲</sup>، هومان لیاقتی<sup>۳</sup>، کورس خوشبخت<sup>۴</sup>

۱ دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۲ دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران  
۳ دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران  
۴ دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۰؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴)

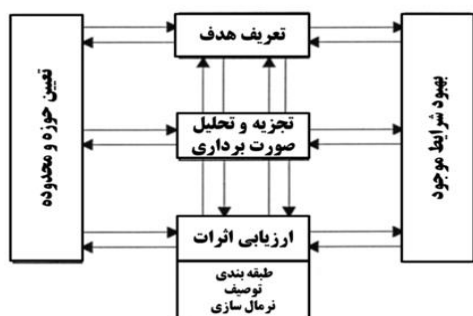
### چکیده

با افزایش تقاضای جهانی برای محصولات و غذاهای دریایی، آبی‌پروری بیشترین رشد و پیشرفت را در میان دیگر بخش‌ها به خود اختصاص داده است. چنین رشدی سبب شده است که «پایداری توسعه آبی‌پروری» و «آثار محیط‌زیستی ناشی از آن»، به موضوعی چالش برانگیز برای تمام ذی‌نفعان این بخش بدل شود. در پاسخ به چنین چالشی، از رهیافت ارزیابی چرخه‌حیات برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی آبی‌پروری استفاده می‌شود که در این مقاله با استفاده از روش فراتحلیل و واکاوی روش‌ها و نتایج بیش از ۱۴ مطالعه انجام شده سعی شده است، ضمن معرفی رهیافت، ابعاد و فرایندهای آن تبیین شود. واحد تحلیل در این تحقیق، مطالعات انجام شده در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ بود که به ارزیابی آثار پایداری با استفاده از روش چرخه‌حیات پرداخته بودند. در این زمینه، بر مبنای شش معیار شامل واحد عملیاتی یا کارکردی، حد و مرزهای سیستم، نوع داده، شیوه تحلیل، روش‌های ارزیابی اثر و نوع اثر و روش‌های تفسیر، این مطالعات تحلیل شدند و در پایان، بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته مدلی برای ارزیابی چرخه‌حیات به همراه چالش‌های پیش رو ارائه و تبیین شد.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی چرخه‌حیات، آبی‌پروری، آثار محیط‌زیستی، ایران

## سرآغاز

مشخص می‌شود. در مرحله صورت‌برداری که فرایندی زمان‌بر است، بسته به فرضیه تحقیق (شرایط ایستا یا فعال) دو نوع روش بالا به پایین و پایین به بالا (مشارکتی) برای جمع‌آوری اطلاعات به کار گرفته می‌شود. در مرحله ارزیابی اثر نیز در سیستم‌های اکولوژیک مانند آبرزی‌پروری حداکثر شش اثر شامل آثار گرمایش جهانی، کاربری زمین، پتانسیل سرشارسازی، پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی، اسیدی شدن، کاهش لایه اوزون قابل سنجش می‌باشد که با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی و زیربنایی برخی از آنها در ارزیابی‌های مختلف بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. و در نهایت، در مرحله تفسیر با توجه به آثار آنالیز به طور معمول حساسیت صورت می‌گیرد و انحرافات شناسایی می‌شود و متناسب با آن پیشنهادات ارایه می‌شود. با توجه به روند افزایشی تقاضا و توسعه آبرزی‌پروری برای پاسخگویی به این تقاضا، و در نتیجه آثار بالقوه محیط‌زیستی آنها، نیاز به سازگاری و توسعه مدل و چارچوبی بومی برای ارزیابی محیط‌زیستی این نظام تولیدی بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، تحقیق حاضر با مرور مطالعات مختلف در سطح جهانی سعی در ارایه مدلی برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی این نوع نظام تولید با توجه به شرایط کشور دارد. در این زمینه، ابتدا روش و فرایندی تحقیقی که در این پژوهش طی شده است و سپس مدل ارزیابی چرخه‌حیات در آبرزی‌پروری معرفی می‌شود. در پایان نیز شاخص‌ها و نتایج مطالعات مختلف به منظور ارایه چارچوب مناسبی برای تبیین آثار نظام تولیدی آبرزی‌پروری پیشنهاد می‌شود.



شکل (۱): تعاملات بین مراحل انجام ارزیابی چرخه‌حیات (Azapagic & Clift, 1999)

### روش پژوهش

با توجه به این که هدف تحقیق حاضر، ارایه چارچوب و مدلی برای ارزیابی آثار پایداری واحدهای تولیدی شیلات از طریق تحلیل اولیه (تحلیل مقدماتی داده‌ها و یافته‌های سایر تحقیقات)

آبرزی‌پروری با تأمین حدود نیمی از تولید ماهی دنیا، نقش به‌سزایی در تأمین غذاهای دریایی، کاهش سوء تغذیه، گرسنگی و فقر دارد (DE, 2007). با این حال، پایداری توسعه آبرزی‌پروری و آثار محیط‌زیستی ناشی از آن به موضوعی چالش برانگیز برای تمام ذی‌نفعان این بخش بدل شده است. زیرا، تولیدات این بخش با برخی آثار محیط‌زیستی همراه بوده است. برای مثال، پرورش ماهی قزل آلا که در ایران نیز از رشد قابل توجهی برخوردار بوده، سبب افزایش بالقوه و گسترش بیماری‌ها و انگل‌ها به جوامع ماهیان وحشی، آثار بالقوه اکولوژیک و ژنتیکی ماهیانی که از مزارع پرورش ماهی به آب‌های آزاد می‌گریزند (این اثر به‌ویژه در ماهیان هم نوع وحشی نمود بیشتری دارد)، آزادسازی مواد شیمیایی مختلف به آب‌های ساحلی و رودخانه‌ها و کاهش استفاده از غذاهای طبیعی و ارگانیک و در مقابل استفاده از غذاهای مصنوعی و غیرارگانیک در سطح وسیع شده است. تشدید این آثار به علت توسعه فزاینده صنعت آبرزی‌پروری در ایران و جهان سبب شده است که محققان در جهت یافتن رهیافت‌هایی تلاش نمایند که ردپای اکولوژیک این نوع نظام تولیدی را کاهش دهد (d'Orbcastel et al., 2009). ارزیابی چرخه‌حیات، یکی از روش‌های استاندارد جهانی است (ISO, 2006) که برای ارزیابی آثار یک فرایند و یا یک نظام تولیدی بر محیط‌زیست ابداع شده و در ارزیابی نظام‌های تولیدی آبرزی‌پروری توسط محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Cao et al., 2011). در این روش که یکی از روش‌های ارزیابی آثار پایداری است و بر مبنای فرایند تولید توسعه یافته است (Ness et al., 2007)، آثار تحمیلی ناشی از تولید یک محصول و یا یک فرایند و یا یک فعالیت به وسیله تشخیص و کمی‌سازی انرژی و مواد استفاده شده و ضایعات و پسماندهای تولیدی وارده به محیط‌زیست ارزیابی می‌شود. همچنین، آثار ناشی از مصرف این مواد و انرژی‌ها به محیط و فرصت‌های موجود برای اصلاح این آثار طی چهار مرحله، تعیین هدف و حوزه مطالعه، صورت‌برداری، ارزیابی اثر و تفسیر مشخص می‌شود (Pelletier & Teydmers, 2010). همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در مرحله تعیین هدف و حوزه مطالعه، محصول نهایی مورد انتظار، مرزهای سیستم مورد مطالعه، واحد عملیاتی و در نهایت، پیش فرض‌های مطالعه

شد.

### ارزیابی چرخه‌حیات<sup>(۱)</sup> در آبی‌پروری

همان‌گونه که ذکر شد، این مرحله از ارزیابی چرخه‌حیات اساس و زیربنای سایر مراحل است و در آن نوع هدف، حوزه مطالعه شامل دامنه زمانی، مکانی، نوع سیستم (فناوری)، واحد عملیات مشخص می‌شود. نتایج مطالعات بررسی شده بیانگر این است که در ارزیابی چرخه‌حیات در آبی‌پروری، به طور معمول اهداف در سه دسته به شرح زیر تعریف می‌شوند:

۱. آثار محیط‌زیستی و دلایل وقوع آنها در سیستم‌های آبی‌پروری
۲. منشا این آثار یا به عبارتی تشخیص نقاط عطف به منظور بهبود کارکرد محیط‌زیستی سیستم‌های آبی‌پروری و این که اتخاذ تصمیمات تا چه اندازه بر خروجی آنها موثر است.
۳. هدف سوم که به طور معمول در مطالعات ذکر نشده است اما در بررسی‌ها نمود پیدا می‌کند شناخت آثار ناشی از سیستم‌های خارجی بر سیستم‌های آبی‌پروری و برعکس است. در بیان حوزه مطالعه یکی از بخش‌های اساسی محدوده زمانی انجام ارزیابی است. محدوده زمانی در شیلات در مدل‌سازی انتشار آلودگی یک سیستم (مزرعه پرورشی) و ارزیابی آثار آن نقش به‌سزایی را ایفا می‌نماید (Potting & Hauschild, 1997).

برای مثال، ممکن است در زمان تخلیه استخرها، آثار ناشی از آلودگی فلزات سنگین، سرشارسازی و انتشار بیماری‌ها نمایان‌تر شود (Avnimelech & Ritvo, 2003). برآیند انتشار این آلودگی‌ها بیشتر به تغییرات فصلی بستگی دارد. به طوری که، خشکی و بادهای موسمی می‌توانند بر روی ظرفیت محیطی و خاصیت بافری یک اکوسیستم محلی تاثیرگذار باشند. بنابراین، محدوده زمانی بسته به هدف تحقیق می‌تواند از یک دوره تولیدی تا یک دوره زمانی چند ساله متغیر باشد. محدوده مکانی نیز در ارزیابی چرخه‌حیات در شیلات و آبی‌پروری اهمیت به‌سزایی دارد. در این زمینه سه محدوده مکانی شامل سیستم تولید، زنجیره غذایی و شبکه غذایی تعریف، و آثار مستقیم را در سطح سیستم تولید و آثار غیرمستقیم را در سطح زنجیره و شبکه غذایی بررسی می‌کنند. موضوع مهم دیگر در این مرحله، نوع سیستم مورد مطالعه است که به فناوری‌های مورد استفاده از فرآیند تولید اشاره دارد. در این راستا، هر چند در مطالعات بررسی

مطالعات قبلی و تحلیل ثانویه (تحلیل مجدد یافته‌ها) آنهاست، از روش تحقیق فراتحلیل استفاده شد. واحد تحلیل در این تحقیق، مطالعات انجام شده در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ بود که به ارزیابی آثار پایداری با استفاده از روش چرخه‌حیات پرداخته بودند و بیشتر در حین اجرا و یا پس از اجرا صورت پذیرفته‌اند. این مطالعات در جدول (۱)، نشان داده شده است. در این مطالعه، فرآیند جمع‌آوری داده‌ها با هدف فراهم آوردن لیستی از مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی چرخه‌حیات در دو مرحله انجام شد: ۱. نخست جستجوی الکترونیکی در منابع علمی معتبر نظیر شبکه جهانی ISI به منظور یافتن مقالات و پروژه‌های انجام شده صورت گرفت، سپس ۲. مطالعات موردی انتخاب شده بر اساس مدل تحقیق تجزیه و تحلیل شدند. در مرحله اول، بررسی منابع علمی جستجوی فراگیر و جامعی در منابع علمی الکترونیکی و پایگاه‌های مختلف (شامل sciencedirect، Willy, Scopus, springer fisher, fishery, aquaculture, assessment, LCA, شامل life cycle, ecological, economic, social, impact, sustainable, coast) انجام شد. در نتیجه، لیستی شامل ۷۱ مقاله از مطالعه‌های صورت پذیرفته در حوزه ارزیابی آبی‌پروری و شیلات با استفاده از مدل چرخه‌حیات فراهم شد. این مقالات علاوه بر اطلاعات لازم در مورد کلید واژه‌های جستجو اطلاعات دیگری را نیز در اختیار قرار داد. در این فرآیند اطلاعاتی همچون محققان امر، مدیران پروژه و پرورش دهندگان و مکان‌های مختلف در رابطه با این حوزه به دست آمد. در این رابطه، ابتدا ۲۶ مقاله از بین مقاله‌های موجود به علت این که اطلاعات کمی و کیفی مرتبط با ارزیابی آثار به روش چرخه‌حیات را در اختیار قرار نمی‌دادند، از چرخه بررسی کنار گذاشته شدند. سپس، ۴۵ مقاله باقیمانده به منظور انجام مطالعه‌ای فرا تحلیل بررسی شدند. در پایان و پس از بررسی و مرور چکیده، مواد و روش‌ها و نتایج مرتبط با هدف، ۱۴ مقاله که آثار آبی‌پروری را در ابعاد مختلف بررسی کرده بودند و خواسته محقق را برای انجام فرآیند مطالعه فراتحلیل برآورده ساختند، انتخاب شدند. در مرحله دوم، مقاله‌های انتخاب شده در رابطه با مراحل چرخه‌حیات بر مبنای شش معیار شامل واحد عملیاتی یا کارکردی، حد و مرزهای سیستم، نوع داده، شیوه تحلیل و تخصیص، روش‌های ارزیابی اثر و نوع اثر و روش‌های تفسیر تحلیل شدند. در پایان، بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته مدلی برای ارزیابی چرخه‌حیات پیشنهاد

شده بیان واضحی از فناوری‌ها و نوع سیستم تولیدی از نظر فناوری وجود ندارد، اما در سیستم‌های تولیدی شیلات به طور معمول به سه نوع سیستم‌های فشرده، نیمه‌فشرده و فرفشرده تقسیم‌بندی می‌شوند که ارزیابی و مقایسه بین سیستم‌ها از نظر آثار را برای محققان دیگر آسان می‌نماید (DE, 2007). در مطالعات بررسی شده تنها (Phong et al., 2011a) نوع سیستم‌های تولیدی را مشخص نموده است که در این میان به

بیان دو سیستم رایج فشرده و نیمه فشرده در آسیا پرداخته است. جدای از این، می‌توان سیستم‌ها را بر اساس تک‌گونه‌ای بودن، چندگونه‌ای بودن و مولتی‌تروفیک (چندین گونه از سطوح مختلف غذایی) بودن نیز تقسیم‌بندی کرد. موضوع مهم دیگر در این مرحله تعیین واحد عملیات است که بیانگر مقداری از کارکرد سیستم تولیدی است که در مطالعه لحاظ شده است.

### جدول (۱): مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی آثار محیط‌زیستی آبی‌پروری

نویسنده	هدف و حوزه مطالعه	واحد عملیاتی	نرم افزار	تفسیرها و نتایج
(Aubin et al., 2009)	ارزیابی آثار محیط‌زیستی سه سیستم تولیدی در سطح محلی و جهانی از منظر استفاده از غذا و انرژی	یک تن ماهی زنده	SimaPro v.6.0 Ecoinvent	سیستم مورد نظر برای ارزیابی از نظر آثار اسیدی شدن و تغییر اقلیم به علت مصرف نادرست انرژی در رتبه اول قرار دارد. سیستم‌های مورد مطالعه نیاز زیادی به انرژی داشته و استفاده از الکتروسیستی با کمترین آلودگی می‌تواند جایگزین انرژی‌هایی با آلودگی بیشتر شود. استفاده از سیستم‌های تصفیه باید در دستورکار قرار گیرد.
(Ziegler et al., 2011)	کمی‌سازی آثار محیط‌زیستی مرتبط با تولید میگو در سنگال از زمان صید تا بازاریابی محصول و مقایسه روش‌های مختلف صید (بومی و صنعتی) از نقطه نظر محیط‌زیستی و بررسی چند شاخص اجتماعی-اقتصادی است	یک کیلوگرم میگو بیخزده و بسته‌بندی شده آماده برای صادرات	خبرگان محلی و اطلاعات تیم دانمارکی-اسپانیایی دانشگاه SIK	به علت استفاده از سوخت‌های سنگین و هزینه بالای منجمد نمودن بیشترین اثر از منظر چرخه‌حیات، گرمایش جهانی و کاهش آزون از معنی‌دارترین آثار بودند. در صورت اصلاح این نواقص و دستیابی به پایداری زیستی، تجارت میگو به نقاط دور، پایدار خواهد بود.
(Phong et al., 2011)	ارزیابی آثار محیط‌زیستی مرتبط با سیستم‌های همزمان کشاورزی-آبی‌پروری در دلتای مکنونگ برای یازده محصول در طی دو سال	کیلوگرم محصول تولیدی	بیان نشده است.	کاربرد نامتعادل و بیش از حد کودهای شیمیایی و انتشار متان از مزارع برنج موجب آثار محیط‌زیستی شده است. شناسایی نقاط عطف در این سیستم‌ها و بهبود تکنیک‌های تولید محصولات زراعی و آبی‌پروری از راه‌کارهای این مطالعه برای کاهش آثار است.
(d'Orbcastel et al., 2009)	مطالعه و ارزیابی آثار محیط‌زیستی دو سناریوی پرورش ماهی آزاد در سطح جهانی	یک تن ماهی ماهی آزاد	SimaPro v.6.0	در مطالعه آثار محیط‌زیستی می‌توان از طریق کاربرد بیوفیلترها و کاهش مصرف انرژی آثار زیان آور و منفی را تا حد قابل قبولی کاهش داد. با مدیریت مصرف آب، انرژی و افزایش بهره‌وری از آنها می‌توان به پایداری محیط‌زیستی دست یافت.
(Vázquez-Rowe et al., 2010)	هدف از این مطالعه ارزیابی و مقایسه آثار محیط‌زیستی مرتبط با عملیات‌های انجام شده برای ماهی توانای است.	تولید یک تن ماهی تن	بیان نشده است.	ضایعات و آلودگی‌های ناشی از کشتی‌های ماهی‌گیری دارای بیشترین مقادیر برای تمامی آثار است. کاهش سهمیه صید ماهی توانای و بازبینی راهبردهای ماهی‌گیری و کاهش مصرف سوخت از طریق معرفی سوخت‌های جایگزین و یا کاربرد فناوری‌های جدید در رابطه با کاهش آثار این بخش موثر خواهد بود.
(Bosma et al., 2011)	ارزیابی سیستم‌های پرورشی فشرده این نوع ماهی به منظور تعیین آثار محیط‌زیستی و همچنین استفاده از آب در دلتای مکنونگ	تولید یک تن گربه ماهی	SimaPro	آثار ناشی از تولید و حمل و نقل غذا و فرآوری بالاترین مقادیر را در میان آثار، به جز برای سرشارسازی، به خود اختصاص می‌دهند. با استفاده از فناوری‌های جدید در تولید غذا و تولید غذاهایی با ضریب تبدیل کمتر و همچنین در حمل و نقل می‌توان این آثار را کاهش داد.
(Cao et al., 2011)	محاسبه کارایی سیستم‌های فشرده و نیمه فشرده تولید میگو در چین و آثار محیط‌زیستی حاصل از آن	تولید یک تن میگوی زنده	SimaPro	در این مطالعه آثار تولید غذا، استفاده از انرژی الکتروسیستی و تولید آلودگی‌ها در سطح مزرعه پرورشی شناسایی شدند. تدوین سیاست‌هایی در تغییر ترکیب غذا، مدیریت مزارع پرورشی و تصفیه آب قبل از تخلیه آن برای رسیدن به پایداری در این بخش ضروری است.
(Gronroos et al., 2006)	بررسی مصرف و انتشار آثار محیط‌زیستی مرتبط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در منطقه مورد مطالعه.	یک تن ماهی زنده	KCL-ECO 2003	آثار حمل و نقل و فرآوری و مواد خام در انتشار آلودگی در منطقه اثر چندانی نداشته‌اند در حالی که انتشار ترکیبات نیتروژن و فسفر از جمله مهمترین آثار در پرورش این نوع ماهی است. استفاده کارآمد از انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر راهکاری برای رسیدن به آبی‌پروری پایدار در فنلاند باشد.

## ادامه جدول (۱): مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی آثار محیط‌زیستی آبی‌پروری

نویسنده	هدف و حوزه مطالعه	واحد عملیاتی	نرم افزار	تفسیرها و نتایج
Ayer & Tyedmers, (2009)	ارزیابی آثار محیط‌زیستی و کمی‌سازی آن برای تعیین آثار بالقوه پرورش ماهی قزل آلا در سیستم‌های محلی با سه سیستم پیشنهادی برای جایگزینی که دوستدار محیط هستند.	یک تن ماهی زنده	SimaPro v.7.0	هر چند سیستم‌های بسته ممکن است آثار اکولوژیک محلی را کاهش دهند اما افزایش تقاضای مواد مصرفی و انرژی در حین استفاده از آنها منجر به افزایش دیگر آثار مانند اسیدی‌شدن، گرمایش جهانی و کاهش منابع تجدیدناپذیر می‌شود.
Hospido & Tyedmers, (2005)	کمی‌سازی اندازه و اهمیت انتشار آلودگی ناشی از فعالیت‌های مرتبط با صید و تولید ماهی تن	صید یک تن ماهی تن	SimaPro v.5.1	بین اقیانوس‌های هند، اطلس و آرام، ماهی‌گیری در اقیانوس آرام دارای آثار محیط‌زیستی معنی داری است که بیشتر مربوط به فاصله تا محل فرآوری و هزینه سوخت آن می‌شود.
(Mungkung et al., 2006)	ارزیابی آثار اقتصادی و اجتماعی و محیط‌زیستی تولید میگو در تایلند	۱٫۸ کیلوگرم میگوی منجمد	بیان نشده است.	آثاری مانند ذخیره‌های وحشی، کاهش جمعیت ماهی‌های دریایی، کاهش تنوع‌زیستی، کاربری زمین و آثار مرتبط با استفاده از مواد شیمیایی از مهمترین آثار محیط‌زیستی آبی‌پروری هستند.
Ziegler & Hansson, (2003)	هدف از این بررسی دستیابی کل آثار چرخه‌حیات تولید غذاهای دریایی است	بسته‌های ۴۰۰ گرمی منجمد ماهی	مرور منابع، ماهی‌گیران، آمار شیلات و شرکت‌های مرتبط	پسماندهای صنعتی بیشترین تاثیر را در سرشارسازی دارند. بهینه‌سازی سرعت، افزایش استفاده از انرژی‌های پاک و بهبود موتورها و فناوری‌های سوخت از مهمترین اصلاحاتی است که می‌تواند سبب کاهش استفاده از منابع و آثار محیط‌زیستی ناشی از این بخش شود.
Thrane, (2004)	ارزیابی آثار محیط‌زیستی شیلات در دانمارک	یک کیلو گرم ماهی	بیان نشده است.	مصرف سوخت در شیلات دانمارک دارای مهمترین اثر بالقوه است و اصلاح الگوی مصرف و افزایش کارایی مصرف می‌باید در دستور کار قرار گیرد.
Papatryphon et al., (2004)	ارزیابی کاربرد رویکرد ارزیابی چرخه‌حیات در برآورد آثار مرتبط با پرورش این ماهی و همچنین ارزیابی آثار مدیریتی در سطح مزرعه	یک تن ماهی قزل آلا تولیدی	بیان نشده است.	دو پارامتر کارایی استفاده از غذا و شدت تولید در طی فصول خشک به ازای آب مصرفی می‌تواند برای بررسی کارایی محیط‌زیستی به کار برده شود.

تخصیص و حوزه تحقیق نیز ماهیت داده‌های مورد نیاز را مشخص می‌کند. به طوری که، بسته به روش تخصیص شامل: روش‌های تخصیص محتوای ناخالص انرژی، زیست‌توده، توسعه سیستم، و ارزش اقتصادی نوع اطلاعات مورد نیاز متفاوت است. برای مثال، در روش توسعه سیستم علاوه بر اطلاعات محصول اصلی به اطلاعات محصولات جانبی و آثار سایر سیستم‌ها و یا در روش‌های تخصیص انرژی و ارزش اقتصادی و همچنین زیست‌توده به اطلاعات بانک‌های اطلاعاتی مختلف نیاز است. در این راستا، برخی از پایگاه‌های اطلاعاتی مانند: (ecoinvent, US LCI database, US IO dbase, Danish IO dbase, Dutch IO dbase, LCA food dbase, Industry data, Japanese IO dbase, IVAM dbase) در فرایند صورت‌برداری استفاده می‌شود که تحت نرم‌افزار SimaPro است و تحلیل‌های بعدی بر روی آنها صورت می‌گیرد. شایان ذکر است که در بسیاری از موارد استفاده از این بانک‌های اطلاعاتی سبب توسعه دامنه زمانی و در نتیجه ارتقای کیفیت تحقیق می‌شود (Aubin et al., 2009; Ayer & Tyedmers, 2009; Bosma et al., 2011; Cao et al., 2011; d'Orbcastel et al., 2009). فارغ از روش تخصیص، دو نوع رهیافت که هر کدام شامل چند روش است برای صورت‌برداری در زمینه

معمول‌ترین واحد عملیاتی که در مطالعات مختلف بررسی شده است، یک تن ماهی زنده در مزرعه پرورشی یا منطقه صید است و خود را محدود به کمیتی نموده‌اند که در محل پرورش و یا صید به صورت پیش‌فرآوری شده به‌دست می‌آید (Aubin et al., 2009; Cao et al., 2011a; d'Orbcastel et al., 2009; Papatryphon et al., 2004; Vázquez-Rowe et al., 2010). مطالعات دیگری محصول آماده مصرف را به عنوان واحد عملیاتی خود انتخاب نموده‌اند (Mungkung et al., 2006; Phong et al., 2011; Thrane, 2004; Ziegler et al., 2011). برای مثال یک بسته میگوی یخ زده ۵۰۰ گرمی در سوپرمارکت می‌تواند به عنوان واحد عملیاتی انتخاب شود که در این حالت مجبور خواهیم بود فرایند تولید، فرآوری، حمل و نقل و توزیع را در مرزهای سیستم لحاظ نماییم. لازم به ذکر است که در مطالعات مقایسه‌ای، واحد عملیاتی مرجعی برای مقایسه است. انتخاب واحد عملیاتی تعیین کننده مرز سیستم نیز می‌باشد.

## صورت‌برداری (۲)

فرایند صورت‌برداری که فرایندی زمان‌بر است، در شیلات و آبی‌پروری بسته به نوع هدف و حوزه تحقیق با ابزارها و روش‌های مختلفی انجام می‌شود. در این زمینه نوع هدف، روش

وضعیتی سبب شده است که در این مطالعات یا به طور واضح فرایند صورت‌برداری بیان نشود و یا این که تنها به بیان نتایج صورت‌برداری بسنده شود. به طوری که، منشا و منبع داده‌ها در این نوع مطالعات مشخص نیست و اعتبارسنجی بر مبنای باز تولید نتایج آنها مشکل است ( Mungkung et al., 2006; Papatryphon et al., 2004; Vázquez-Rowe et al., 2010; Ziegler & Hansson, 2003).

### اثر

از میان هفت طبقه اثر در ارزیابی چرخه‌حیات سیستم‌های اکولوژیک، در سیستم‌های شیلاتی و آبی‌پروری تنها به آثار گرمایش جهانی، اسیدی شدن، سرشارسازی و اخیراً کاربری زمین، میزان مصرف منابع زیستی و وابستگی به آب اکتفا می‌شود (Henriksson et al., 2012). همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، تمامی مطالعات انجام شده در این حوزه به اندازه‌گیری گرمایش جهانی (GW = Global Warming) و اسیدی شدن (Ac = Acidification) و سرشارسازی (Eu = Eutrophication) اقدام نموده‌اند. در دیگر مطالعات صورت پذیرفته برخی مانند (Aubin et al., 2009a; Ayer & Tyedmers, 2009; Bosma et al., 2011a; Cao et al., 2011a; d'Orbcastel et al., 2009; Hospido & Tyedmers, 2005; Mungkung et al., 2006a; Papatryphon et al., 2004a; Phong et al., 2011a; Thrane, 2004; Vázquez-Rowe et al., 2010; Ziegler et al., 2011; Ziegler & Hansson, 2003) آثاری مانند: اکسیدان‌های فتوشیمیایی و سمیت برای آب‌ها (AE = Aquatic Ecotoxicity) و سمیت برای خشکی‌ها (TE = Terrestrial Ecotoxicity) و سمیت برای انسان‌ها (HT = Human Toxicity) و استفاده از انرژی (EU = Energy Use) و استفاده از منابع زیستی (BR = Biotic Resource Use) و کاهش اوزون (OD = Ozone Depletion) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این راستا، برای اندازه‌گیری آثار شاخص‌هایی به کار رفته است که عبارتند از: دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub> = Carbon Dioxide) و متان (CH<sub>4</sub>) و دی‌اکسیدگوگرد (SO<sub>2</sub> = Sulphur Dioxide) و آمونیم (NH<sub>3</sub>) و اکسیدهای نیتروژن (NO<sub>x</sub>) و فسفات (PO<sub>4</sub>) و نیترات (NO<sub>3</sub> = Nitrate) و اکسیژن (O<sub>2</sub>) و دی‌کلروبنزن (Oxygen DCB = 1,4) و آب (H<sub>2</sub>O = Water) و واحدهای

آبی‌پروری وجود دارد. رهیافت تجویزی یا بالا به پایین یکی از این رهیافت‌هاست که با روش‌هایی مانند: ارزیابی سریع آبی‌پروری، آیین‌نامه مطلوبیت فعالیت فائو و روش بین‌المللی مطلوبیت ابزار در پی سنجش وضعیت پایداری و یا یکی از ابعاد پایداری در وضعیت ایستا است. در این روش‌ها، به پویایی سیستم‌های شیلاتی و آبی‌پروری نظیر نگرانی‌های انسانی و افق بلندمدت آثار توجه چندانی نمی‌شود. رهیافت شناختی رهیافتی دیگر است که با استفاده از روش‌های مشارکتی سعی در توجه به ابعاد مختلف پایداری و لحاظ کردن نظرات دست‌انکاران محلی در رویکردی پویا دارد به طوری که اهمیت، روابط و پیوند و افق بلندمدت ابعاد پایداری در فرایند ارزیابی لحاظ شود. بر این اساس، در ارزیابی نظام‌های شیلاتی و آبی‌پروری بسته به دامنه زمانی و مکانی و نوع سیستم می‌توان از یکی از روش‌های فوق استفاده کرد.

هر چند در مطالعات بررسی شده طی فرایند تخصیص، روش‌ها و رهیافت‌های متنوعی به دلیل تنوع زیاد بخش‌های درگیر در تولید و تعدد روش‌های فرآوری و مشکلات تعیین مسیر محصول تا بازار در این بخش به کار رفته است، اما دو روش محتوای ناخالص انرژی (Aubin et al., 2009; Ayer & Tyedmers, 2009; Bosma et al., 2011; Cao et al., 2011; d'Orbcastel et al., 2009) و ارزش اقتصادی (Aubin et al., 2009a; Phong et al., 2011a) بیش از بقیه روش‌ها استفاده شده‌اند. با وجود این، برخی محققان مانند: (Iribarren et al., 2010; Pelletier & Tyedmers, 2010) از روش توسعه سیستم برای لحاظ کردن تولیدات جانبی سیستم‌های آبی‌پروری استفاده کرده‌اند. برخی دیگر مانند: (Ellingsen & Aanonsen, 2006) از دو روش زیست‌توده و ارزش اقتصادی بهره برده‌اند. تجزیه و تحلیل مطالعات بررسی شده نشان می‌دهد که به طور معمول، زیر ساخت‌ها به علت زمان‌بر بودن بررسی برای محاسبه تمامی نهادهای آن در رابطه با آثار جزئی که بر سیستم می‌گذارند تا حد زیادی در نظر گرفته نمی‌شوند (Ayer & Tyedmers, 2009). در حالی که فرایند فرآوری، آماده‌سازی برای مصرف و مصرف به عنوان اجزایی تاثیرگذار در ارزیابی آثار مربوط به یک محصول شیلاتی نیز بررسی می‌شوند (Thrane, 2004). بالاخره کیفیت و دسترسی به داده‌ها به‌ویژه گزارش داده‌ها و نتایج حاصل از صورت‌برداری یکی از مشکلاتی است که در مطالعات ارزیابی چرخه‌حیات به چشم می‌خورد. چنین

و همچنین با سیستم‌های تولید مورد مقایسه هم‌خوانی لازم را داشته باشند. برای مثال، ممکن است در مطالعه ارزیابی چرخه‌حیات مقایسه دو محصول الف و ب صورت پذیرد، اما این مقایسه‌ها بر مبنای اطلاعاتی نادرست بنا نهاده شود. یعنی گزینه الف بر مبنای اطلاعات به‌دست آمده از مرور منابع باشد، در حالی که گزینه ب بر مبنای داده‌های خام حاصل از جمع‌آوری داده‌ها باشد. چنین اشتباهی می‌تواند در مورد بازه زمانی جمع‌آوری داده‌ها به وقوع بپیوندد. برای مثال، داده‌های گزینه الف متعلق به ۵ سال پیش است. در حالی که، داده‌های گزینه ب به تازگی جمع‌آوری شده است. چنین اشتباهاتی در این مرحله مورد بررسی قرار می‌گیرد و قابل اعتماد بودن نتایج را تضمین می‌نماید.

۳. تجزیه و تحلیل انحراف: در این مرحله مطابقت پیش فرض‌ها، روش‌ها، مدل‌ها و داده‌های مورد استفاده با هدف و حوزه مورد مطالعه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در این مرحله، زنجیره تولید یک محصول و همچنین زنجیره تولید محصولاتی که محصول مورد مطالعه با آنها مقایسه می‌شود و تمامی پارامترها و عناصری که در کل چرخه حیات یک آبی‌شناسایی می‌شوند و دارای اثر هستند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و آثار آنها محاسبه می‌شود.

۴. تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم قطعیت: تمامی اطلاعات به‌دست آمده در رابطه با زمان و مکان و فناوری و غیره، مدل مورد استفاده، انتخاب‌های جایگزین و نحوه انتخاب پیش فرض‌ها در ارتباط با هدف و حوزه مورد مطالعه بررسی می‌شود (Guinée, 2002) و میزان هم‌خوانی آنها مشخص می‌شود.

۵. بحث و نتیجه‌گیری: در این بخش در مورد علت مشکلات بحث می‌شود و نتایجی برای ارایه پیشنهادهای علمی به تصمیم‌گیرندگان و مدیران ارایه می‌شود.

در مطالعه‌ای اقدام به تجزیه و تحلیل حساسیت نموده‌اند (Ayer & Tyedmers, 2009). در این مطالعه عوامل تخصیصی را به کار برده شده است که تاثیر زیادی بر آثار مواد غذایی مختلف دارد. در مطالعه دیگری با انجام آنالیز حساسیت بر روی داده‌های پیش فرض خود در رابطه با عملیات ماهی‌گیری روش ارزیابی آثار متفاوتی را ارایه داده است (Mungkung, 2006) و بالاخره نیز در مطالعه‌ی دیگری عملیات مختلف پرورش ماهی را با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) مقایسه شده

انرژی (GJ, MJ, KJ = Giga, Mega, Kilo Joules) و آنتیموان (Sb = Antimony) و تولید خالص اولیه (NPP = Net Primary Productivity) و کلروفیلوروکربن (NPP = Net Primary Productivity). این آثار بسته به امکانات موجود و شرایط انجام و اهداف مطالعه در برخی از مطالعات اندازه‌گیری شده است. به طور کلی، می‌توان گفت در صورتی که هدف از مطالعه برآورد آثار ناشی از فعالیت‌های صنعتی انسان در محیط باشد این آثار بیان شده تمامی جوانب این امر را پوشش می‌دهد، اما، اگر هدف از مطالعه رسیدن به ارزیابی کامل‌تر و یافتن فرصت‌های بیشتر به منظور بهبود سیستم‌های تولیدی است گنجانیدن آثار دیگری به آثار اشاره شده لازم خواهد بود. برای مثال، آثار کاربری زمین و وابستگی به آب و استفاده از منابع زیستی را نیز برآورد کرده‌اند.

### تفسیر

هدف از یک پروژه ارزیابی با روش LCA بیان مباحثی است که به تصمیم‌گیری و اعمال سیاست‌های درست از جانب دست‌اندرکاران این بخش کمک نموده و مزیت آن این است که به سرعت نتایج قابل قبولی برای چنین تصمیم‌هایی فراهم می‌آورد (Roy et al., 2009). در این مرحله، به طور معمول مسایل مهم و نقاط عطف نتایج طی مراحل زیر مشخص می‌شود: ۱. بررسی کامل بودن: پارامترهایی که سیستم را شرح می‌دهند، داده‌ها و روش‌شناسی مورد استفاده در مراحل مختلف ارزیابی چرخه‌حیات، نتایج و بحث‌های مربوط به تجزیه و تحلیل باید با هدف و حوزه مطالعه هم‌خوانی لازم را داشته باشند. یکی از راه‌های پرهیز از اشتباه در اجرای ارزیابی چرخه‌حیات بررسی کامل بودن اطلاعات در رابطه با نقاط فراموش شده در روند تولید محصول، آلودگی‌های در نظر نگرفته شده و یا ناقص برآورد شده، ورودی‌ها و خروجی‌های مالی و یا ویژگی‌های محصول تولیدی باشد. به منظور اجتناب از این اشتباه، باید با خبرگان ارزیابی چرخه‌حیات مشورت شود و یا این که مطالعه خود را با دیگر مطالعات مشابه مقایسه نمود. در زمان مقایسه دو مطالعه می‌باید دقت لازم را در تمامی مراحل مقایسه می‌بذول داشت که هدف و حوزه مطالعه با تمامی مراحل هم‌خوانی لازم را دارا باشند.

۲. بررسی سازگاری: تمامی پیش فرض‌ها و مدل‌های مورد استفاده در ارزیابی چرخه‌حیات می‌باید با هدف و حوزه مطالعه

است (Phong, 2011).

محصولات آبی‌پروری می‌شود. علاوه بر مدل‌های پایه، تکیه بر پیش فرض‌ها و انتخاب‌های جایگزین، نتایج به‌دست آمده از مطالعات را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. بر همین اساس، ابزارهای آماری و انجام تجزیه و تحلیل حساسیت در قدرت و اعتبار و بیان خوب بحث در مطالعات آبی‌پروری امری ضروری به نظر می‌رسد.

با عنایت به نتایج ذکر شده می‌توان استدلال کرد که مهمترین مرحله در بیان نتایج حاصل از ارزیابی چرخه‌حیات، تبیین نقاط ضعف مطالعه و آزمایش دقیق نتایج به‌دست آمده است. زیرا، ابهام در مقیاس زمانی و مکانی در مرحله صورت‌برداری مطالعات انجام شده منجر به افزایش کج‌تابی در ارزیابی چرخه‌حیات

### جدول (۲): آثار اندازه‌گیری شده در مطالعات مختلف و شرح آنها

شماره مطالعه در جدول	شرح اثر	نوع اثر
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۹-۸-۷-۶-۵-۴-۳-۲-۱	شرکت در جذب اتمسفری تابش فرمز دور	گرمایش جهانی
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۹-۸-۷-۶-۵-۴-۳-۲-۱	شرکت در ساختار ترکیبات اسیدی	اسیدی‌شدن
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۹-۸-۷-۶-۵-۴-۳-۲-۱	ترکیبات مغذی که در تقاضای اکسیژن نقش دارند	سرشارسازی
۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۷-۶-۵	شرکت در مه دود فتوشیمیایی	تشکیل اکسیدان‌های فتوشیمیایی
۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۹-۶-۵-۲	شرکت در ایجاد شرایط سمی برای فلور و فون	سمیت خشکی/آب‌ها
۱۰-۹-۶-۵-۲	شرکت در ایجاد شرایط سمی برای انسان	سمیت برای انسان
۱۴-۱۳-۱۲-۹-۸-۷-۶-۴-۳-۲	شرکت در تخلیه منابع انرژی تجدیدپذیر	استفاده از انرژی
۱۴-۸-۷-۴	شرکت در تخلیه منابع انرژی تجدیدناپذیر	استفاده از منابع زنده و غیرزنده
۱۴-۱۳-۱۱-۱۰-۵-۲	شرکت در کاهش ازون استراتوسفری	کاهش ازون
۴	سطح زمین اشغال شده توسط سیستم تولیدی	کاربری زمین
۴	استفاده از تولید خالص اولیه در فرایند تولید	استفاده از تولید خالص اولیه
۴	نوع آب مورد استفاده در سیستم تولیدی	وابستگی به آب

### بحث و نتیجه‌گیری

#### چارچوب پیشنهادی برای تدوین ارزیابی چرخه‌حیات در ایران

افزایش تقاضا برای محصولات شیلاتی به ویژه ماهی از یک سو و محدودیت منابع دریایی کشور در تامین تقاضا سبب شده است که با توجه به پتانسیل‌های آبی‌پروری در آب‌های داخلی، توسعه آبی‌پروری رشد فزاینده‌ای داشته باشد. به طوری که تعداد زیادی از نظام‌های آبی‌پروری در کنار مزارع کشاورزی توسعه یافته‌اند. بدیهی است که پایداری این روند توسعه، نیازمند آگاهی از آثار این نظام‌های جدید به ویژه در ابعاد محیط‌زیستی است. چنین نیاز و الزامی سبب شده است که تلاش‌های زیادی برای ارزیابی این نظام‌ها در سراسر جهان صورت گیرد که در قسمت‌های قبلی به آنها اشاره شد. تجزیه و تحلیل این مطالعات به منظور استفاده از نتایج آنها در شرایط کشور نیازمند برخی ملاحظات است که در ادامه به آنها اشاره می‌شود:

۱. از آن جا که بیشتر سیستم‌های آبی‌پروری در مناطق و مزارعی قرار دارند که در کنار آنها سایر فعالیت‌های کشاورزی

نظیر دامداری و زراعت صورت می‌گیرد، لازم است، در ارزیابی آنها علاوه بر تجزیه و تحلیل دقیق فرایندهای داخلی، به تعاملات با سایر زیرنظام‌ها نیز مورد توجه قرار گیرد. به طوری که حوزه و هدف مطالعه زیر نظام‌های دیگر (واحدهای عملیاتی دیگر) را نیز شامل شود. در این راستا، استفاده از نظریه هولون که در آن هر دو نظریه کل‌نگری برای توجه سایر زیر نظام‌ها و جزنگری برای تحلیل دقیق زیر نظام آبی‌پروری می‌تواند راه‌گشا باشد. برای مثال، اگر محصول سیستم تولید ماهی است، و دارای فرایندهای دیگری از جمله فرآوری، بسته‌بندی، حمل و نقل و مصرف باشد، این خروجی‌ها نیز می‌باید لحاظ شود. زیرا، این خروجی‌ها از سیستم یا به چرخه طبیعی خود در طبیعت باز می‌شود و یا در آن ایجاد اختلال می‌نماید. هر چند، برخی از خروجی‌های سیستم با لحاظ اقدامات مدیریتی قابلیت بازگشت به چرخه تولید را خواهد داشت. برای مثال، فرایند تولید یک تن ماهی قزل آلا را در نظر بگیریم، بخشی از فرایندهایی که در خارج و داخل سیستم قرار می‌گیرند به



تخصیص و همچنین داده‌های کمی و کیفی می‌باشد. تحقق چنین ترکیبی به تخصص‌های مختلف نیاز دارد تا بتواند اطلاعات اقتصادی، تغذیه‌ای و زیستی و همچنین انرژی را در چارچوبی مناسب برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران ارائه دهد. از این‌رو، پیگیری رویکردی میان رشته‌ای و ایجاد تیم تحقیقاتی چندرشته‌ای برای تضمین موفقیت و کارآمدی یافته‌ها الزامی می‌باشد.

۳. تعاملات درونی و بیرونی سیستم‌های آبی‌پروری با نظام‌های پیرامون سبب شده است که آثار آنها در بیرون از خود نظام و در مقیاس محلی و جهانی نیز نمود یابد. برای مثال، آثار کاربری زمین یا آثار آن در گرمایش جهانی و وابستگی به منابع آبی سبب شده است که این آثار در نظام‌های آبی‌پروری با زیر نظام‌های دیگر نظیر دامداری و زراعت مقایسه شود. همچنین، از آن جا که در کشور ما فعالیت‌های آبی‌پروری به وسیله کشاورزان در مناطق روستایی انجام می‌شود، لازم است آثار آنها در ابعاد اجتماعی مانند: اثر بر سرمایه اجتماعی، کیفیت زندگی و یا دسترسی به خدمات اجتماعی نیز بررسی شود.

۴. از آن جا که در ارزیابی پایداری سیستم‌های آبی‌پروری، از طریق آنالیز حساسیت نقاط ضعف سیستم مشخص می‌شود و برای رفع آنها برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد، می‌توان گفت که طی فرایند ارزیابی چرخه‌حیات، هدف توسعه یک سناریوی هنجاری تحولی برای نظام‌های آبی‌پروری مورد مطالعه می‌باشد. به طوری که، با تبیین سناریوی مورد نظر برای این که چگونه باید به پایداری و بهبود وضعیت رسید، اقدام‌های اصلاحی پیشنهاد می‌شود.

پایداری رشد فعلی توسعه صنعت آبی‌پروری نیازمند راهی برای افزایش مقبولیت محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی آن است. با توجه به موارد مذکور، هر چند تمامی مطالعات انجام شده به طور تقریبی تجزیه و تحلیل مشارکتی آثار را انجام داده‌اند، اما به طور کامل آنالیز حساسیت را صورت نداده‌اند. این در حالی است که آنالیز حساسیت جزء الزامات استانداردهای کنونی ایزو است. این حال، آبی‌پروری با تمام فوایدی که برای جامعه بشری داشته است، سبب برخی آثار منفی محیط‌زیستی شده است. نکته کلیدی که در این جا به آن پرداخته می‌شود، فراهم آوردن اطلاعاتی جامع‌تر در رابطه با آثار محیط‌زیستی عملیات آبی‌پروری است. زیرا، چنین اطلاعاتی برای مدیریت و تعدیل

شرح زیر می‌باشند: فرایند استخراج از معادن و یا پالایشگاه‌ها و یا منابع طبیعی که خارج از مرزهای تعریف شده از سیستم قرار می‌گیرند (اطلاعات مربوط به آثار یک نهاد تا ورود به یک سیستم در مجموعه اطلاعات تدوین شده به صورت جهانی و یا منطقه‌ای قابل دسترس می‌باشد). این مواد با صرف هزینه حمل و نقل وارد مرزهای سیستم تولیدی ما می‌گردند. فرایند فرآوری و آماده‌سازی این مواد (مانند چوب، سیمان، آهن) در داخل مرزهای سیستم انجام می‌پذیرد. هزینه حمل و نقل این مواد به محل سیستم تولیدی پرورش ماهی، قرارگیری این مواد در بدنه سیستم تولیدی و تولید ماهی، حمل و نقل و بسته‌بندی و سرانجام مصرف و بازگشت به محیط تنها بخشی از فرایندهایی است که می‌باید در تعیین مرزهای سیستم لحاظ شود. این فرایند، برای تمامی مواد درگیر در تولید ماهی از جمله فرآورده‌های کشاورزی، دامی، صنعتی و غیره می‌باید انجام شود. تمامی این فرایندها در هر مرحله هزینه حمل و نقل، صرف انرژی و تولید ضایعات و انتشار آلودگی دارند. تمامی این فرایندها و تعیین نهاده‌های ورودی و خروجی از سیستم و تعیین مرزهای آن بعد از پایش کامل سیستم تولید صورت می‌پذیرد. لازم به ذکر است تعیین هدف و حوزه مطالعه نقش زیادی در محدوده سیستم دارد شکل (۲) مواردی که می‌باید در تعیین مرز سیستم لحاظ شوند عبارتند از:

- تولید ماهی: یعنی آلودگی‌هایی که در مرحله پرورش ماهی از طریق غذادهی به محیط وارد می‌شود
  - غذاها: شامل عناصر تشکیل دهنده غذا، فرآوری و حمل و نقل آن
  - ابزارها: شامل تمامی وسایل و ابزار آلات مورد استفاده در سیستم پرورشی و وسایل حمل و نقل
  - زیرساخت‌ها: شامل تمامی نهرها، استخرها، حوضچه‌ها و ساختمان‌های مرتبط با سیستم پرورشی
  - مواد شیمیایی: هر نوع ماده شیمیایی مورد استفاده شامل: اکسیژن مایع، داروها، مواد ضد عفونی کننده و حمل و نقل آنها.
  - حامل‌های انرژی: هرگونه حامل انرژی مورد استفاده در سیستم پرورشی شامل گاز، گازوئیل، نفت، اورانیم و برق
۲. نتایج مطالعات بررسی شده نشان داد که توجه به ابعاد زمانی و مکانی آثار، نیازمند به‌کارگیری ترکیبی از روش‌های

## چالش‌های فراروی بررسی آثار سیستم‌های تولیدی در آبی‌پروری

مهمترین چالش پیش‌روی محققان برای استفاده از ارزیابی چرخه‌حیات در آبی‌پروری، تدوین آثار مناسب و جدید برای کمی‌سازی این آثار برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی و همچنین آثاری است که بتوان به وسیله آن ویژگی‌ها و تعاملات اجتماعی فناوری‌های موجود در بخش تولید غذاهای دریایی را ارزیابی نمود. آثاری که به طور معمول در فرایند ارزیابی چرخه‌حیات مورد بررسی قرار می‌گیرند، آثار محیط‌زیستی و اقتصادی است و کمتر به آثار اجتماعی در آن پرداخته می‌شود.

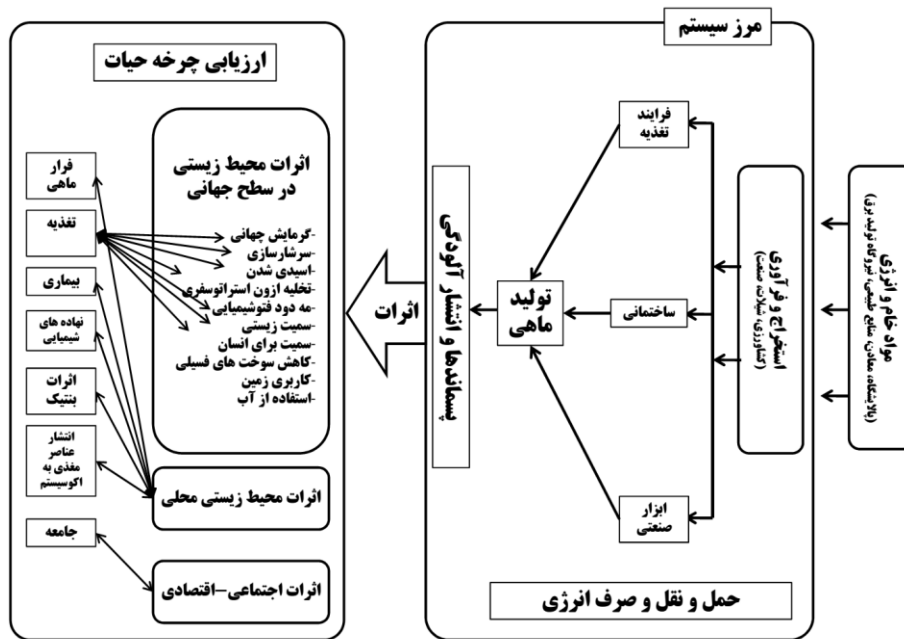
این در حالی است که سه بعد پایداری یعنی اجتماع، اقتصاد و محیط‌زیست می‌باید در ارزیابی لحاظ شود و می‌توان بعد اجتماعی را حلقه مفقوده این زنجیره دانست. یکی دیگر از چالش‌های استفاده از ارزیابی چرخه‌حیات این است که تنها به آثاری مانند: گرمایش جهانی و کاهش لایه اوزون می‌پردازد که در سطح جهانی مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، در دیگر آثار مورد بررسی در ارزیابی چرخه‌حیات از جمله: سرشارسازی، اسیدی‌شدن و سمیت خشکی‌ها رابطه بین آثار محلی و جهانی به طور واضح مشخص نیست. این آثار باید در بخش شیلات به خوبی بیان شود. علاوه بر آثار لحاظ شده در ارزیابی چرخه‌حیات نباید فراموش کرد که در سطح محلی نگرانی‌هایی در این زمینه وجود دارد که در تدوین آثار مورد ارزیابی مختص شیلات و آبی‌پروری باید در نظر گرفته شود. آثاری مانند: کاهش تنوع‌زیستی منطقه و فرسایش ساختار بوم‌نظام منطقه و کارکرد آن بر اثر تغییرات حاصله لازم است در تدوین آثار لحاظ شوند. هرچند تدوین و نحوه اندازه‌گیری این آثار مشکل است، اما باید برای دستیابی به یک ارزیابی جامع این آثار را به نحوی در دستورکار قرار داد. تدوین این آثار باید با دقت انجام گیرد و دو نکته در آن لحاظ شود. یکی این که کیفیت اطلاعات موجود در زمینه برآورد اثر بالا باشد و دیگر این که بتوان بین واحدهای عملیاتی و اثر مورد محاسبه رابطه واقعی برقرار کرد (شکل ۲).

### یادداشت‌ها

1. Life Cycle Assessment
2. Inventory

آثار ناشی از آبی‌پروری هم در سطح مزرعه و هم در سطح منطقه‌ای از اهمیت به‌سزایی برخوردار خواهد بود. در این راستا، لازم است به موارد زیر توجه شود:

۱. در شیلات اختلاف بین روش‌های مختلف صید و صیادی می‌باید بر اساس انرژی مصرفی به ازای هر کیلو و یا تن ماهی صید شده محاسبه و بهترین روش از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک برای این بخش معرفی شود.
  ۲. پویایی جمعیت منابع آبی باید برای ارزیابی تجدیدپذیری آنها انجام شود و پایداری ظرفیت تولید آنها مشخص شود که این کار توسط ارزیابی چرخه‌حیات محقق می‌شود.
  ۳. مهمترین محدودیت کاربرد ارزیابی چرخه‌حیات برای کاربرد در بخش شیلات و آبی‌پروری انواع آثار خاصی است که ارتباط مستقیمی با شیلات و آبی‌پروری دارند. این آثار که مختص شیلات و آبی‌پروری هستند، هنوز در روش‌شناسی ارزیابی چرخه‌حیات گنجانده نشده است. باید تدابیری اندیشید که آثار این بخش‌ها مشخص و تمامی آثار مرتبط (اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی) در ارزیابی چرخه‌حیات لحاظ شود تا بتوان به ارزیابی واقعی و جامعی از آثار تولید ماهی به صورت پایدار در این بخش‌ها دست یافت.
  ۴. پایداری بخش‌های کشاورزی، شیلات و آبی‌پروری باید به صورت یکپارچه محقق و مدیریت شود، به این علت که این بخش‌ها به نیازهای یکسانی از نظر منابع داشته و تعاملات بین بخش‌های درگیر، در تولید این بخش‌ها زیاد است.
- اطلاع از آثار محیط‌زیستی مرتبط با تولید یک محصول در آبی‌پروری و شیلات بر روی تقاضای مصرف آن محصول اثر مستقیم دارد. به منظور تغییر نگرش مصرف‌کننده و افزایش تقاضا در این بخش‌ها باید تصمیم‌هایی اتخاذ شود که تولید و مصرف پایدار را به همراه داشته باشد. از جمله این تصمیم‌ها می‌توان به ارزیابی توامان سیستم‌های تولید (کشاورزی، شیلات و آبی‌پروری) از جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در سطح محلی اقدام کرد و نتایج این تحقیقات را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار داد تا بهترین تصمیم را در جهت پایداری تولید اتخاذ نمایند.



شکل (۲): چارچوب پیشنهادی برای اجرای ارزیابی آثار پایداری چرخه‌حیات در ایران

## فهرست منابع

- Aubin, J.; Papatryphon, E.; Van der Werf, H. & Chatzifotis, S. 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 17: 354-361.
- Avnimelech, Y. & Ritvo, G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*, 220: 549-567.
- Ayer, N.W. & Tyedmers, P.H. 2009. Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of cleaner production*, 17: 362-373.
- Azapagic, A. & Clift, R. 1999. Life cycle assessment and multiobjective optimisation. *Journal of Cleaner Production*, 7: 135-143.
- Bosma, R. Anh.; P.T. & Potting, J. 2011a. Life cycle assessment of intensive striped catfish farming in the Mekong Delta for screening hotspots as input to environmental policy and research agenda. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16: 903-915.
- Cao, L. Diana.; J.S. Keoleian, G.A.; & Lai, Q. 2011. Life cycle assessment of Chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. *Environmental science and technology*, 45: 6531-6538.
- d'Orbcastel, E.R.; Blancheton, J.P. & Aubin, J. 2009. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering*, 40:113-119.
- DE, P.D.E.L.A.P.E.T. 2007. FISHERY AND AQUACULTURE COUNTRY PROFILE. Population 10, 000.
- Ellingsen, H. & Aanonsen, S.A. 2006. Environmental Impacts of Wild Caught Cod and Farmed Salmon-A Comparison with Chicken (7 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11: 60-65.
- Gronroos, J.; Seppala, J.; Silvenius, F. & Makinen, T. 2006. Life cycle assessment of Finnish cultivated rainbow trout. *Boreal environment research*, 11:401.

- Guinée, J.B. 2002. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. *The international journal of life cycle assessment*, 7: 311-313.
- Henriksson, P.J.G.; Guinée, J.B.; Kleijn, R. & de Snoo, G.R. 2012. Life cycle assessment of aquaculture systems—a review of methodologies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-10.
- Hospido, A. & Tyedmers, P. 2005. Life cycle environmental impacts of Spanish tuna fisheries. *Fisheries Research*, 76: 174-186.
- Iribarren, D.; Moreira, M.T. & Feijoo, G. 2010. Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 55:106-117.
- ISO, E., 2006. 14040: 2006. Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework.
- ISO, E., 2006. 14044: 2006. Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines.
- Mungkung, R.; Udo de Haes, H. & Clift, R. 2006. Potentials and limitations of life cycle assessment in setting ecolabelling criteria: A case study of thai shrimp aquaculture product (5 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11:55-59.
- Ness, B.; Urbel-Piirsalu, E.; Anderberg, S. & Olsson, L., 2007. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60:498-508.
- Papatryphon, E.; Petit, J.; Kaushik, S.J. & Van Der Werf, H.M.G. 2004a. Environmental impact assessment of salmonid feeds using life cycle assessment (LCA). *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33:316-323.
- Pelletier, N. & Tyedmers, P. 2010. Life Cycle Assessment of Frozen Tilapia Fillets From Indonesian Lake-Based & Pond-Based Intensive Aquaculture Systems. *Journal of Industrial Ecology*, 14:467-481.
- Phong, L.T.; de Boer, I.J.M. & Udo, H.M.J. 2011b. Life cycle assessment of food production in integrated agriculture-aquaculture systems of the Mekong Delta. *Livestock Science*, 139:80-90.
- Potting, J. & Hauschild, M., 1997. Part II: spatial differentiation in life-cycle assessment via the site-dependent characterisation of environmental impact from emissions. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2: 209-216.
- Roy, P.; Nei, D.; Orikasa, T.; Xu, Q.; Okadome, H.; Nakamura, N. & Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 90: 1-10.
- Thrane, M. 2004. Energy consumption in the Danish fishery: Identification of key factors. *Journal of Industrial Ecology*, 8:223-239.
- Vázquez-Rowe, I.; Moreira, M.T. & Feijoo, G. 2010. Life cycle assessment of horse mackerel fisheries in Galicia (NW Spain): Comparative analysis of two major fishing methods. *Fisheries Research*, 106: 517-527.
- Ziegler, F. Emanuelsson, A. Eichelsheim, J.L. Flysjö, A. Ndiaye, V. & Thrane, M. 2011. Extended life cycle assessment of southern pink shrimp products originating in Senegalese artisanal and industrial fisheries for export to Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 15: 527-538.
- Ziegler, F. & Hansson, P.A. 2003. Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. *Journal of Cleaner Production*, 11:303-314.