**اکوهیدرولوژی**
**دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۶۰۹-۵۹۹**

# نقد و بررسی سبدهای غذایی مطلوب و فعلی جامعهٔ ایرانی با رویکرد همبست آب و غذا

**علی محمدی[۱]، محمدابراهیم بنی‌حبیب[۲]، حسین یوسفی[۳*]، حامد پورآرام[۴]، Timothy O. Randhir[۵]**

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. استاد، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴. دانشیار، گروه تغذیهٔ جامعه، دانشکدهٔ علوم تغذیه و رژیم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۵. استاد، گروه حفاظت محیط زیست، پردیس علوم طبیعی، دانشگاه ماساچوست، آمهرست، آمریکا

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۱۰/۰۳، تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۰۳/۰۱)

## چکیده

سبد غذایی جامعه به عنوان یک ارتباط‌دهندهٔ بخش کشاورزی با منابع آب، می‌تواند به عنوان شاخصی برای بررسی پایداری زیست‌محیطی تأمین غذای جامعه استفاده شود. از این‌رو، در پژوهش حاضر همبست آب و غذا برای دو سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت و سبد غذایی فعلی جامعه بررسی شد. نتایج نشان داد از منظر تأثیر سبدهای غذایی بر محیط زیست، سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت رد پای آب آبی برابر با ۷۳۳/۶ مترمکعب/نفر/سال و رد پای آب خاکستری معادل ۳۷/۲ مترمکعب/نفر/سال به همراه دارد. در بین ۶ گروه غذایی بررسی‌شده، گروه غذایی گوشت، تخم‌مرغ، حبوبات و مغزها بیشترین سهم در رد پاهای آب را دارد. جایگزینی سبد غذایی مطلوب با سبد غذایی فعلی سبب کاهش برداشتی معادل با ۳۷۱/۴ میلیون مترمکعب/سال از منابع آب سطحی و زیرزمینی کشور و تولید ۱۰۳ میلیون مترمکعب/سال رد پای آب خاکستری کمتر می‌شود. در بررسی مطلوبیت اقتصادی سبد غذایی نیز مشخص شد که تأمین سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت، سالانه تقریباً ۸۸۵۰۰۰۰ تومان/نفر هزینه دارد که حدود ۲۸۲ هزار تومان کمتر از هزینه تأمین سبد غذایی فعلی جامعه برای هر نفر است. با توجه به آنکه سهم قابل توجهی از هزینه و رد پاهای آب سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت نیز متعلق به گوشت، تخم مرغ، حبوبات و مغزها است، جایگزینی محصولات این گروه با موادغذایی که رد پای آب کمتر، هزینهٔ کمتر و موادمغذی کافی را دارند، توصیه می‌شود. در مجموع، سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت در مقایسه با سبد فعلی جامعه، به عنوان سبد غذایی مناسب از منظر اقتصادی و زیست‌محیطی معرفی می‌شود.

**کلیدواژگان:** رد پای آب، سبد غذایی مطلوب، همبست آب و غذا، هزینهٔ تأمین غذا.

* نویسندهٔ مسئول
Email: Hosseinyousefi@ut.ac.ir

**مقدمه**

مقولهٔ تولید و مصرف غذا به عنوان عامل اصلی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست شناخته می‌شود [۱]. چالش تأمین نیازهای تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان، سبب ایجاد بحثی گسترده و جدی پیرامون سیستم‌های تولید مواد غذایی به‌خصوص محصولات دامی شده است [۲ و ۳]. تولیدات دامی به‌طور خاص، آثار زیست‌محیطی بیشتری را در مقایسه با محصولاتی با منشأ گیاهی به دنبال دارند [۴]. آب به عنوان یک عنصر اولیه، مهم‌ترین نقش را در سیستم‌های تولید موادغذایی ایفا می‌کند. سازمان ملل متحد با ارائهٔ اهداف توسعهٔ پایدار، جهت‌گیری صحیح اقدامات جوامع جهانی را برای تأمین نیازها و استفادهٔ پایدار از منابع طبیعی مشخص کرده است. در زمینهٔ تأمین آب، این اهداف بر نقش حیاتی مدیریت منابع آب در توسعهٔ پایدار شهری تأکید داشته‌اند [۵ و ۶]. بخش کشاورزی ایران با سهم ۹۰ درصدی از برداشت منابع آب کشور، مهم‌ترین تأثیر را بر منابع آب کشور دارد. بنابراین، شیوهٔ مدیریت این بخش تولیدی، علاوه بر آنکه می‌تواند بیشترین تأثیر (مثبت یا منفی) را بر منابع آب بگذارد [۷] می‌تواند در نگاهی کلان‌تر، سیستم‌های تولید غذایی را با چالش مواجه سازد.

رد پای آب تولیدات دامی تقریباً یک سوم از کل رد پای آب مصرفی محصولات کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد [۸]، که احتمالاً این سهم افزایش یابد [۹]. میل و سلیقهٔ غذایی مردم در جهان به سویی در حال حرکت است که در آن سهم مواد غذایی با منشأ دامی بیشتر می‌شود [۱۰]. اغلب نقاط جهان با نوعی توسعهٔ اقتصادی روبه‌رو هستند که به موجب آن، قدرت خرید مردم افزایش می‌یابد و این امر نه تنها منجر به خرید مواد غذایی بیشتر می‌شود، بلکه باعث تغییر در الگوی غذایی مصرفی نیز خواهد شد [۱۱]. در دهه‌های اخیر، مصرف مواد گوشتی در مقایسه با گذشته‌ای نه چندان دور به‌طور چشمگیری افزایش یافته که این امر به نوبهٔ خود سبب بروز فشاری مضاعف بر منابع آب شده است. در نتیجه، ترکیب سبد غذایی جامعه می‌تواند نشان‌دهندهٔ تأثیر مردم یک محدودهٔ جغرافیایی بر منابع آب باشد.

از یک‌سو، با توجه به رشد جمعیتی و افزایش شهرنشینی و از سویی دیگر، اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، تعیین اجزای مصرف‌کنندهٔ آب در بخش کشاورزی ایران برای مدیریت منابع آب محدود در دسترس بسیار بااهمیت است. مصرف و آلودگی آب را می‌توان با استفاده از شاخصی به نام رد پای آب، مورد سنجش و بررسی قرار داد. شاخص رد پای آب در سال‌های اخیر به عنوان شاخصی کارآمد در بررسی تأثیر تولیدات محصولات کشاورزی بر منابع آب استفاده شده است [۱۲ و ۱۳]. شاخص رد پای آب از سه زیرمجموعه شامل رد پای آب سبز (مصرف از آب باران)، آب آبی (مصرف از منابع آب سطحی و زیرزمینی) و آب خاکستری (آلودگی آب سطحی یا زیرزمینی) تشکیل شده است. شاخص رد پای آب سبز را می‌توان شاخص مثبتی در نظر گرفت. به این معنا که هرچقدر تولید محصولات کشاورزی به سمت تولیدات مبتنی بر بارش باشد (کشت دیم)، تأمین غذا فشار کمتری را بر منابع آب شیرین وارد خواهد کرد. مواد غذایی از منظر تأثیرشان بر محیط زیست به‌طور قابل توجهی با یکدیگر متفاوت‌اند. بنابراین، سبد غذایی جامعه که ترکیبی از موادغذایی مختلف (با منشأهای گیاهی و دامی) است، می‌تواند به‌شدت از نظر تأثیر بر محیط زیست پیچیده باشند. تا کنون مطالعات مختلفی از منظر تأثیر موادغذایی (در دیدگاهی کلی‌تر، سبدهای غذایی) بر محیط زیست انجام شده است که در ادامه به مهم‌ترین موارد اشاره می‌شود.

Capone و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر الگوی غذایی ایتالیایی‌ها بر منابع آب کشور از طریق بررسی شاخص رد پای آب پرداختند [۱۴]. در مطالعهٔ یادشده رد پای آب مصرفی و انرژی حاصل از غذای مصرف‌شده در سه کشور ایتالیا، آمریکا و فنلاند نیز مقایسه شدند. نتایج نشان داد محصولات گوشت قرمز و لبنیات بیشترین سهم را (در هر سه کشور) در رد پای آب مصرفی داشته‌اند که در این بین، رد پای آب سبز بیشترین سهم را در رد پای آب مصرفی به خود اختصاص داده است. همچنین، در مطالعهٔ یادشده مشخص شد که سهم انرژی دریافتی از گیاهان (در اینجا غلات) در سبد غذایی بیشترین سهم را داشته است. در پژوهش یادشده اشاره‌ای به موضوع اقتصادی تأمین غذا نشده است. همچنین، رد پای آب مصرفی محصولات غذایی براساس داده‌های ثانویه (یعنی از پایگاه داده‌ها) ارائه شده و محاسباتی در این زمینه یعنی محاسبهٔ مقدار رد پای آب انجام نشده است. داده‌های موجود در پایگاه‌های جهانی گاه برای سال‌های بسیار گذشته بوده و همچنین، احتمال دارد اطلاعات ارائه‌شده به پایگاه داده‌های جهانی به دلیل مسائل مختلفی دست‌خوش

تغییراتی شده باشند، پس در این صورت نیز دقت کافی را نخواهند داشت. Venham نیز با استفاده از شاخص رد پای آب، تأثیر سبد غذایی مردم اتریش را بر منابع آب این کشور بررسی کرد [۱۵]. وی رد پای آب سبد غذایی حال حاضر، سبد غذایی سالم[1]، سبد گیاهی و ترکیب آنها را با یکدیگر مقایسه کرد. در تحقیق یادشده نیز برای بررسی رد پای آب، از داده‌های ثانویه ارائه‌شده در بانک داده‌های جهانی استفاده شد و هیچ‌گونه محاسبه‌ای در این زمینه یعنی ارزیابی رد پای آب محصولات غذایی انجام نشد. همچنین، کل تعداد مواد غذایی بررسی‌شده ۱۴ مورد بوده است که طیف محدودی از مواد غذایی را شامل می‌شود. نتایج پژوهش یادشده نشان داد سبد غذایی گیاهی می‌تواند کمترین رد پای آب را برای هر نفر به دنبال داشته باشد (۲/۳ مترمکعب در روز) و این در حالی است که رد پای آب سبد کنونی سرانهٔ مصرف آبی برابر با ۳/۶ مترمکعب در روز دارد که بیشترین مقدار است. در این پژوهش نیز به مسائل اقتصادی تأمین غذا توجهی نشده است.

در مطالعه‌ای توسط Sokolow و همکاران [۱۶] رابطهٔ بین رد پای آب و مقدار ریزمغذی‌های محصولات غذایی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش به خلاف پژوهش‌هایی که تا کنون بیان شد، رد پای آب محصولات کشاورزی و مواد مغذی آنها برای محصولات مطالعه‌شده به صورت تک‌به‌تک بررسی شده و صحبتی از سبد غذایی نشده است. در مطالعهٔ یادشده محصولات دامی نیز بررسی نشده‌اند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد محصول اسفناج مادهٔ غذایی بوده که هم‌زمان هم کمترین رد پای آب و هم بیشترین موادمغذی مورد نیاز بدن را در مواد غذایی مورد بررسی آن‌ها دارد. در پژوهش یادشده نیز از داده‌های ثانویه استفاده شده و به دیگر شاخص‌های تأثیرگذار بر توسعهٔ پایدار مانند مسائل اقتصادی اشاره‌ای نشده است. Blas و همکاران [۱۷]، فقط به بررسی رد پای آب سبدهای غذایی مدیترانه‌ای و آمریکایی و مقایسهٔ آنها با یکدیگر بسنده کرده و مهم‌ترین خروجی آن نشان داد سبد غذایی آمریکایی، ۲۹ درصد رد پای آب بیشتری نسبت به سبد مدیترانه‌ای دارد. همچنین، مشخص شد که بیشترین سهم رد پای آب در هر دو سبد غذایی را رد پای آب سبز (۶۲ تا ۷۵ درصد) داشته است.

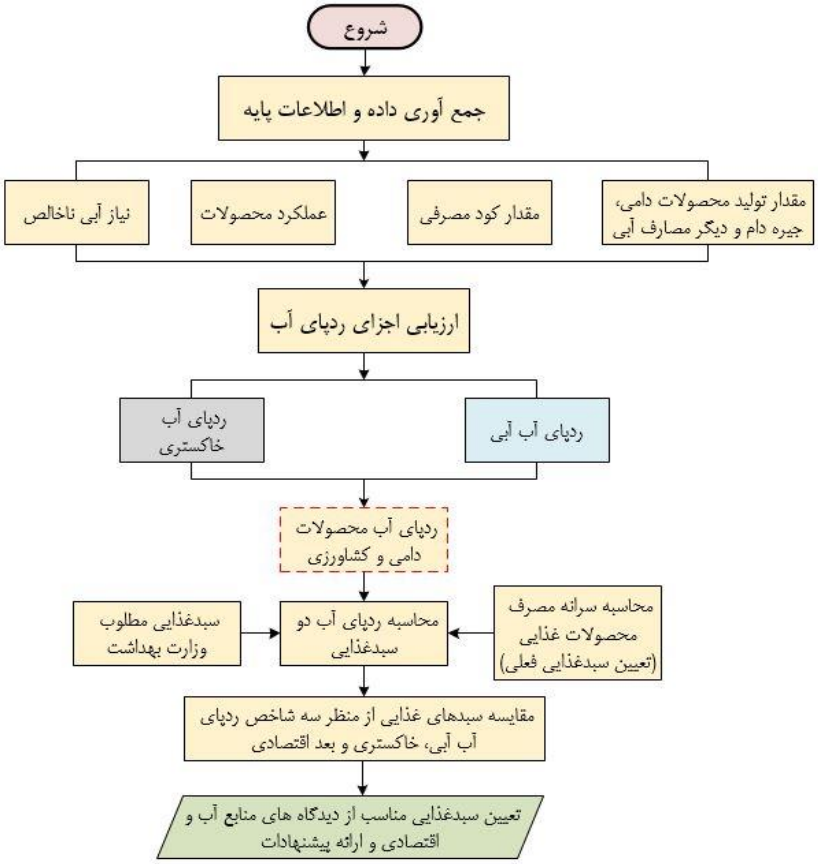
با توجه بر اهمیت و تبیین تأثیر سبدهای غذایی بر منابع آب و محیط زیست، در پژوهش حاضر دو سبد غذایی فعلی جامعهٔ ایرانی و سبد غذایی پیشنهادی وزارت بهداشت به عنوان دو عامل تأثیر سامانه‌های کشاورزی بر محیط زیست با یکدیگر مقایسه شدند. هدف اصلی پژوهش پیش رو، پاسخ به این چالش اساسی است که آیا سبد غذایی مطلوب ارائه‌شده توسط وزارت بهداشت، از منظر شاخص‌های منابع آبی و زیست‌محیطی بهتر از سبد غذایی فعلی است و اینکه هزینهٔ تأمین آن فشار اقتصادی را بر جامعه افزایش خواهد داد یا کاهش.

## مواد و روش‌ها

### مراحل انجام پژوهش

به منظور انجام پژوهش حاضر، نخست داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای محاسبهٔ رد پای آب آبی و خاکستری در سطح کشور (ایران) برای سال ۲۰۱۸ جمع‌آوری شد. موقعیت جغرافیایی محل تولید یک محصول، بی‌شک در ویژگی‌هایی همچون مقدار نهاده‌های مصرفی، عملکرد و... مؤثر است. برای پوشش این بعد، در این پژوهش اطلاعات مورد نیاز (مانند نیاز آبی) به منظور محاسبهٔ اجزای رد پای آب (در محصولات کشاورزی و دامی) برای هریک از استان‌های کشور جمع‌آوری شده و سپس، با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی، مقدار متوسط در سطح کشور محاسبه شد. با توجه به آنکه سهم هر استان در تولید محصولات مختلف است، بنابراین پارامتر مساحت زیر کشت محصولات، به عنوان وزن در میانگین‌گیری استفاده شد. برای مثال، سطح زیر کشت محصول خیار در استان فارس ۳۹۶۱ هکتار و در استان مرکزی ۱۰۰ هکتار است. در اینجا به‌مراتب تأثیر استان فارس به دلیل سطح زیر کشت بیشتر (وزن بیشتر) در عدد نهایی نیاز آبی بیشتر از استان مرکزی است. در گام بعد، رد پای آب آبی و خاکستری از روش ارزیابی رد پای آب ارائه‌شده توسط Hoekstra و همکاران [۱۸] محاسبه شد. سپس، با داشتن مقدار عددی رد پای آب و کربن و در نظر گرفتن سهم مواد غذایی در دو سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت، رد پای آب این دو سبد غذایی ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شدند. سپس، با محاسبهٔ هزینهٔ تأمین مواد غذایی موجود در سبدهای غذایی و در نظر گرفتن مقادیر رد پای آب آبی و خاکستری هر سبد، سبد غذایی مناسب برای جامعهٔ ایرانی انتخاب شد. روند انجام پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است.

1. Healthy Diet




**شکل ۱. فلوچارت انجام پژوهش**

**سبدهای غذایی**

در تحقیق پیش رو به منظور شناسایی مواد غذایی موجود در سبد غذایی مردم، اطلاعات مورد نیاز (جدول ۱) از دستورالعمل سبد غذایی مطلوب برای جامعهٔ ایرانی که توسط وزارت بهداشت ایران تهیه شده است، استخراج شد [۱۹]. در سبد غذایی پیشنهادی فرض شده است که الگو قرار دادن این سبد، تضمین‌کنندهٔ تأمین امنیت غذایی در کشور خواهد بود. در دستورالعمل وزارت بهداشت گزارش برای تعیین وضعیت الگوی مصرف خانوارها از اطلاعات موجود در خصوص عرضه و مصرف اقلام خوراکی که در ترازنامهٔ غذایی آمده، استفاده شده است. در این گزارش سبد غذایی مطلوب با توجه به ترجیحات و عادت‌های غذایی مردم و لزوم تأمین نیاز به انرژی، پروتئین و مواد مغذی کلیدی در خانوار و با استفاده از روش آزمون، تعیین شده است. جدول ۱ میزان سرانهٔ مصرف مواد غذایی و مقدار پیشنهادی را نشان داده است.

**جدول ۱. سبد غذایی فعلی و پیشنهادی برای جامعهٔ ایرانی**

| گروه غذایی | مقدار مصرف موادغذایی (کیلوگرم/سال/نفر) | |
|---|---|---|
| - | سبد غذایی فعلی (منبع: نویسندگان) | سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت (منبع:[۱۹]) |
| نان و غلات | ۲۰۱/۸ | ۱۵۵/۳ |
| میوه‌ها | ۸۹/۹ | ۱۰۲/۲ |
| سبزیجات | ۸۳/۴ | ۱۳۵ |
| گوشت، تخم‌مرغ، حبوبات و مغزها | ۵۸/۹ | ۵۹/۵ |
| لبنیات | ۷۵/۳ | ۹۱/۲ |
| متفرقه (روغن‌ها و مواد قندی) | ۸۰/۳ | ۲۷/۳ |

**محاسبهٔ رد پای آب**

رد پـای آب شاخصـی اسـت کـه بیـانگر تـأثیر مسـتقیم و غیرمستقیم تولید محصول یا ارائـهٔ خـدمات بـر منـابع آب است. برای محاسبهٔ رد پاهای آب آبی و خاکستری از روش ارائه‌شده توسط Hoekstra و همکاران [۱۸] اسـتفاده شـد. در این چارچوب، شاخص رد پای آب شاخصـی اسـت کـه کاربردها و مصارف زیست‌بومی آب شـیرین در آن در نظـر گرفته نشده است و فقط مصارف آب برای تأمین آب مـورد نیاز انسان‌ها مد نظر قرار دارد. از آنجا که رد پای آب سـبز مرتبط با رطوبت خاک (بـه‌ویـژه رطوبـت ناشـی از بـاران) است، این جزء بـه تعبیـری دوسـت‌دار منـابع آب اسـت و هرچقدر سهم رد پای آب سبز در گیاه بیشتر باشد، یعنـی فشـار کمتـری بـر منـابع آب سـطحی و زیرزمینـی وارد می‌شود. از این‌رو، این جزء از رد پای آب در ایـن پـژوهش بررسی نشده است. نیاز آبیاری (مصرف آب) بـا اسـتفاده از نرم افزار OPTIWAT که توسط سازمان هواشناسی کشـور ارائه شده، به دست می‌آیـد. براسـاس تحقیـق انجـام‌شـده توسـط Abbasi و همکـاران [۲۰] میـانگین رانـدمان کـل آبیاری برای محصولات زراعی و بـاغی بـه‌ترتیـب ۳۹ و ۴۹ درصد فرض شد و این اعـداد در نـرم‌افـزار وارد شـدند. در پژوهش یادشده، روش محاسبهٔ تبخیر و تعـرق گیـاه روش فائو – پنمن – مانتیس و بارش خالص روش حفاظت خاک آمریکا در نظر گرفته شد.

**رد پای آب آبی**

این جزء از رد پای آب، اشـاره بـه مقـدار آبـی دارد کـه از طریق منابع آب سطحی یا زیرزمینی به صورت آبیـاری در اختیار گیاه قرار گرفتـه اسـت. رد پـای آب آبـی از طریـق روابط ۱ [۱۸] و ۲ محاسبه می‌شود:

$$WF_{blue} = \frac{CWR_i}{Y_i} \qquad (۱)$$

$$Y_i = \frac{P_i}{A_i} \qquad (۲)$$

که در آن $CWR_i$ مقدار نیاز آبیاری گیاه $i$ در منطقهٔ مـورد مطالعه (مترمکعب بر هکتار)، $Y_i$، عملکرد محصول i (تن بر هکتار)، $P_i$، تولید محصول $i$ (تن) و $A_i$، سـطح زیـر کشـت محصول $i$ (هکتار) است.

**رد پای آب خاکستری**

در این پژوهش، رد پای آب خاکستری نیـز مـورد بررسـی قرار می‌گیرد. این جزء از رد پـای آب، معـرف مقـدار آبـی است که به واسطهٔ مصرف کود برای رشد گیاه، آلوده شـده یا پتانسیل آلوده شدن دارد. به این منظور، کودهای ازتـه و فسفره به عنوان مهم‌ترین منبع ایجاد آلودگی در کودهـای شیمیایی مصـرفی مـورد مطالعـه قـرار گرفتنـد. اطلاعـات مربوط به میانگین میزان کاربرد کود ازتـه و فسـفره ($FAR$ در کیلوگرم بر هکتار) از وزارت جهاد کشاورزی گرفته شـد [۲۱]. در مورد کودهای شیمیایی مرسوم، سازمان حفاظت محیط زیست حداکثر غلظـت مجـاز نیتـروژن و فسـفر در منابع آب سـطحی و زیرزمینـی ($C_{max}$) را بـه‌ترتیـب ۱۰ و شش میلی‌گرم بر لیتر توصیه کرده است [۲۲].

طبق توضیح ارائه‌شده، رابطهٔ استفاده‌شده بـرای محاسـبهٔ رد پای آب خاکستری به‌صورت رابطهٔ ۳ ارائه می‌شود [۲۳]:

$$WF_{gray} = \frac{\propto_{Irr} \times FAR_{Irr}}{C_{max}} \times \frac{1}{Yield_{Irr}} \qquad (۳)$$

کـه در آن $\alpha_{Irr}$، ضـریب آب‌شـویی اسـت کـه براسـاس چارچوب‌کاری ارائه‌شده توسـط Franke و همکـاران [۲۴] محاسبه می‌شود، $FAR_{Irr}$ مقدار مصرف کود ازته یا فسـفره (کیلوگرم بر هکتار)، $C_{Max}$، حداکثر قابل قبول نیتـروژن یـا فسفر (میلی‌گرم بر لیتـر) و $Yield_{Irr}$، عملکـرد محصـول در کشت آبی (کیلوگرم بر هکتار) اسـت. عملکـرد محصـولات مختلف براساس آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی لحـاظ می‌شوند.

**محاسبهٔ رد پای آب بخش تولیدات دامی**

مقدار رد پـای آب در محصـولات دامـی، عبـارت اسـت از: حجم کل آب استفاده‌شده برای رشد و پرورش آن دام کـه شامل آب شـرب، نظافـت محـل نگهـداری دام، خـوراک و مواردی از این نوع بوده و مقدار آن به شـرایط مختلفـی از جمله وضعیت محیطی و سیستم مزرعه (سنتی یا مـدرن)، ترکیب جیره استفاده‌شده، مدیریت مزرعه و شرایط اقلیمی محیط رشد حیوان بستگی دارد. به طور خلاصـه مـی‌تـوان سه عامل جیرهٔ غذایی (علوفه و سایر مکمل‌هـای غـذایی)، آب آشامیدنی و خدمات را در محاسبهٔ مقـدار رد پـای آب حیوانات مد نظر قرار داد. با این توضیحات مقـدار رد پـای آب دام ($WF_a$) به صورت رابطهٔ ۴ است [۲۵]:

$$WF_a = WF_c + W_D + W_M \quad (۴)$$

در این معادله $WF_C$، مقدار رد پای آب موجود در خوراک دام (مترمکعب)، $WF_D$، مقدار آب شرب مصرف‌شده توسط دام (مترمکعب)، $W_M$، مقدار آب مصرف‌شده برای نگهداری دام شامل نظافت، بهداشت و سایر موارد (مترمکعب) است.

میزان رد پای آب موجود در خوراک دام در انتهای دورهٔ رشد آن‌ها، شامل دو بخش اصلی است. اول میزان آب واقعی که برای ترکیب خوراک دام مصرف شده و دوم رد پای آب که در اجزای خوراک‌های متنوعی که به دام و طیور داده شده است، وجود دارد. رابطهٔ ۵ روش محاسبهٔ رد پای آب در تولیدات دامی را نشان می‌دهد [۲۴]:

$$WF_c = \frac{\sum_{p=1}^{n}\left(Feed_a \times WF_{crop}\right) + WF_{mixing}}{Pop_a} \quad (۵)$$

در این معادله $Feed_a$، مقدار غذای مصرف‌شدهٔ دام در یک سال (تن در سال)، $WF_{crop}$، مقدار رد پای آب موجود در غذای مصرفی دام (مترمکعب بر تن)، $W_{mixing}$، مقدار آب مصرف‌شده برای ترکیب جیرهٔ غذایی دام (مترمکعب در سال)، $Pop_a$ وزن زنده دام هنگام تحویل به کشتارگاه (تن) (از منظر تولید گوشت) و مقدار شیر تولیدی گاوهای شیری (تن) (از منظر تولید شیر).

درخور یادآوری است برای ماکیان (تولید گوشت سفید و تخم‌مرغ) محاسبات همانند دام‌های سنگین است. شایان یادآوری است که در مورد ماهیان، با توجه به آنکه سیستم‌های تولید محصولات آبزی تقریباً از یک سازوکار پیروی می‌کنند، مقدار آن ثابت فرض شد. همچنین، با توجه به مقدار غذای مصرفی ماهیان، رد پای آب خوراک این نوع از جانداران قابل توجه نیست و می‌توان مقدار آن را در نقاط مختلف ثابت در نظر گرفت. رد پای آب آبزیان از مطالعهٔ Yuan و همکاران [۲۶] اقتباس شده است.

## بحث و نتایج

### ارزیابی رد پای آب آبی و خاکستری موادغذایی

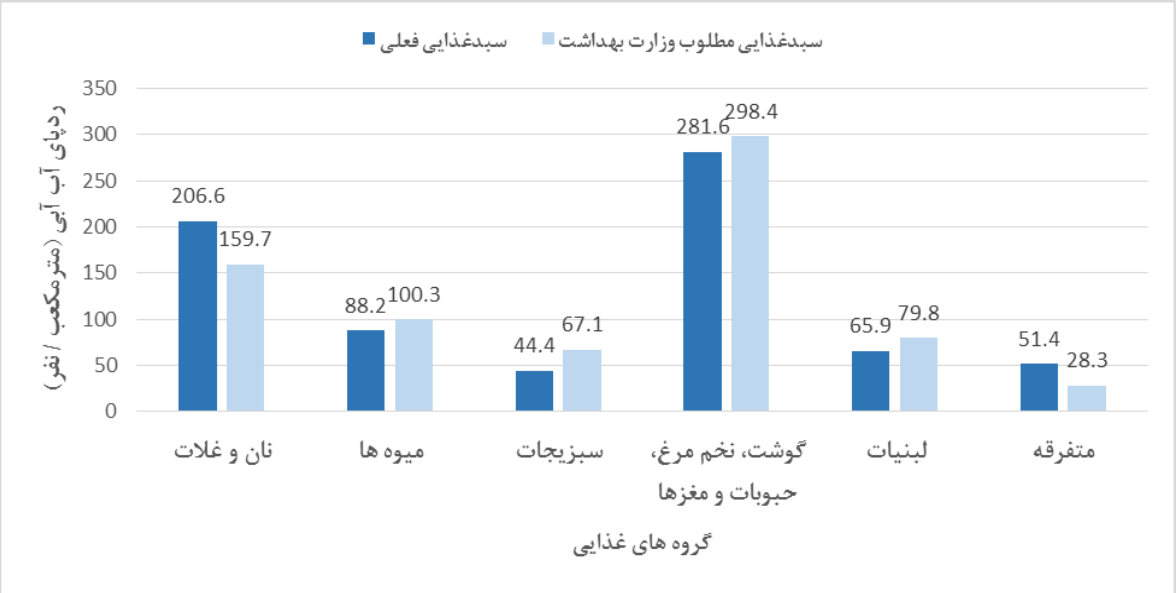
به منظور تعیین رد پای آب محصولات مختلف، به ارزیابی تک‌تک محصولات موجود در سبد غذایی اقدام شد. در این پژوهش ۴۳ محصول غذایی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به تعدد محصولات بررسی‌شده، تقسیم‌بندی براساس نوع محصول انجام شد (جدول ۲). در اینجا رد پای آب یکایک محصولات از طریق روابط ۱ تا ۵ محاسبه شد و سپس، برای طبقه‌بندی محصولات، جدول ۲ تنظیم شد. با توجه به جدول ۲، میانگین رد پای آب آبی و خاکستری در محصولات دامی بیشتر از دو گروه محصولات کشاورزی دیگر و به ترتیب برابر با ۸/۷ و ۰/۶ مترمکعب بر کیلوگرم بوده است. در مورد گروه محصولات زراعی و باغی بطور میانگین، رد پای آب آبی محصولات باغی ۰/۵ مترمکعب بر کیلوگرم بیشتر از محصولات زراعی است، در حالی که رد پای آب خاکستری در گروه محصولات باغی، برابر با ۰/۰۸ مترمکعب بر کیلوگرم است و این مقدار ۰/۰۳ مترمکعب کمتر از میانگین محصولات زراعی است. با توجه به این موارد می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که هرچقدر مصرف انواع گوشت (به‌خصوص گوشت قرمز) و محصولات باغی (از جمله پسته، بادام و گردو که عملکرد اندکی دارند) کمتر باشد، منابع آب و محیط زیست تحت فشار کمتری خواهند بود.

**جدول ۲. میانگین رد پای آب محصولات کشاورزی و دامی در سطح کشور**

| طبقه‌بندی محصول | میانگین رد پای آب آبی ($m^3/kg$) | میانگین رد پای آب خاکستری ($m^3/kg$) |
|---|---|---|
| محصولات زراعی (شامل: غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات، محصولات جالیزی و نباتات علوفه‌ای) | ۳/۶ | ۰/۱۱ |
| محصولات باغی (شامل: میوه‌ها) | ۴/۱ | ۰/۰۸ |
| محصولات دامی (انواع گوشت و شیر و تخم مرغ) | ۸/۷ | ۰/۶ |

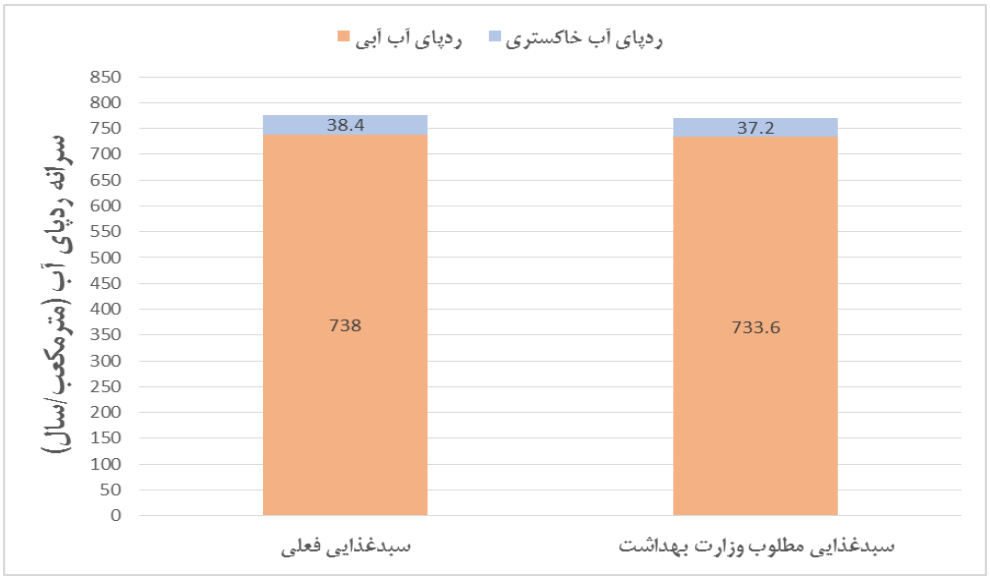
**ارزیابی رد پای آب آبی و خاکستری سبدهای غذایی**

در ایـن تحقیـق اجـزای رد پـای آب (ردپـای آب آبـی و خاکستری) بـرای کشـت آبـی محصـولات زراعـی و بـاغی و همچنین، تولیدات دامی موجود در سـبدهای غـذایی مـورد بررسی قرار گرفت. شایان یادآوری است که در این پـژوهش تنها رد پای آب مصرف مردم از محصـولات تولیـدی داخـل کشور مـورد بررسـی قـرار گرفتـه اسـت و مقـدار ضـایعات، واردات، مصارف دامی و غیره حذف شـده‌انـد. هـدف از ایـن کار، شناسایی بهتر و دقیق‌تر تأثیر سبد غذایی بر منـابع آب و محیط زیست کشور بـوده اسـت. بررسـی‌هـا نشـان داد در شش گروه غذایی، گوشت، تخم مرغ، حبوبات و مغزها دارای بیشترین رد پای آب (آبی و خاکستری) هستند. به رغم آنکه این گروه غذایی فقـط ۱۰ درصـد از مقـدار وزنـی سـبدهای غذایی را به خود اختصاص داده است، اما رد پـای آب آبـی و خاکستری این گروه غذایی به‌ترتیـب ۳۹ و ۴۶ درصـد از رد پای آب کل است. بنابراین، سهم مصرف مادهٔ غذایی در سبد غذایی خـانوار بـه همـراه مقـدار رد پـای آب آن، مـی‌توانـد نشان‌دهندهٔ مناسب بودن آن سبد غذایی از منظر مطلوبیـت زیست‌محیطی باشد. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، در تمـامی گروهای غذایی به‌جز گروه‌های غذایی نان و غلات و متفرقه، سهم رد پای آب سـبد غـذایی پیشـنهادی وزارت بهداشـت، بیشتر از سبد غذایی فعلی است، اما کاهش چشمگیر مصرف گروه غذایی نـان و غـلات و گـروه غـذایی متفرقـه در سـبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت، موجب شده است تا مجمـوع رد پای آب سرانه در سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت بـه ۷۷۰/۹ مترمکعب در سال برسد که ایـن مقـدار نزدیـک بـه ۵/۶ مترمکعب در سال کمتر از رد پای آب سبد غذایی فعلی است (شکل ۴). این مقدار در نگاه کلی و اولیه ممکـن اسـت عدد غیر قابل توجهی باشد، اما زمانی که در مقیاس وسیع‌تر از سرانهٔ مصـرفی بـه آن نگریسـته شـود (یعنـی در مقیـاس جمعیت کشور که تقریباً برابر با ۸۵ میلیون نفر اسـت)، ایـن مقدار به ۴۷۶ میلیون مترمکعب در سال می‌رسـد. بنـابراین، حرکت بـه سـوی سـبد غـذایی مطلـوب وزارت بهداشـت و انتخاب موادغذایی با رد پای آب کمتر در هـر گـروه غـذایی، می‌تواند اقدام مؤثری در کاهش مصرف آب بخش کشـاورزی محسوب شود. شایان یادآوری اسـت کـه ماهیـت داده‌هـای استفاده‌شده برای محاسبهٔ شاخص‌های رد پای آب به دلیـل تغییرات زیاد عرض جغرافیایی و تنوع آب‌وهـوایی همـراه بـا عـدم قطعیـت زیـادی اسـت. بنـابراین، مقتضـی اسـت تـا سـناریوهای مـدیریت منـابع آبـی کـه بـا اسـتفاده از ایـن شاخص‌ها تدوین می‌شوند، با لحاظ تصمیم‌گیری در شـرایط عدم قطعیت باشند.




**شکل ۲. مقایسهٔ سرانهٔ رد پای آب آبی دو سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت**

**شکل ۳. مقایسهٔ سرانهٔ رد پای آب خاکستری دو سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت**

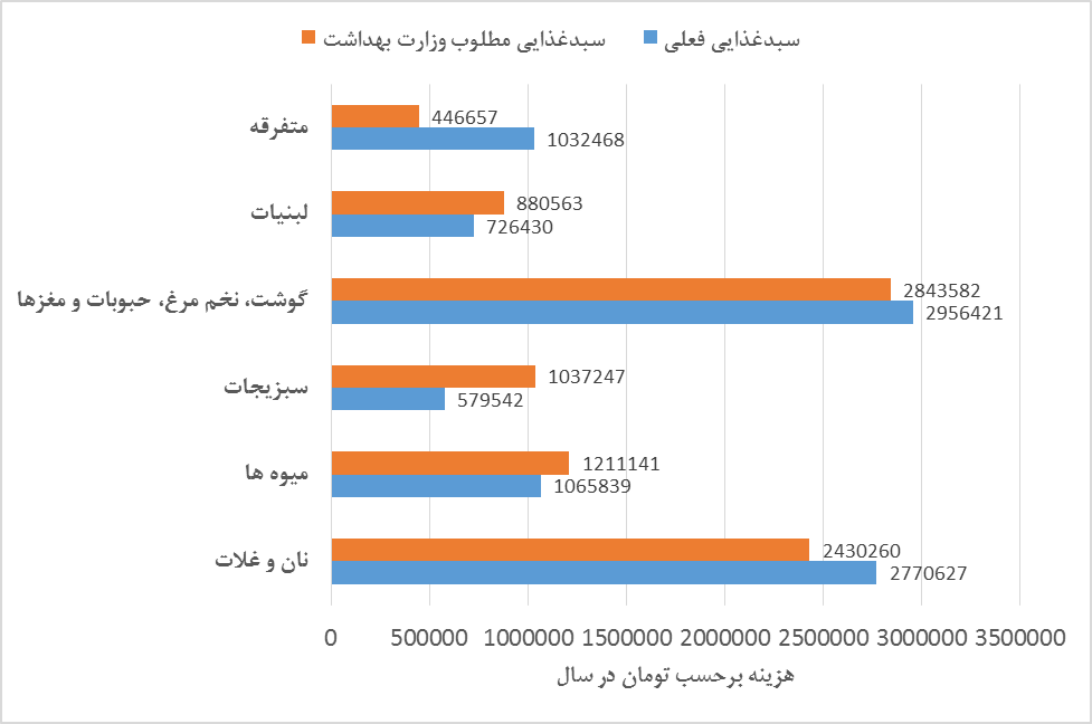



**شکل ۴. مقایسهٔ مجموع سرانهٔ رد پای آب دو سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت**

**ارزیابی اقتصادی سبدهای غذایی**

هزینهٔ تأمین یک سبد غذایی، می‌تواند کارکرد زیادی در انتخاب شدن یا نشدن سبد غذایی برای خانواده داشته باشد. واضح است که هرچقدر هزینهٔ سبد غذایی مطلوب (یعنی سبد غذایی که بتواند امنیت تغذیه‌ای و پایداری زیست‌محیطی را تأمین کند) کمتر باشد، مطلوبیت آن سبد نیز بیشتر خواهد بود. از این‌رو، پژوهش پیش رو با جمع‌آوری اطلاعات میدانی پیرامون هزینه‌ها (قیمت‌های) مواد غذایی موجود در دو سبد غذایی از فروشگاه‌های زنجیره‌ای، اقدام به محاسبهٔ هزینهٔ تمام‌شدهٔ سبدهای غذایی برای سرانه شد (شکل ۵). با توجه شکل ۵، در هر دو سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت، تأمین گروه غذایی گوشت، تخم‌مرغ، حبوبات و مغزها، بیشترین هزینه را بر جامعه اعمال می‌کند (با میانگین برابر با $۲۹\times۱۰^{۵}$ تومان). از سویی دیگر، گروه غذایی سبزیجات در سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت با اختصاص ۵۷۹ هزار تومان در سال و گروه غذایی متفرقه در سبد غذایی فعلی جامعه با هزینه‌ای معادل ۴۴۶۰۰۰ تومان در سال کمترین هزینه را بر خانوار تحمیل می‌کنند. بنابراین، سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت، هزینهٔ کمتری برای خانوار به دنبال خواهد داشت. شایان یادآوری است که با توجه به سهم گروه غذایی گوشت، تخم‌مرغ، حبوبات و مغزها و گروه غذایی نان و غلات در هزینهٔ خانوار، انتخاب مواد غذایی که در این گروه‌ها هزینهٔ کمتری را برای خانوارها به دنبال دارد، می‌تواند سبب

کاهش چشمگیری در هزینهٔ نهایی سبد غذایی شود. یادآوری این نکته ضروری است که اعداد و ارقامی که در بحث هزینه اعمال شد، یا اعداد ارائه‌شده در فروشگاه‌های زنجیره‌ای بوده و یا آماری بوده که در مغازه‌ها به طور خرده‌فروشی است. برای مثال، هزینهٔ یک بطری یک هزار سی‌سی روغن آفتابگردان در یک مغازهٔ شهری تقریباً برابر ۱۰ هزار تومان و در یک مغازهٔ واقع در یک آبادی نیز همین مقدار است. بنابراین، تفاوت در امکان تهیهٔ سبد غذایی به درآمد خانوار و تفاوت آن در شهرها/روستاها باز می‌گردد و هزینهٔ خوراک یکسان فرض شده است.




**شکل ۵. مقایسهٔ سرانهٔ مجموع هزینهٔ تأمین سبد غذایی فعلی و مطلوب وزارت بهداشت**

## نتایج

با توجه به اهمیت و تأثیر کشاورزی و به‌ویژه سبدهای غذایی بر منابع آب و محیط زیست، در این پژوهش به ارزیابی تأثیر دو سبد غذایی فعلی جامعه و سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت بر منابع آب کشور پرداخته شد. همچنین، در این پژوهش بعد اقتصادی هر دو سبد غذایی یادشده نیز بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد از منظر هر دو شاخص رد پای آب آبی و آب خاکستری، در صورت انتخاب سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت، فشار کمتری بر محیط زیست و منابع آب کشور وارد خواهد شد. سرانهٔ رد پای آب آبی سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت برابر با ۷۳۳/۶ مترمکعب و رد پای آب خاکستری آن برابر با ۳۷/۲ مترمکعب در سال است. با فرض جمعیت ۸۵ میلیون نفری کشور، این عدد به ۶۲/۳ میلیارد مترمکعب برای رد پای آب آبی و ۳/۱ میلیارد مترمکعب برای رد پای آب خاکستری در سال می‌رسد. اما در صورتی که سبد غذایی فعلی جامعه ادامه یابد، حدود ۳۷۱ میلیون مترمکعب آب بیشتری برای تأمین غذای جامعه مصرف می‌شود (رد پای آب آبی بیشتر). از منظر رد پای آب خاکستری نیز سبد غذایی فعلی سبب می‌شود تا ۱۰۳ میلیون مترمکعب آب خاکستری بیشتری نسبت به سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت وارد محیط زیست شود که این آب می‌تواند سلامت زیست‌محیطی را با مخاطره مواجه کند. در بخش دیگر پژوهش، با جمع‌آوری قیمت محصولات غذایی موجود در سبدهای غذایی، هزینهٔ سرانهٔ مصرفی هر یک از سبدهای غذایی برای یک سال مورد بررسی محاسبه شد. نتایج این بخش از تحقیق بیانگر کاهش هزینه‌های تأمین غذای خانوار با انتخاب سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت است. با انتخاب این سبد، هزینهٔ تأمین مواد غذایی مورد نیاز یک شخص برابر با ۸۸۵۰۰۰۰ تومان در سال خواهد بود که در صورت ادامهٔ انتخاب سبد

غذایی فعلی، این عدد تقریباً برابر با ۸۱۰۰۰۰۰ تومان است. با توجه به تحقیق انجام‌شده توسط پورآرام و همکاران [۲۷]، هزینهٔ سرانهٔ سبد غذایی مطلوب در یک سال تقریباً ۲۵۹۰۰۰۰ تومان (برای سال ۱۳۹۶) برآورد شد. این نتیجه اختلافی حدود شش‌ونیم میلیون تومانی با نتیجهٔ این تحقیق دارد. شایان یادآوری است که در پژوهش حاضر، قیمت‌ها براساس قیمت روز محصولات غذایی موجود در فروشگاه‌های زنجیره‌ای در اواخر سال ۱۳۹۹ لحاظ شده است و با توجه به اینکه اعداد ارائه‌شده در تحقیق پورآرام و همکاران [۲۷] براساس آمار منتشرشده توسط بانک مرکزی بوده و تورم قابل ملاحظه‌ای طی این سال‌ها ایجاد شده است، می‌توان هزینهٔ تأمین سبد غذایی مطلوب را که در این تحقیق محاسبه شده است، به عنوان مرجعی به‌روزشده در نظر گرفت.

برای جمع‌بندی می‌توان چنین گفت که براساس نتایج این تحقیق، تغییر سبد غذایی فعلی جامعهٔ ایرانی به سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت، از منظر تأثیر بر منابع آب و محیط زیست، اقدامی شایسته و مناسب است. همچنین، از آنجا که این سبد غذایی (سبد مطلوب وزارت بهداشت)، هزینهٔ کمتری را بر خانوار تحمیل می‌کند، این موضوع به نوبهٔ خود مطلوبیت این سبد غذایی را افزایش می‌دهد و شانس انتخاب آن را در میان مردم بیشتر می‌کند. بنابراین، سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت علاوه بر تضمین تأمین امنیت تغذیه‌ای برای جامعهٔ ایرانی، می‌تواند اقدامی مؤثر برای حفظ منابع اقتصادی و منابع طبیعی کشور محسوب شود. با این جمع‌بندی پیشنهاد می‌شود که علاوه بر انتخاب سبد غذایی مطلوب وزارت بهداشت به عنوان الگوی پیشنهادی به مردم، بر انتخاب محصولاتی که در هر گروه غذایی مقدار رد پای آب کمتری دارند، تأکید شود تا از این طریق بر مطلوبیت این سبد غذایی بیش از پیش افزوده شود.

## منابع


[1]. Palmieri N, Forleo MB, Salimei E. Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding: An Italian case study. Journal of Cleaner Production. 2017 Jan 1;140:881-9.

[2]. Béné C, Oosterveer P, Lamotte L, Brouwer ID, de Haan S, Prager SD, Talsma EF, Khoury CK. When food systems meet sustainability–Current narratives and implications for actions. World Development. 2019 Jan 1;113:116-30.

[3]. Fischer C, Miglietta PP. The links between human diets and health and climate outcomes in the world's macro-regions during the last 50 years. International journal of environmental research and public health. 2020 Jan;17(4):1219.

[4]. Ruini LF, Ciati R, Pratesi CA, Marino M, Principato L, Vannuzzi E. Working toward healthy and sustainable diets: The "Double Pyramid Model" developed by the Barilla Center for Food and Nutrition to raise awareness about the environmental and nutritional impact of foods. Frontiers in nutrition. 2015 May 4;2:9.

[5]. Nations U. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs. 2015 Oct.

[6]. Chaudhary A, Gustafson D, Mathys A. Multi-indicator sustainability assessment of global food systems. Nature communications. 2018 Feb 27;9(1):1-3.

[7]. Soltani A, Alimagham SM, Nehbandani A, Torabi B, Zeinali E, Zand E, Ghassemi S, Vadez V, Sinclair TR, van Ittersum MK. Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. Agricultural Systems. 2020 Aug 1;183:102859.

[8]. Hoekstra AY, Mekonnen MM. The water footprint of humanity. Proceedings of the national academy of sciences. 2012 Feb 28;109(9):3232-7.

[9]. Liu J, Yang H, Savenije HH. China's move to higher-meat diet hits water security. Nature. 2008 Jul;454(7203):397-.

[10]. Liu J, Savenije HH. Food consumption patterns and their effect on water requirement in China. Hydrology and Earth System Sciences. 2008 Jun 11;12(3):887-98.

[11]. Latham JR. There's enough food for everyone, but the poor can't afford to buy it. Nature. 2000 Mar;404(6775):222-.

[12]. Yousefi H, Mohammadi A, Noorollahi Y, Sadatinejad, SJ. Water footprint evaluation of Tehran's crops and garden crops. Journal of Water and Soil Conservation, 2018; 24(6): 67-85. [In Persian]

[13]. Mohammadi A, Yousefi H, Noorollahi Y, Sadatinejad SJ. Choosing the best province in potato production using water footprint assessment. Iranian journal of Ecohydrology, 2017; 4(2): 523-532. [In Persian]

[14]. Capone R, Iannetta M, El Bilali H, Colonna N, Debs P, Dernini S, Maiani G, Intorre F, Polito A, Turrini A, Cardone G. A preliminary assessment of the environmental sustainability of the current Italian dietary pattern: water footprint related to food consumption. J Food Nutr Res. 2013;1(4):59-67.

[15]. Vanham D. The water footprint of Austria for different diets. Water Science and Technology. 2013 Feb;67(4):824-30.

[16]. Sokolow J, Kennedy G, Attwood S. Managing Crop tradeoffs: A methodology for comparing the water footprint and nutrient density of crops for food system sustainability. Journal of Cleaner Production. 2019 Jul 10;225:913-27.

[17]. Blas A, Garrido A, Willaarts BA. Evaluating the water footprint of the Mediterranean and American diets. Water. 2016 Oct;8(10):448.

[18]. Hoekstra AY, Chapagain AK, Mekonnen MM, Aldaya MM. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge; 2011.

[19]. Salehi F, Abdollahi Z, Abdollahi M. Favorable food basket for the Iranian society, 1st ed.

637 Andisheh Mandegar, Tehran; 2013. [In Persian]

[20]. Abbasi, F., Sohrab, F., Abbasi, N. Evaluation of Irrigation Efficiencies in Iran. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 2017; 17(67): 113-120. [In Persian]

[21]. Moshiri F, Safarpour haghighi S. Estimation of the required manure for horticultural and agronomical productions for 2018 – 2019 crop year. Soil and Water Research Institute. 2019. [In Persian]

[22]. Department of Environment (DOE), 2000. Assortment of laws and regulations for environmental 540 protection in Iran. Tehran. [In Persian]

[23]. Ababaei B, Etedali HR. Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural water management. 2017 Jan 1;179:401-11.

[24]. Franke NA, Boyacioglu H, Hoekstra AY. Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines. Delft: Unesco-Ihe; 2013..

[25]. Mekonnen MM, Hoekstra AY. A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems. 2012 Apr;15(3):401-15.

[26]. Yuan Q, Song G, Fullana-i-Palmer P, Wang Y, Semakula HM, Mekonnen MM, Zhang S. Water footprint of feed required by farmed fish in China based on a Monte Carlo-supported von Bertalanffy growth model: A policy implication. Journal of Cleaner Production. 2017 Jun 1;153:41-50.

[27]. Pouraram H, Sharif SS, Abtahi M, Djazayery A. Cost estimation of desirable food basket in Iran as an important component of sustainable development. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2018;13(1):147-52. [In Persian]