



## Multi-criteria Group Decision Making of Dietary Patterns Considering Health Promotion and Reducing Water Footprint

A. Taghipour Zarei<sup>1\*</sup> and M. Zarghami<sup>2</sup>

### Abstract

Population growth and population needs, including the need for food, necessitates the development and implementation of policy solutions based on reducing the pressure on water resources. Especially when the notion of food security and self-sufficiency policies for strategic commodities have been the focus of attention in higher policies of the country. One of the most effective solutions is to use a diet that has low water demand. On the other hand, considering some deficiencies in the current diet of the country; it is necessary to change it and design a healthy and sustainable diet that simultaneously promotes the health of the community and reduces its environmental effects (such as water footprint). In this study, the current dietary pattern and three alternative food baskets are evaluated by the multi-criteria group decision-making taking into account criteria including health (energy and protein intake from the diet), environment (water footprint), the economic cost of the diet, and social acceptance of the diet. Finally, the desired dietary pattern and its effects are introduced. Also, to analyze the uncertainty of some data, such as the price of products, and to create random numbers, tools such as Central Limit Theorem have been used. One of the most important outcomes of this study is the weakness of the current diet compared to other diets from environmental, health, and economic perspectives. The results also showed that designing diets, while improving health, can lead to an annual reduction in water consumption, which can lead to food security in the country.

**Keywords:** Water- Food Nexus, Food Security, Water Footprint, Sustainable and Healthier Diet.

Received: December 10, 2020

Accepted: April 15, 2021

## ارزیابی چندشاخصه گروهی رژیم‌های غذایی با لحاظ سلامت و کاهش ردپای آب

آرش تقی‌پور زارعی<sup>۱\*</sup> و مهدی زرغامی<sup>۲</sup>

### چکیده

مسئله افزایش جمعیت و نیازهای جمعیتی از جمله نیاز به غذا و تقاضای آب، نیاز به تدوین و اجرای راهکارهای سیاستی مبتنی بر کاهش فشار بر منابع آب را ضروری می‌نماید بخصوص که بحث امنیت غذایی و اتخاذ سیاست خودکفایی در محصولات استراتژیک مورد توجه برنامه‌های بالادستی کشور بوده است. یکی از راهکارهای مؤثر، بهره‌گیری از رژیم غذایی کم آب‌بر می‌تواند باشد. از طرفی نیز نظر بر برخی کمبودها در رژیم غذایی فعلی کشور؛ لزوم تغییر آن و طراحی رژیم سالم و پایدار که توأمان ارتقای سلامت جامعه و کاهش اثرات محیط‌زیستی آن (مانند میزان ردپای کمتر آب) را به دنبال داشته باشد، ضرورت پیدا می‌کند. در این مطالعه، رژیم غذایی فعلی همراه با سه رژیم جایگزین به کمک تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی با در نظر گرفتن شاخص‌های سلامتی (میزان انرژی و پروتئین دریافتی از رژیم)، آثار محیط‌زیستی (ردپای آب)، هزینه اقتصادی رژیم برای خانوار و پذیرش اجتماعی رژیم مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت رژیم مطلوب و تأثیر آن معرفی شده است. همچنین در جهت لحاظ عدم قطعیت برخی از داده‌ها نظیر قیمت اقلام غذایی و ایجاد اعداد تصادفی از ابزارهایی نظیر قضیه حد مرکزی بهره گرفته شده است. از مهم‌ترین خروجی این مطالعه، می‌توان به ضعف رژیم غذایی فعلی نسبت به سایر رژیم‌های غذایی از منظرهای محیط‌زیستی، سلامتی و اقتصادی اشاره کرد. همچنین نتایج نشان داد که با طراحی رژیم‌هایی می‌توان هم در جهت بهبود سلامت و هم در جهت کاهش مصرف آب قدم نهاد که تحقق امنیت غذایی در کشور را به دنبال داشته باشد.

**کلمات کلیدی:** هم‌بست آب و غذا، امنیت غذایی، ردپای آب، رژیم غذایی سالم و پایدار.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۹/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱/۲۶

1- M.Sc. Graduate of Civil- Environmental Engineering, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran and Research Assistant, Water Committee, Technology Studies Institute, Tehran, Iran. Email: A.taghipour97@ms.tabrizu.ac.ir

2- Adjunct Professor at the Institute of Energy, Water and Environment, Sharif University of Technology, Tehran, Iran and Professor at Center of Excellence in Hydroinformatics, Faculty of Civil Engineering and Institute of Environment, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

\*. Corresponding Author

Dor: [20.1001.1.17352347.1400.17.1.7.8](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1400.17.1.7.8)

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز و پژوهشگر همکار کمیته آب پژوهشکده مطالعات فناوری ریاست جمهوری.

۲- استاد مدعو پژوهشکده انرژی، آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف و استاد قطب هیدروانفورماتیک دانشکده مهندسی عمران و پژوهشکده محیط زیست دانشگاه تبریز.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

## ۱- مقدمه

نظر به رشد جهانی جمعیت و افزایش درآمد در کشورهای در حال توسعه، پیش‌بینی می‌شود ضمن رسیدن جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی به حدود ۱۰ میلیارد نفر، تقاضای کلی مواد غذایی تا آن سال بیش از ۵۰ درصد و تقاضا برای غذاهای حیوانی (نظیر گوشت و لبنیات) نزدیک به ۷۰ درصد افزایش می‌یابد. این در حالی است که در حال حاضر صدها میلیون نفر در جهان به دلیل عدم توانایی تأمین غذای مقوی کافی توسط سیستم‌های فعلی کشاورزی و شرایط اقتصادی حاکم بر جوامع که مانعی بر توزیع منصفانه مواد غذایی است، دچار سوء‌تغذیه هستند (Searchinger et al., 2019).

در ایران دغدغه افزایش جمعیت در سال‌های اخیر با در نظر گرفتن توجه به مقوله خودکفایی در کشور، ضرورت توجه به حفظ منابع و راه‌های تأمین نیازهای جمعیتی کشور که بی‌شک یکی از مهم‌ترین آن‌ها امنیت غذایی است را دوچندان می‌سازد. طبق تعریف سازمان خواروبار ملل متحد<sup>۱</sup>، امنیت غذایی زمانی وجود دارد که همه افراد، در هر زمان، از لحاظ جسمی و اقتصادی به مواد غذایی کافی، ایمن و مغذی که نیازهای غذایی آن‌ها را برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند، دسترسی داشته باشند (FAO, 1996). مؤلفه‌های امنیت غذایی در شکل ۱ آورده شده است که عبارت‌اند از (FAO, 2006):

- فراهمی<sup>۲</sup>، یعنی در دسترس بودن غذای کافی و باکیفیت از طریق تولید داخل و یا واردات آن؛
- دسترسی<sup>۳</sup>، حق برخورداری و توانایی (اقتصادی) بهره‌مندی همه افراد از منابع غذایی کافی برای کسب مواد مغذی موردنیاز؛

- مصرف<sup>۴</sup>، استفاده از مواد غذایی از طریق رژیم غذایی کافی، آب، تمیز و مراقبت‌های بهداشتی برای رسیدن به وضعیت به‌زیستی<sup>۵</sup> در جایی که تمام نیازهای فیزیولوژیکی برآورده می‌شود؛
- ثبات<sup>۶</sup>، شامل تاب‌آوری<sup>۷</sup> در مقابل شوک‌های ناگهانی (به‌عنوان مثال یک بحران اقتصادی یا آب و هوایی). مفهوم پایداری می‌تواند هم در بعد فراهمی و هم در بعد دسترسی امنیت غذایی باشد.

در نظر گرفتن خودکفایی به معنای تأمین نیازهای مصرفی (به‌ویژه برای محصولات غذایی اساسی) از طریق تولید در داخل کشور به‌جای واردات (Ministry of Agriculture and Forests of Bhutan, 2010) تنها یکی از الزامات تحقق امنیت غذایی محسوب می‌شود و در مقایسه آن با تعریف امنیت غذایی مشخص می‌شود به سایر مؤلفه‌های امنیت غذایی نظیر سلامت رژیم غذایی نمی‌پردازد. دو مقوله مهم سلامت و پایداری از مؤلفه‌های مهم امنیت غذایی محسوب می‌شوند که طراحی جایگزین‌ها به‌عنوان یکی از راه‌های تحقق تاب‌آوری و پایداری امنیت غذایی معرفی شده است که می‌توان از مهم‌ترین این جایگزینی‌ها، به طراحی و ترویج رژیم غذایی سالم و پایدار اشاره کرد که می‌تواند ضمن ارتقای سلامت جامعه، موجب کاهش فشار بر منابع و افزایش تاب‌آوری آن‌ها گردد. لازم به‌ذکر است در کنار راهکار تغییر رژیم غذایی، راهکارهای دیگری نظیر کاهش ضایعات محصولات کشاورزی هم در تولید و هم در مصرف وجود دارد؛ اما چنین راهکارهایی تنها ناظر بر مؤلفه تولید و فراهمی بوده و مانند راهکار تغییر رژیم غذایی ناظر بر مؤلفه سلامت امنیت غذایی نیستند. البته این راهکارها قابل جمع با یکدیگر بوده و پرداختن به مقوله کاهش ضایعات کشاورزی در کنار توجه به تغییر رژیم غذایی ضروری به نظر می‌رسد.

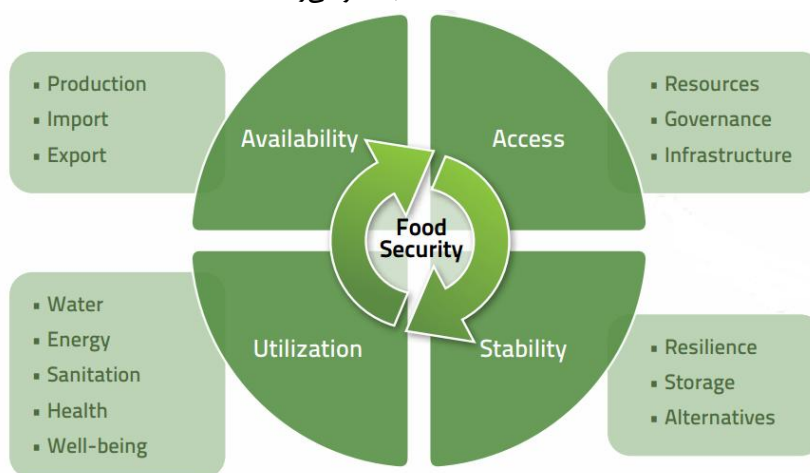


Fig. 1- The components of Food Security  
شکل ۱- مؤلفه‌های امنیت غذایی (FAO, 2014)

در جهت در نظر گرفتن بعد پایداری و محیط‌زیستی تحقق امنیت غذایی، در این مطالعه به منظور برآورد نیاز آبی در بخش غذا از مفهوم ردپای آب<sup>۸</sup> که یکی از بخش‌های مهم رویکرد هم‌بست آب و غذا است، استفاده می‌شود. لازم به ذکر است از محدودیت‌های این رویکرد عدم توجه به سختی دسترسی به آب بوده و صرفاً ناظر بر کمیت آن است.

ردپای آب تشکیل یافته از سه مؤلفه است که عبارت‌اند از (Hoekstra et al., 2009):

- ردپای آب سبز که عبارت است از آب حاصل از بارش که در ریشه خاک ذخیره می‌شود و توسط گیاهان، تبخیر یا تعرق شده یا در خود محصول گنجانیده می‌شود؛
- ردپای آب آبی که عبارت است از آب سطحی یا زیرزمینی که در فرایند تولید یک محصول تبخیر گردیده یا در خود محصول گنجانیده می‌شود؛
- ردپای آب خاکستری که عبارت است از حجم آب شیرین مورد نیاز برای جذب بار آلاینده‌های مربوط به تولید کالا یا خدمت با توجه به غلظت پس‌زمینه طبیعی و استانداردهای کیفیت آب موجود در محیط

نظر به اینکه در برنامه ششم توسعه، ضمن پیش‌بینی ضریب خودکفایی محصولات کشاورزی تا ۹۵ درصد، کاهش مصرف و ذخیره ۱۱ میلیارد مترمکعبی برداشت از منابع آب زیرزمینی عنوان شده است؛ به نظر می‌رسد بدون اتخاذ سیاست و راهکارهای جدید و با ادامه یافتن روند فعلی، تحقق توأمان این دو مهم دشوار باشد. در این مطالعه، به ارزیابی و پیشنهاد راهکار جدید برای تحقق سیاست خودکفایی در کنار کاهش فشار بر منابع طبیعی یعنی جایگزینی رژیم غذایی فعلی با رژیم غذایی سالم و پایدار پرداخته می‌شود.

نظریه‌های توسعه‌یافته (Islamic-Iranian models of progress) (2015) به بررسی تجارب کشورهای جهان در تأمین امنیت غذایی، مدیریت آب و حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی و مقایسه راهبردها و سیاست‌های کشاورزی و منابع آب کشورهای آمریکا، چین و هند با ایران پرداخته که از راهکارهای پیشنهادی در این مطالعه برای ایران می‌توان به حمایت نهادهای (اعطای یارانه برای تهیه کود)، بهبود نظام توزیع، حمایت اقتصادی (خرید تضمینی)، توسعه صنایع تبدیلی و کاهش ضایعات، توسعه مکانیزاسیون کشاورزی همچنین توسعه آبیاری‌های مدرن و بازیافت آب اشاره کرد. همچنین در گزارشی از دفتر زیربنایی مرکز پژوهش‌های مجلس به نقش بهره‌گیری و توسعه فناوری‌های نوین روزآمد و بومی در تحقق امنیت غذایی تأکید شده است (Islamic

Parliament Research Center, 2015). بعلاوه، در مطالعه‌ای به تعیین رژیم غذایی با در نظر گرفتن دو عامل درآمد خانوار و سلامتی آن‌ها پرداخته شده است ولی به موضوع آب و محیط‌زیست در آن توجه نشده است (Pourkazemi and Soozandeh, 2009). اما موضوع مهمی که در کشور در عمل کمتر به آن پرداخته شده است، توجه به راهکار تغییر رژیم غذایی باهدف ارتقای سلامت و کاهش فشار بر منابع طبیعی است. نظر به اهمیت رژیم غذایی در سلامتی انسان‌ها و همچنین مصرف بالای آب در بخش کشاورزی و تأمین غذا، در دهه اخیر و در سطح جهانی مطالعاتی در زمینه اصلاح رژیم غذایی با دو هدف ارتقای شاخص‌های سلامت و کاهش ردپای آب انجام گرفته است. بخش مهمی از مطالعات مذکور در ذیل آورده شده است.

Gephart et al. (2016) در مطالعه‌ای به بهینه‌کردن رژیم غذایی ایالات متحده آمریکا به منظور کاهش ردپای کربن، نیتروژن، آب و زمین پرداخته‌اند که نتایج نشانگر لزوم بهره‌گیری از غذاهای گیاهی<sup>۹</sup> و دریایی<sup>۱۰</sup> در مقابل محصولات حیوانی<sup>۱۱</sup> است که هم موجب کاهش هر چهار ردپای مذکور شده و هم از منظر سلامت بهینه‌تر است. البته اشاره شده است در زمینه بهره‌گیری از آبزیان باید سایر الزامات محیط‌زیستی مربوط به صید و آبی‌پروری مورد توجه قرار گیرند.

Aleksandrowicz et al. (2016) در یک مقاله مروری، به بررسی تأثیر ۱۴ رژیم غذایی پایدار شامل رژیم‌های مبتنی بر مصرف گیاه، آبزیان و حذف گوشت قرمز بر سه شاخص محیط‌زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف آب و زمین پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد با اجرای رژیم‌های پایدار می‌توان به کاهش تا ۸۰ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهره‌برداری از زمین و کاهش ۵۰ درصدی در مصرف آب دست یافت که علاوه بر این موارد، این تغییر رژیم غذایی موجب کاهش حتی مرگ‌ومیر هم خواهد شد. (Sobhani et al. 2019) به طراحی و مقایسه رژیم‌های غذایی مطلوب و پایدار با رژیم غذایی کشور ایران (مطالعه موردی: شهر ارومیه) که علاوه بر شاخص‌های دریافت کالری و وزن نرمال، دریافت ریزمغذی نیز در کنار کاهش ردپای آب آبی مورد توجه قرار گرفته است، پرداخته‌اند که نتایج نشانگر بالا بودن به ترتیب ۳۰۰ و ۳۰ واحدی میزان انرژی (کیلوکالری در روز) و پروتئین دریافتی (گرم در روز) رژیم فعلی از مقدار استاندارد است که اجرای رژیم‌های غذایی مطلوب طراحی شده منجر به کاهش تا ۵۷ درصدی ردپای آب رژیم غذایی مردم شهر ارومیه خواهد شد. (García et al. 2020) به ارزیابی ردپای کربن، ردپای آب و هزینه رژیم‌های غذایی پیشنهادی در کشور اسپانیا پرداخته‌اند. این رژیم‌ها عبارت‌اند از رژیم مدیترانه‌ای، رژیم جنوب اروپایی اقیانوس اطلس<sup>۱۲</sup> و راهنمای رژیم غذایی اسپانیایی. رژیم اقیانوس اطلس که دارای بیشترین منبع حیوانی

## ۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا رژیم غذایی فعلی کشور ایران از اطلاعات موجود در گزارش‌ها و داده‌های سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) استخراج شده و در قدم بعدی رژیم‌های غذایی جایگزین با شاخص‌های مختلف به کمک تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی مقایسه خواهند شد.

### ۲-۱- تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی

در مسائلی که گزینه‌ها و شاخص‌های متفاوتی برای تصمیم‌گیری وجود دارد، از ابزار تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده می‌شود و در حالی که تعداد تصمیم‌گیران بیش از یک نفر باشند، این تصمیم‌گیری به صورت گروهی لحاظ می‌شود. در تحلیل چندشاخصه یک ماتریس ارزیابی  $X$  است که دارای  $m$  گزینه و  $n$  شاخص است. امتیاز گزینه  $\lambda_m$  از دید  $\lambda_m$  را با  $x_{ij}$  نمایش می‌دهند. اهمیت هر شاخص نیز به وسیله بردار یک‌بعدی وزن‌ها  $W$  که شامل  $n$  وزن است نشان داده می‌شود. بنابراین الگوریتم‌های تحلیل چندشاخصه به صورت تابع  $S_i = F(W)$  تعریف می‌شوند که در آن  $S_i$  امتیاز کلی گزینه  $\lambda_m$  را بیان می‌کند. فرایند تحلیل چندشاخصه در حالت گروهی، شامل ۲ یا چند تصمیم‌گیر است که هر یک اولویت‌ها و نگرش‌های متفاوتی به مسأله‌ی تصمیم‌گیری دارند. در این حالت، هدف از تصمیم‌گیری گروهی، رسیدن به گزینه‌ی بهینه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها است به گونه‌ای که بیش‌ترین توافق میان تصمیم‌گیران و ذی‌نفع‌ها برقرار شود (Zarghami & Ehsani, 2011). قبل از استفاده از روش‌های تحلیل چندشاخصه گروهی، داده‌های ورودی بایستی پالایش شوند. دو گام مهم در این جهت عبارت‌اند از:

الف) تبدیل ورودی‌های بیانی به عددی: بسیاری از تصمیم‌گیران ارزیابی گزینه‌ها و شاخص‌ها ترجیح می‌دهند که نظرات خود را با عبارات بیانی ارائه نمایند. ولی برای انجام محاسبات، نیازمند معادل‌سازی آن‌ها هستیم.

ب) نرمال‌سازی داده‌ها: مقادیر ارزیابی شاخص‌های مختلف، ابعاد متفاوتی خواهند داشت. برای تجمیع این داده‌ها نیاز به نرمال‌سازی است. البته روش نرمال‌سازی تأثیر بسیار زیادی روی نتایج استفاده از روش‌های تحلیل چندشاخصه دارند؛ بنابراین این روش بایستی یکسان باشد. در این مطالعه از روش زیر استفاده می‌شود (Anbari et al., 2012):

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} & \text{برای شاخص‌های مثبت} \\ \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} & \text{برای شاخص‌های منفی} \end{cases} \quad (1)$$

است، حاوی به ترتیب ۱۱ و ۱۵ درصد انرژی، ۳۰ و ۱۵ درصد ردپای کربن، ۲۳ و ۹ درصد ردپای آب و ۲۱ درصد هزینه بیشتر از رژیم مدیترانه‌ای و راهنمای اسپانیایی است. (Yin et al. (2020 در یک مطالعه موردی با بهره‌گیری از ابزار بهینه‌سازی چندهدفه به تدوین بهینه‌ترین رژیم غذایی از نظر سلامتی، سبز بودن (محیط‌زیست دوست) و منطبق با فرهنگ جامعه بودن برای منطقه مورد مطالعه در چین که صاحب چند فرهنگ با رژیم غذایی واحد و با مصرف بالای گوشت قرمز است، پرداخته‌اند. ردپای کربن، ردپای آب و ردپای اکولوژیک<sup>۱۳</sup> از شاخص‌های محیط‌زیستی و سبز بودن این مطالعه محسوب می‌شوند که رژیم غذایی فعلی مورد بررسی، دارای ردپای محیط‌زیستی بالا و مصرف زیاد گوشت قرمز و روغن و همچنین میزان مصرف پایین میوه، محصولات لبنی و آبریان است که با اجرای رژیم غذایی بهینه می‌توان ضمن ارتقای سلامت جامعه، ردپای کربن و آب را به ترتیب تا ۴ و ۳ درصد کاهش داد.

ذکر این نکته ضروری است در اکثر مطالعات انجام‌یافته، تمرکز بیشتر بر شاخص‌های سلامتی و محیط‌زیستی بوده و در برخی از مطالعاتی، یا به شاخص اقتصادی توجه شده است یا به شاخص اجتماعی و مطالعه جامع‌تری با در نظر گرفتن هر چهار شاخص انجام نگرفته است. بعلاوه، در آن مطالعات به معرفی رژیم‌های غذایی در جهت بهینه‌سازی وضعیت شاخص‌ها پرداخته شده است و رژیم‌های غذایی مختلف از منظر شاخص‌های مذکور مورد ارزیابی و مقایسه قرار نگرفته‌اند. لذا در این مطالعه، رژیم غذایی فعلی با سه رژیم غذایی جایگزین با ابزار تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی و روش‌های میانگین وزنی ساده، تاپسیس و میانگین وزنی مرتب با در نظر گرفتن چهار شاخص محیط‌زیستی (ردپای آب)، سلامتی (میزان انرژی و پروتئین دریافتی از رژیم)، هزینه اقتصادی رژیم برای خانوار و پذیرش اجتماعی رژیم (از منظر ذائقه و فرهنگ) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. همچنین سعی می‌شود با به کار بردن ابزارهای ایجاد متغیر تصادفی نظیر قضیه حد مرکزی، عدم قطعیت‌های داده‌های نظیر قیمت اقلام غذایی لحاظ شود و تأثیر آن به حداقل برسد. البته در این مطالعه، ردپای آب محصولات کشاورزی محاسبه و برآورد نمی‌گردد بلکه از اعداد مربوط به مطالعات مختلف و تحلیل روی آن‌ها بهره گرفته می‌شود. همچنین برای ارزیابی پذیرش اجتماعی رژیم‌های غذایی، از جامعه آماری محدود دانشگاهی استفاده می‌شود که یقیناً نمی‌تواند نماینده همه اقوام و اقلیم‌های کشور باشد که این موارد از محدودیت‌های مطالعه حاضر محسوب می‌شوند.

گزینه‌های تصمیم‌گیری که در این مطالعه رژیم‌های غذایی مورد بررسی است، در ذیل آورده شده‌اند.

## ۲-۲- رژیم‌های غذایی به‌عنوان گزینه‌های تصمیم‌گیری

در این مطالعه سه رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت، رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان و رژیم غذایی با کمترین ردپای آب آبی به‌عنوان رژیم‌های غذایی جایگزین در کنار رژیم غذایی فعلی مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت که هر یک از رژیم‌ها در ذیل آورده شده‌اند.

### ۲-۱- رژیم غذایی فعلی

رژیم غذایی فعلی ایرانیان از اطلاعات مربوط به ترازنامه مواد غذایی<sup>۱۴</sup> سازمان فائو که نحوه محاسبه آن طبق رابطه زیر بوده و آخرین اطلاعات بروز شده آن مربوط به سال ۲۰۱۷ می‌باشد، استخراج شده است. در جدول ۱ این رژیم تحت عنوان Ref<sup>۱۵</sup> آمده است.

$$\text{Food Basket (per capita)} = \frac{\left[ \begin{array}{l} \text{Production + Imports -} \\ \text{Exports -} \\ \text{Change in Stocks (dSt)-} \\ \text{Feed - Loss -} \\ \text{Industrial Use} \end{array} \right]}{\text{Population}} \quad (2)$$

در این رابطه، Production مقادیر تولید، Imports واردات، Exports صادرات، Change in Stocks (dSt) تغییر در انبار، Feed تغذیه دام و طیور، Loss، مربوط به تلفات در هنگام کاشت و برداشت و Industrial Use، مربوط به مصارف صنعتی است. یعنی در این رابطه، مقادیر مربوط به تولید و واردات هر محصول باهم جمع شده و مقادیر مربوط به صادرات، تغییر در انبار، تغذیه دام و طیور، تلفات و مصارف صنعتی از آن‌ها کم شده و در آخر به تعداد جمعیت تقسیم می‌شود (FAOSTAT, 2019). لازم به ذکر است در آن، ضایعات مربوط به بخش مصرف از مقادیر کم نمی‌شود و بدیهی است بخشی از این اقلام مربوط به رژیم غذایی فعلی در هنگام مصرف تلف می‌شود.

## ۲-۲- رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

اولین طرح در مورد رژیم غذایی مطلوب در سال ۷۷ در قالب طرح «مابا» با در نظر گرفتن الگوی مصرف جاری، نیازهای تغذیه سلولی و الگوی مصرف مدیترانه‌ای مطرح شد. نتایج طرح نشان‌دهنده دسترسی انرژی روزانه از ۲۰۰۰ کیلوکالری برای هر فرد به ۳۰۰۰ کیلوکالری بوده است. با این وجود ۲۰ درصد خانوارها در نامنی غذایی بوده و ۱۱ درصد نامنی شدید غذایی داشتند. رژیم غذایی مطلوب دوم به سفارش انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور در سال ۱۳۸۱ تدوین

شد. این رژیم توسط اقتصاددانان با روش اقتصادسنجی و با در نظر گرفتن بودجه خانوار، فرهنگ و رفتارهای غذایی و نیازهای توصیه‌شده مواد مغذی کلیدی تدوین شد و تأثیر تغییر قیمت‌های مواد غذایی و درآمد مصرف‌کننده بر تقاضای مواد غذایی نیز بررسی گردید (Abdi et al., 2015). سومین رژیم غذایی مطلوب در سال ۱۳۹۱، با توجه به نیازهای انرژی و مواد مغذی کلیدی، استانداردها و توصیه‌های بین‌المللی برای کل جمعیت ایران و به تفکیک گروه‌های سنی و جنسی مختلف تدوین شد. در رژیم غذایی که وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی طراحی کرده است برای پیشنهاد متوسط نیاز جمعیت ایرانی به انرژی، پروتئین و ریزمغذی‌های کلیدی از جدول مقادیر سفارش شده WHO، RDA<sup>۱۶</sup> و RDI<sup>۱۷</sup> استفاده شده است (Salehi et al., 2013). در جدول ۱ این رژیم تحت عنوان Alt 1<sup>۱۸</sup> آمده است. مورد حائز اهمیت در مورد هر سه رژیم مطلوب وزارت بهداشت این نکته است که در هیچ کدام به مسئله محیط‌زیست و پایداری توجه نشده است و صرفاً موارد مربوط به سلامت از جمله میزان دریافت انرژی، پروتئین و ریزمغذی‌ها رعایت شده است.

لازم به ذکر است به جهت سهولت در تخمین ردپای آب محصولات و با توجه به اینکه قلم غذایی «ماکارونی» تنها در این رژیم وجود دارد، در محاسبات مقدار ماکارونی به مقدار نان اضافه می‌گردد. همچنین نظر به پیشنهاد Vanham et al. (2013) ضریب تصحیح تبدیل نان به گندم جهت محاسبه ردپای آب، ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود. بعلاوه، با توجه به اینکه در این رژیم پیشنهادی تقسیم‌بندی خاصی بین گوشت مرغ و آبزیان به‌عنوان گوشت سفید انجام نگرفته است؛ در محاسبات، ۶۴ گرم در روز گوشت سفید به نسبت میزان مصرف گوشت مرغ و ماهی در رژیم غذایی فعلی، بین این دو قلم توزیع خواهد شد.

## ۲-۲- رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان

در رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت مقداری برای ماهی و آبزیان در نظر گرفته نشده و به‌طور کلی گوشت سفید آورده شده است و تنها در بخش توصیه‌های گزارش مربوط به این رژیم مصرف آبزیان پیشنهاد شده است. از طرفی سرانه مصرف متوسط جامعه از آبزیان حدود ۱۲ کیلوگرم در سال است که البته این مقدار مربوط به میانگین کشور بوده و اگر مصرف آبزیان مردم نواحی شمالی و جنوبی کشور از این مقدار میانگین کم شود، ملاحظه خواهد شد سرانه مصرف آبزیان در کشور به شدت پایین و حدود سه الی چهار کیلوگرم در سال است و این مقدار کمتر از استانداردهای جهانی است. بعلاوه، نظر به اینکه مصرف گوشت قرمز ردپای محیط‌زیستی (ردپای آب و ردپای کربن) بالایی دارد، در این مطالعه یک رژیم غذایی که تنها میزان گوشت

## ۲-۲-۵- مقایسه رژیم‌های غذایی

طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت، میزان استاندارد دریافت انرژی روزانه ۲۳۸۱ کیلوکالری است (Salehi et al., 2013). نتایج نشانگر این نکته است که رژیم غذایی فعلی ایرانیان حداقل ۵۰۰ کیلوکالری بالاتر از میزان استاندارد است که بخش عمده آن بر مصرف بالای شکر و نان برمی‌گردد و با کاهش این ۵۰۰ واحد علاوه بر حرکت به سمت افزایش سلامت، می‌توان موجب کاهش مصرف آب در کشور نیز شد. لازم به ذکر است این کاهش مصرف آب زمانی تحقق می‌یابد که کاهش مصرف در محصولات تولید داخل اتفاق بیفتد نه در محصولات وارداتی؛ لذا زمانی که به مقوله خودکفایی در امنیت غذایی توجه کنیم، این کاهش مصرف معنی‌دار خواهد بود. البته ذکر این نکته ضروری است که این رژیم غذایی فعلی مربوط به میانگین جامعه است و بی‌شک افرادی در جامعه، مقادیری بالاتر و افرادی نیز مقادیری خیلی پایین‌تر از این میزان انرژی و پروتئین دریافت می‌کنند؛ لذا باید دقت کرد به هنگام پیشنهاد کاهش میزان انرژی دریافتی، فشار مضاعفی بر اقشار پایین جامعه نیاید تا بیش‌ازپیش دچار فقر غذایی نشده و عدالت اجتماعی رعایت شود. جزییات هر یک از رژیم‌های غذایی در جدول ۱ ملاحظه می‌شود.

## ۲-۳- شاخص‌های تصمیم‌گیری

با بررسی شاخص‌های در نظر گرفته شده در مطالعات مشابه و اخذ نظر تعدادی از خبرگان اعم از اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و مراکز

قرمز و ماهی آن متفاوت با رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت است، به رژیم‌های مورد ارزیابی اضافه گردید. در این رژیم میزان گوشت قرمز مربوط به رژیم مطلوب نصف و با فرض ثابت ماندن میزان انرژی و تأمین پروتئین کافی، به میزان مصرف ماهی و آبیان افزوده شده است که مصرف آبیان در این رژیم به دو برابر مقدار مصرف آبیان در رژیم فعلی رسیده است. در جدول ۱ این رژیم تحت عنوان Alt 2 آمده است.

## ۲-۴- رژیم غذایی با کمترین ردپای آب آبی

در تحقیق (Mirzaei et al. (2020 به طراحی رژیم‌های غذایی سالم و پایدار با تغییرات منطقی در رژیم غذایی فعلی پرداخته شده که با هدف کاهش ردپای آب به کمک بهینه‌سازی چندهدفه با کمترین انحراف از رژیم غذایی فعلی بوده است. یکی از رژیم‌های پیشنهادی، رژیمی با هدف کاهش ردپای آب آبی داخلی بوده که ظرفیت صرفه‌جویی ۷/۵ میلیارد مترمکعبی مصرف آب با جایگزینی این رژیم برآورد شده است. لازم به ذکر است در این رژیم سیب‌زمینی در قلم «سبزی‌ها» آورده شده است که در راستای یکسان‌بودن رژیم‌ها با یکدیگر و با توجه به اینکه ردپای آب این دو قلم بسیار نزدیک به هم هستند، با نسبت سیب‌زمینی به سبزی‌ها در رژیم غذایی مطلوب، در این رژیم نیز این تقسیم‌بندی انجام گرفت. در جدول ۱ این رژیم تحت عنوان Alt 3 آمده است.

Table 1- The details of each dietary patterns  
جدول ۱- جزییات هریک از رژیم‌های غذایی مورد مطالعه

Product	Weight (kg/cap/yr)				Energy(kcal/cap/day)				Protein(g/cap/day)			
	Ref	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Ref	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Ref	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Wheat	164	96.4	96.4	129.8	1332	951	951	1212.9	40.20	30.10	30.10	35.90
Rice	42.5	34.7	34.7	17.8	272	339	339	169.9	5.20	6.60	6.60	3.20
Potato	49	25.5	25.5	40.8	102	57	57	49.1	1.62	1.70	1.70	1.90
Sugar	28	14.6	14.6	13.6	271	155	155	149.5	0	0	0	0
Veg. Oil	11.5	12.8	12.8	13.1	279	315	315	320.6	0.01	0	0	0
Vegetables	188	109.5	109.5	175	110	85	85	210.5	4.51	4.30	4.30	8.10
Fruits	119	102.2	102.2	41.5	176	141	141	57.4	2.15	1.50	1.50	0.60
Red Meat	8.5	13.9	6.9	3.4	47	106	53	27.4	3.51	5.40	2.70	1.70
Poultry	27.5	16.4	16.4	12.3	96	67.5	67.5	50.5	9.8	8.10	8.10	7.10
Egg	7.5	12.8	12.8	13.4	29	45	45	53.5	2.17	3.70	3.70	4.50
Milk (Dairy)	54	91.2	91.2	115.2	76	207	207	198.7	4.94	13.10	13.10	11.80
Pulses	7	9.5	9.5	8.5	68	91	91	81.9	4.22	5.90	5.90	5.30
Fish	11.5	6.9	22	6	23	13.5	66.5	18.1	3.36	1.97	6.30	30
<b>Total</b>	<b>719</b>	<b>546</b>	<b>554</b>	<b>590.4</b>	<b>2881</b>	<b>2573</b>	<b>2573</b>	<b>2600</b>	<b>81.69</b>	<b>82.37</b>	<b>84.00</b>	<b>83.20</b>

پژوهشی، شاخص‌های مربوط به تصمیم‌گیری در مطالعه حاضر استخراج گردیدند که عبارت‌اند از: میزان ردپای آب به‌عنوان شاخص محیط‌زیستی، میزان انرژی و پروتئین دریافتی به‌عنوان شاخص سلامتی، هزینه مربوط به تأمین اقلام رژیم‌ها به‌عنوان شاخص اقتصادی و پذیرش اجتماعی- فرهنگی و ذائقه‌ای رژیم غذایی در جامعه به‌عنوان شاخص اجتماعی.

### ۲-۳-۱- شاخص ردپای آب

(Mekonnen & Hoekstra (2011) در گزارش «محاسبه ردپای آب کشورها» که توسط مؤسسه آموزشی آب یونسکو منتشر شده است به برآورد ردپای آب کشورهای مختلف جهان (از جمله کشور ایران) از طریق جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مراحل مختلف تولید کالا و تعیین نیاز آبی محصولات در بخش‌های کشاورزی و تغذیه‌ای (زرعی و دام‌پروری)، خانگی و صنعتی پرداخته‌اند. این داده‌ها مربوط به مقادیر میانگین سال‌های بین ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ بوده است. در مطالعه حاضر از اعداد محاسبه‌شده در آن گزارش برای کشور ایران استفاده می‌شود. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی نیز در گزارشی به این اعداد استناد کرده است (Islamic Parliament Research Center, Karandish & Hoekstra (2017) در ادامه کار (2015). Mekonnen and Hoekstra (2011) به تدقیق اعداد مربوط به کشور ایران (صرفاً ردپای آب آبی و آب سبز در بخش زراعی و محصولات محدود) پرداخته‌اند. همچنین Mirzaei et al. (2020) به محاسبه ردپای آب سبز و آبی محصولات زراعی و حیوانی مربوط به کشور ایران پرداخته‌اند (البته از اعداد مربوط به گزارش یونسکو و همچنین مقاله Karamdish and Hoekstra (2017) در محصولات زراعی در این مقاله نیز استفاده شده است). در مطالعه حاضر برای ردپای آب سبز و آبی از سه منبع اشاره شده و برای ردپای آب خاکستری تنها از گزارش یونسکو بهره گرفته می‌شود. همچنین در گزارش یونسکو برخلاف دو مقاله دیگر، اقلام غذایی با جزییات آورده شده‌اند، یعنی به‌جای روغن نباتی به‌صورت کلی، روغن سویا، روغن آفتابگردان، روغن پالم و غیره یا به‌جای گوشت قرمز، گوشت گاو و گوسفند به صورت جزئی آورده شده است. بدین‌جهت، میزان مصرف فعلی هریک از اقلام جزئی، میانگین‌گیری وزنی شده و سپس به‌صورت کلی آورده شده‌اند.

در مورد آبیان ذکر این نکته ضروری است که بخشی از تولید آبیان مربوط به آبی‌پروری<sup>۱۹</sup> بوده و ردپای آب این بخش باید در نظر گرفته شود که در گزارش محاسبه ردپای آب کشورها اشاره‌ای به آبیان نشده است. در مطالعه حاضر برای ردپای آب سبز و خاکستری تولید ماهی

از طریق آبی‌پروری، از مقاله Pahlow et al. (2015) بهره گرفته می‌شود که طبق شکل ۲ به‌طور متوسط، ۱۵۰۰ لیتر به ازای هر کیلوگرم برای ردپای آب سبز و ۲۰۰ لیتر به ازای هر کیلوگرم برای ردپای آب خاکستری در نظر گرفته می‌شود. لازم به‌ذکر است در بخش برآورد ردپای آب آبی مربوط به این مطالعه، میزان تبخیر در نظر گرفته نشده است و صرفاً ردپای آب آبی مربوط به تغذیه آبیان محاسبه شده است. بدین‌جهت، در مطالعه حاضر برای تعیین ردپای آب آبی آبی‌پروری، از اطلاعات اخذشده از اداره شیلات که از طریق مکاتبه با آن سازمان اخذ گردید، بهره گرفته می‌شود. بدین ترتیب، با تقسیم عدد ۱/۵۳۲ میلیارد مترمکعب به‌عنوان میزان مصرف آب (ردپای آب آبی) در بخش آبی‌پروری بر ۴۶۳ هزار تن میزان تولید آبی‌پروری گزارش شده در آمارنامه کشاورزی محصولات دامی (Ministry of Agriculture - Jihad, 2017)، ردپای آب آبی آبی‌پروری در کشور، ۳۳۰۹ لیتر به ازای هر کیلوگرم برآورد می‌شود. همچنین، ردپای آب بخش ماهیگیری<sup>۲۰</sup>، صفر فرض شده و میزان تولید آبیان از طریق آبی‌پروری، ۴۲ درصد از میزان کل تولید آبیان در کشور در نظر گرفته می‌شود (Iran Fisheries Organization, 2017).

در جدول ۲ ردپای آب محصولات کشاورزی موردنظر آورده شده است. با توجه به عدم قطعیت‌های مربوط به داده‌های ردپای آب، در مرحله اول محاسبات بر پایه مقادیر میانگین انجام می‌شود و در بخش دیگر به تحلیل عدم قطعیت‌ها پرداخته خواهد شد. مقادیر میانگین ردپای آب محصولات کشاورزی مربوط به مطالعات مختلف در جدول ۳ ملاحظه می‌شود.

### ۲-۳-۲- شاخص سلامتی

یکی از دیگر شاخص‌های موردبررسی در این مطالعه، شاخص سلامتی است که در این تحقیق میزان دریافت انرژی و پروتئین روزانه به‌عنوان زیرشاخص‌های آن در نظر گرفته شده‌اند. طبق توصیه سازمان جهانی بهداشت، میزان استاندارد دریافت روزانه انرژی، ۲۳۸۱ کیلوکالری و میزان حداقل موردنیاز دریافت روزانه پروتئین ۵۳/۹ گرم است (Salehi et al., 2013). مقادیر مربوط به دریافت انرژی و پروتئین از هریک از رژیم‌های غذایی در جدول ۱ قابل ملاحظه است. نظر به اینکه میزان پروتئین هر چهار رژیم بیشتر از مقدار حداقل بوده و همچنین همگی در فاصله ۸۰ تا ۹۰ گرمی قرار دارند، هر چهار رژیم از نظر میزان دریافت پروتئین از وضعیت خوبی برخوردارند. و برای ارزیابی، صرفاً میزان انرژی رژیم‌ها طبق رابطه زیر باهم مقایسه می‌شوند:

$$F = \frac{|x_i - x^*|}{x^*} \quad (3)$$



شاخص سلامتی مهم است که در تصمیم‌گیری حاضر لحاظ نمی‌شوند. البته لازم به ذکر است در طراحی رژیم‌های مطلوب وزارت بهداشت و رژیم پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) به بالا بردن میزان دریافت ریزمغذی‌ها توجه شده است.

که  $X_i$  میزان انرژی دریافتی از هر رژیم و  $X^*$  میزان استاندارد انرژی دریافتی است و هر چقدر مقدار  $F$  کم باشد، به معنی نزدیک بودن هر رژیم به مقدار استاندارد بوده و مطلوب‌تر است. ذکر این نکته ضروری است که عامل‌های دیگری نظیر میزان ریزمغذی‌ها یا ویتامین در

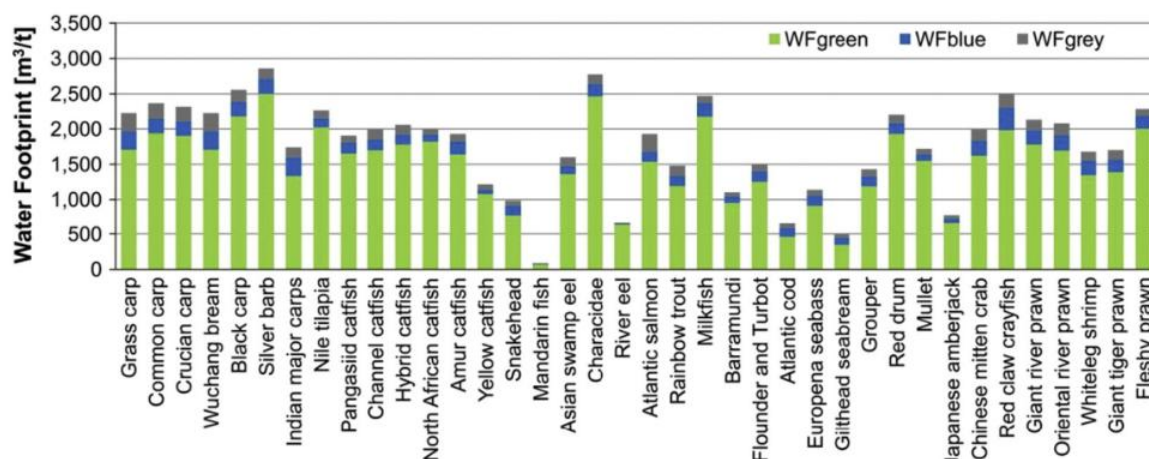


Fig. 2- Feed-related green, blue and gray water footprint per tonne of fish  
 شکل ۲- نمودار میزان ردپای آب تغذیه آبیان در روش آبی‌پروری (Pahlow et al., 2015)

Table 2- Water footprint of agricultural products in Iran (lit/kg)  
 جدول ۲- ردپای آب محصولات مختلف کشاورزی در ایران (لیتر بر کیلوگرم)

Product	Mekonnen & Hoekstra (2011)			Mirzaei et al. (2020)	
	Green WF	Blue WF	Grey WF <sup>1</sup>	Green WF	Blue WF
Wheat	2198 <sup>1</sup>	737	249	1164	1074
Rice	934 <sup>1</sup>	2267	330	267	2331
Potato	36 <sup>1</sup>	255	35	36	271
Sugar	734 <sup>1</sup>	993	182	734	993
Veg. Oil	4761 <sup>2</sup>	390	659	1551	4847
Vegetables	30 <sup>3</sup>	310	31	36	271
Fruits	131 <sup>3</sup>	963	64	161	814
Red Meat	18841 <sup>2</sup>	919	363	12320	10713
Poultry	5054 <sup>1</sup>	1416	838	5481	553
Egg	4027 <sup>1</sup>	1320	697	4466	450
Milk (Dairy)	1062 <sup>1</sup>	356	194	662	573
Pulses	823 <sup>3</sup>	5508	1373	823	5508
Current Study and Pahlow et al. (2015)					
Fish	1500 <sup>4</sup>	3309 <sup>5</sup>	200 <sup>4</sup>		

<sup>1</sup> Mekonnen & Hoekstra (2011)

<sup>2</sup> Mekonnen & Hoekstra (2011) including the weighted average of the items

<sup>3</sup> Karandish & Hoekstra (2017)

<sup>4</sup> Pahlow et al. (2015)

<sup>5</sup> Current Study



**Table 3- Water footprint of agricultural products in Iran (Average Values- lit/kg)**  
جدول ۳- مقادیر میانگین رد پای آب محصولات مختلف کشاورزی در ایران (لیتر بر کیلوگرم)

Product	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF
Wheat	1681	906	249	2836
Rice	600	2299	330	3230
Potato	36	263	35	334
Sugar	734	993	182	1909
Veg. Oil	3156	2618	659	644
Vegetables	33	291	31	355
Fruits	146	889	64	1099
Red Meat	15580	5816	363	21760
Poultry	5268	985	838	7090
Egg	4247	885	697	5829
Milk (Dairy)	862	465	194	1521
Pulses	823	5508	1373	7704
Fish	1500	3309	200	5009

لذا، در این مطالعه فرض می‌شود از منظر دریافت ریزمغذی هر سه رژیم جایگزین به یک میزان از وضعیت مطلوبی برخوردارند. به‌صورت میانگین بهره گرفته می‌شود که علاوه بر مقادیر میانگین مربوط به ۳۹ ماه، قیمت‌های فروردین ۱۳۹۶ و خرداد ۱۳۹۹ در جدول ۴ آورده شده است (Statistical Center of Iran, 2020).

### ۳-۳-۲- شاخص اقتصادی

با توجه به اینکه هزینه هر رژیم غذایی تأثیر مهمی در ترویج یا عدم ترویج آن دارد، باید هزینه اقتصادی هر رژیم غذایی محاسبه شود. بدیهی است که هرچه هزینه تمام‌شده آن الگوی غذایی کم باشد، مطلوب‌تر خواهد بود. برای تخمین این هزینه از اطلاعات مربوط به مرکز آمار ایران که قیمت اقلام غذایی اصلی را از فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹ را به‌صورت ماهانه اعلام کرده است، در مرحله اول

### ۴-۳-۲- شاخص اجتماعی

نظر به اینکه لزوم پذیرش یک رژیم غذایی از طرف جامعه شرط اجتناب‌ناپذیر ترویج آن رژیم محسوب می‌شود، در این مطالعه میزان پذیرش هر رژیم با استفاده از پرسشنامه و توزیع آن بین ۱۰۰ نفر از جامعه دانشگاهی استخراج می‌شود.

**Table 4- Average price of products between April 2017 to May 2020 (IRR/ Kg- Calculated based on data from Statistical Center of Iran, 2020)**

جدول ۴- قیمت میانگین اقلام خوراکی از فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹ (ریال به کیلوگرم- محاسبه‌شده بر اساس داده‌های مأخوذ از (Statistical Center of Iran, 2020)

Product	April 2017	May 2020	Average Price
Bread	15440	22700	21690
Rice	89830	198950	128180
Potato	21500	42050	32950
Sugar	36510	87450	53250
Veg. Oil	60320	98000	77450
Vegetables	26570	37890	37240
Fruits	48000	125310	69720
Red Meat	352790	912470	648340
Poultry	73620	124020	103910
Egg	64190	108810	88010
Milk (Dairy)	59330	124450	86290
Pulses	97580	241150	122030
Fish	251880	663800	464370

که سؤال ۱ و ۲ در جهت ارزیابی پذیرش اجتماعی رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت، سؤال ۲ و ۳ در جهت ارزیابی پذیرش اجتماعی رژیم غذایی پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) و سؤال ۴ و ۵ در جهت ارزیابی پذیرش اجتماعی رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزبان طراحی شده است. سؤال دوم مربوط به هر رژیم غذایی با اشاره به تأثیر تغییر رژیم غذایی بر سلامتی افراد و محیط زیست پرسیده می شود تا تأثیر این آگاهی سازی در فرایند تصمیم گیری نیز تا حدودی ارزیابی گردد. در محاسبات، پاسخ های مربوط به سؤال های دوم مربوط به هر رژیم مورد بررسی قرار خواهند گرفت. برای تبدیل عبارات بیانی، به ترتیب رای عبارت مخالفم تا موافقم از مقادیر ۱ تا ۵ بهره گرفته می شود.

لازم به ذکر است با توجه به پراکندگی اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی در کشور از یک طرف و تنوع غذایی و عادات غذایی در کشور از طرف دیگر، این جامعه آماری نمی تواند همه جوامع، قومیت ها، فرهنگ ها و اقلیم ها را نمایندگی کند و انجام ارزیابی جامع اجتماعی از محدودیت های این مطالعه محسوب می شود. همچنین با توجه به اینکه شرط اقتصادی، در پذیرش اجتماعی نیز مؤثر است، سؤالات پرسشنامه با اعمال فرض اینکه فرد پاسخ دهنده مشکل اقتصادی نداشته باشد، پرسیده شده و هدف صرفاً ارزیابی پذیرش اجتماعی از منظر ذائقه و فرهنگ است. نمونه پرسشنامه مربوط به ارزیابی شاخص پذیرش اجتماعی در جدول ۶ آورده شده است.

**Table 5- Sample of questionnaire on evaluating public acceptance of diets**

جدول ۵- نمونه پرسشنامه اینترنتی ارزیابی پذیرش اجتماعی

Questions	Disagree	Fairly Disagree	Neutral	Fairly Agree	Agree
1 Considering no economic problems for purchasing food, do you agree to use a food pattern in which the share of bread and sugar is half the current pattern and the share of meat and milk is twice the current pattern?					
2 Considering no economic problems for purchasing food, do you agree with using a food pattern in which health standards are observed and will promote your health, and the share of bread and sugar is half the current pattern and the share of meat and milk is twice the current pattern?					
3 Considering no economic problems for purchasing food, do you agree with halving the share of rice, sugar, red meat, and white meat in your current diet and doubling the share of milk and eggs in your diet?					
4 Considering no economic problems for purchasing food, do you agree with using a diet that will improve your health and also protect the environment, and the share of rice, sugar, red meat, and white meat is half the current pattern and the share of milk and eggs is twice the current pattern?					
5 Considering no economic problems for purchasing food, do you agree with doubling the consumption of fish in your diet?					
6 Considering the fact that consuming fish will improve your health and also reduce water consumption in the experts' recommendation country, and accepting the on consuming two servings of fish per week, if you do not have any economic problem to provide food, do you agree with doubling the consumption of fish in your diet? Even if you do not want to do it in terms of taste?					



**Table 6- The degree of optimism corresponding to each linguistic quantifier**  
**جدول ۶- میزان خوش بینی متناظر با هر کمیت سنج کیفی (Zarghami et al., 2008)**

Linguistic quantifier	Attitude	Parameter of quantifier ( $\alpha$ )	Optimism degree ( $\theta$ )
At least one of them		$\alpha \rightarrow 0.0$	0.999
Few of them	Optimistic	0.1	0.909
Some of them		0.5	0.667
Half of them	Neutral	1.0	0.500
Many of them		2.0	0.333
Most of them	Pessimistic	10.0	0.091
All of them		$\alpha \rightarrow \infty$	0.001

ردپای آب آبی (آب مصرفی) محصولات تولید شده در داخل کشور مربوط به اقلام غذایی مذکور در مطالعه (Mirzaei et al., 2020). حدود ۵۷ میلیارد مترمکعب محاسبه شده است. این عدد کمی بیشتر از آمارهای منتشر شده مربوط به مصرف آب در بخش کشاورزی (با احتساب سایر محصولات کشاورزی دیده نشده بین اقلام غذایی) است. لذا، به نظر می رسد اعداد پیشنهادی در آن مطالعه، کمی دست بالا گرفته شده اند و اعدادی که در بین این دو سری داده قرار می گیرند، احتمالاً به واقعیت نزدیک ترند. لذا در مطالعه حاضر، در مرحله اول محاسبات بر پایه میانگین گیری بین دو سری داده انجام گرفته و در قدم بعدی به منظور تحلیل عدم قطعیت بجای میانگین گیری ساده، از تولید مقادیر تصادفی بین اعداد بهره گرفته می شود.

#### ۲-۵-۲- عدم قطعیت های مربوط به بخش مربوط به قیمت اقلام خوراکی

با توجه به عدم قطعیت های داده های آماری مربوط به قیمت اقلام خوراکی به دلیل تأثیر گرفتن از شرایط اقتصادی و سیاسی کشور، در مرحله اول محاسبات بر پایه میانگین گیری بین داده های مربوط به فرودین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹ انجام گرفته و در قدم بعدی به منظور تحلیل عدم قطعیت بجای میانگین گیری ساده، از قضیه حد مرکزی<sup>۲۴</sup> برای تولید اعداد تصادفی به کمک معادله ۱۳ استفاده می گردد (Zarghami and Szidarovszky, 2011):

$$X = \sum_{k=1}^N u_k \times \sigma + \mu \quad (13)$$

که  $X$  عدد تصادفی جدید،  $u$  عدد تصادفی بین صفر و یک،  $N$ ، تعدادی که توزیع اعداد تصادفی بین صفر و یک را به صورت توزیع نرمال سازد،  $\sigma$ ، انحراف شاخص داده های آماری موجود و  $\mu$  میانگین داده های آماری موجود است.

#### ۲-۵-۳- تحلیل عدم قطعیت ها

در این مطالعه، به منظور در نظر گرفتن قطعیت های داده های مربوط به ردپای آب و تحلیل عدم قطعیت های داده های مربوط به قیمت اقلام خوراکی به جای استفاده از اعداد میانگین، از فضای محاسباتی با ایجاد اعداد تصادفی در بین حداقل و حداکثر مقادیر استفاده خواهد شد. لازم به ذکر است نظر به اینکه در مرحله اول و بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت ها، مقدار حداکثر به عنوان مطلوب ترین گزینه خروجی هر سه روش میانگین وزنی ساده، تاپسیس و میانگین وزنی مرتب تلقی می شود، در مرحله احتساب عدم قطعیت ها، طبق رابطه ۱۲ گزینه ای که بین تکرارهای انجام گرفته با اعداد تصادفی ایجاد شده، مقدار میانگین منهای واریانس آن، مقدار حداکثر باشد، به عنوان گزینه مطلوب معرفی خواهد شد (Zarghami et al, 2008):

$$F_K = E(F_i) - \beta \text{var}(F_i) \quad (12)$$

که  $F_K$  امتیاز رژیم های غذایی با لحاظ عدم قطعیت ها،  $E(F_i)$ ، میانگین امتیازهای رژیم های غذایی در تکرارهای انجام شده با احتساب اعداد تصادفی،  $\beta$ ، ضریب اهمیت واریانس و  $\text{var}(F_i)$ ، واریانس امتیازهای رژیم های غذایی تکرارهای انجام شده با احتساب اعداد تصادفی است.

#### ۲-۵-۱- عدم قطعیت های مربوط به بخش محاسبه ردپای آب

نظر به وجود عدم قطعیت های برآورد ردپای آب در تخمین تبخیر و تعرق گیاه، داده های هواشناسی و سیستم های پرورش دام، مشخص شد در مواردی نظیر تعیین ردپای آب آبی گوشت قرمز، ردپای آب آبی یونجه در محاسبات (Mekonnen and Hoekstra (2011) دیده نشده که تأثیر مهمی در محاسبات گذاشته است (مکاتبات شخصی، میرزایی ندوشن، ف.، ۱۳۹۹). به همین دلیل سهم ردپای آب سبز نسبت به ردپای آب آبی مربوط به گوشت قرمز در مطالعه (Mekonnen and Hoekstra (2011) بسیار بالاتر از ردپای آب آبی عنوان شده در مطالعه (Mirzaei et al. (2020) لحاظ شده است. از طرف دیگر، مجموع

### ۳- نتایج و بحث

با توجه به اینکه چهار شاخص برای ارزیابی چهار رژیم غذایی شناسایی و معرفی گردید، در این بخش سعی می‌شود تا با روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی و با لحاظ عدم قطعیت‌ها، رژیم غذایی منتخب تعیین شده و تأثیر این جایگزینی برآورد شود.

#### ۳-۱- وزن‌دهی شاخص‌های تصمیم‌گیری

اولین قدم بعد از شناسایی شاخص‌های موردبررسی در تصمیم‌گیری، وزن‌دهی آن شاخص‌ها است. برای این کار از پرسشنامه اینترنتی که ۱۵ نفر از خبرگان داخلی و خارجی حوزه سلامت و محیط‌زیست آن را تکمیل نموده‌اند و با در نظر گرفتن روش میانگین وزنی ساده از مقادیر کم تا زیاد بهره گرفته شد. لازم به ذکر است به ترتیب تخصص ۷ نفر از خبرگان در حوزه آب، تخصص ۵ نفر از خبرگان در حوزه سلامت و تخصص ۳ نفر از خبرگان در حوزه سیاست‌گذاری (در حوزه محیط‌زیست) بوده است. نتایج پرسشنامه مربوط به تعیین وزن هر یک از شاخص‌های در جدول ۷ آورده شده است. نکته قابل توجه در مورد نتایج وزن‌دهی این است که بعد از شاخص محیط‌زیستی و شاخص سلامت که بیشترین وزن را هم از خبرگان داخلی و هم از خبرگان خارجی کسب کردند، از نظر اغلب خبرگان داخلی وزن شاخص اقتصادی بیشتر بوده و از نظر خبرگان خارجی، وزن شاخص اجتماعی؛ به طوری که اعطای وزن «متوسط» برای شاخص پذیرش اجتماعی از جانب خبرگان داخلی و اعطای وزن «متوسط» برای شاخص اقتصادی از جانب خبرگان خارجی در نتایج پرسشنامه‌ها دیده می‌شود.

بدین ترتیب، ملاحظه می‌شود شاخص سلامتی بیشترین وزن و اهمیت در تصمیم‌گیری را به خود اختصاص داده است و شاخص‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی به ترتیب جایگاه‌های دوم تا چهارم را کسب کرده‌اند. البته با توجه به اهمیت بالای هر چهار شاخص، وزن آن‌ها تفاوت معناداری با هم ندارند.

### ۳-۲- محاسبه ردپای آب رژیم‌های غذایی

با توجه به اعداد محاسبه‌شده در جدول ۳، ردپای آب مربوط به تولید هر چهار رژیم غذایی در جدول ۸ ملاحظه می‌شود. لازم به ذکر است با توسعه روش‌های آبی‌پروری نظیر پرورش ماهی در قفس (در دریا) و یا بهره‌گیری از روش‌های بازچرخانی آب یا کشت آکوپونیک که کشاورزی به همراه آبی‌پروری را میسر می‌سازد و دو محصول را می‌توان از طریق یک منبع تولید کرد، میزان ردپای آب آبی‌پروری را می‌توان به نصف رساند. تا جایی که در یکی از پروژه‌های کارگروه امنیت غذایی و تولید محصولات راهبردی برنامه اقتصاد مقاومتی، با عنوان «توسعه آبی‌پروری و پرورش ماهی در قفس در آب‌های شمال و جنوب کشور» ظرفیت تولید ماهی در قفس در کشور ۹۱۰ هزار تن برآورد شده است که دستیابی به ۲۰۰ هزار تن تا پایان برنامه ششم و ۴۰۰ هزار تن تا افق ۱۴۰۴ پیش‌بینی شده است (APERDRI, 2015). لذا، در محاسبه ردپای آب رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان به جای در نظر گرفتن ۴۲ درصد، تنها ۲۱ درصد از میزان تولید آبزیان برای محاسبه ردپای آب در نظر گرفته شد.

در جدول ۹ ردپای آب هریک از رژیم‌های غذایی برای کل کشور با احتساب جمعیت ۸۰ میلیونی ارائه شده است.

نتایج نشانگر این نکته است که رژیم غذایی فعلی بیشترین ردپای آب را به خود اختصاص داده و کم‌ترین ردپای آب مربوط به رژیم غذایی پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) به دلیل کاهش چشمگیر مصرف انواع گوشت است. همچنین، نظر به جایگزینی مصرف آبزیان با گوشت قرمز، ردپای آب رژیم مطلوب همراه با آبزیان کم‌تر از ردپای آب رژیم مطلوب وزارت بهداشت برآورد شده است.

Table 7- Determining the weight of criteria regarding questionnaire  
جدول ۷- تعیین وزن شاخص‌های به دست‌آمده از پرسشنامه

	Environmental Impacts of Dietary Pattern (such as Water Footprint)	Health of Dietary Pattern (such as Energy and Protein intake)	Economic Cost of Dietary Pattern	Public Acceptance (Culture and Taste of People)
Weight and Importance of each Criteria	4.413	4.765	4.118	3.882
Normalized Weight	0.2569	0.2774	0.2397	0.2260

**Table 8- Water footprint of each dietary patterns (per capita- m<sup>3</sup>)**  
جدول ۸- سرانه ردپای آب هریک از الگوهای غذایی (مترمکعب بر نفر)

Product	Reference				Alternative 1				Alternative 2				Alternative 3			
	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF
Wheat	276	149	41	466	162	87	24	273	162	87	24	273	218	118	32	368
Rice	26	98	14	137	21	80	11	112	21	80	11	112	11	41	6	57
Potato	2	13	2	16	1	7	1	9	1	7	1	9	1	11	1	14
Sugar	21	28	5	53	11	15	3	28	11	15	3	28	10	14	2	26
Veg. Oil	36	30	8	74	40	33	8	82	40	33	8	82	41	34	9	84
Vegetables	6	55	6	67	4	32	3	39	4	32	3	39	6	51	6	32
Fruits	17	151	8	131	15	91	7	112	15	91	7	112	6	37	3	46
Red Meat	129	48	30	181	216	81	5	302	108	40	3	151	53	20	1	75
Poultry	145	27	23	195	86	16	14	116	86	16	14	116	65	12	10	87
Egg	31	7	5	43	54	11	9	74	54	11	9	74	57	12	9	78
Milk	46	25	10	82	79	40	18	139	79	40	18	139	99	54	22	175
Pulses	6	39	10	55	8	52	13	73	8	52	13	73	7	47	12	66
Fish	7	16	1	25	4	10	1	15	7	15	1	23	4	8	1	13
Total	749	640	135	1525	701	557	116	1374	595	522	114	1232	579	458	114	1151

**Table 9- Water footprint of each dietary patterns (BCM)**  
جدول ۹- ردپای آب هریک از رژیم‌های غذایی برای کل کشور (میلیارد مترمکعب)

Dietary Pattern	Green WF	Blue WF	Grey WF	Total WF
Ref	60	51	11	122
Alternative 1	56	45	9	110
Alternative 2	48	42	9	99
Alternative 3	46	37	9	92

پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) به دلیل کاهش مصرف انواع گوشت است. همچنین، نظر به افزایش مصرف آبزیان در رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان، هزینه این رژیم بیشتر از رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت برآورد شده است.

### ۳-۵- ارزیابی پذیرش اجتماعی هریک از رژیم‌های غذایی

برای ارزیابی پذیرش اجتماعی هر یک از رژیم‌های غذایی از منظر فرهنگ و ذائقه، پرسشنامه اینترنتی در اختیار ۱۰۰ نفر از جامعه دانشگاهی قرار گرفت تا تخمین اولیه‌ای در این مورد زده شود. نتایج پرسشنامه اعدادی مابین ۱ تا ۵ بوده و عدد ۵ نشانگر بیشترین پذیرش اجتماعی و عدد ۱، نشانگر کمترین پذیرش اجتماعی است. فرض گردید که رژیم غذایی فعلی بالاترین امتیاز یعنی امتیاز ۵ را از منظر ذائقه و فرهنگ دارا است. البته باید توجه کرد که رژیم غذایی فعلی مورد بررسی در این مطالعه، رژیم مصرفی میانگین کل کشور بوده این درحالی است که رژیم غذایی قوم‌ها، اقلیم‌ها و اقشار مختلف جامعه متفاوت از یکدیگر بوده و استخراج هر یک، از محدودیت‌های این مطالعه محسوب می‌شود. همچنین رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت، رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان و رژیم غذایی پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) به ترتیب امتیازهای ۴/۲۹، ۴/۱۳ و ۳/۶۷ را به خود اختصاص دادند.

### ۳-۳- ارزیابی شاخص سلامتی هریک از رژیم‌های غذایی

نظر به رابطه ارائه‌شده مربوط به برآورد فاصله سلامتی هر رژیم با مقدار استاندارد دریافت انرژی، مقادیر مربوط به فاصله هریک از رژیم‌های غذایی با میزان استاندارد دریافت انرژی به ترتیب برای رژیم غذایی فعلی، رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت، رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان و رژیم غذایی پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020 عبارت‌اند از ۰/۲۱۰، ۰/۰۸۰، ۰/۰۸۰ و ۰/۰۹۲. این اعداد، بدون بعد بوده و بدیهی است که هرچقدر این فاصله کمتر باشد، در انتخاب رژیم غذایی مطلوب‌تر خواهد بود. نتایج نشانگر این نکته است که رژیم غذایی فعلی بیشترین فاصله با مقادیر استاندارد دریافت انرژی داشته و رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت و رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان کمترین فاصله را دارا هستند.

### ۳-۴- برآورد هزینه اقتصادی هریک از رژیم‌های غذایی

با احتساب مقادیر میانگین قیمت اقلام خوراکی از فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹، هزینه هریک از رژیم‌های غذایی محاسبه شد که در جدول ۱۰ ملاحظه می‌شود.

نتایج نشانگر این نکته است که رژیم غذایی فعلی بیشترین هزینه را به خود اختصاص داده و کمترین هزینه مربوط به رژیم غذایی

**Table 10- Cost of each dietary patterns (Annual per capita- One thousand Tomans)**

جدول ۱۰- سرانه هزینه اقتصادی هر یک از رژیم‌های غذایی (هزار تومان در سال)

Product	Ref	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
Bread	203	167	167	225
Rice	545	444	444	228
Potato	163	84	84	134
Sugar	149	78	78	73
Veg. Oil	90	99	99	101
Vegetables	700	408	408	652
Fruits	829	713	713	289
Red Meat	538	899	449	222
Poultry	286	170	170	127
Egg	65	112	112	118
Milk (Dairy)	464	787	787	994
Pulses	87	116	116	104
Fish	545	324	1022	278
<b>Total (Million Toman)</b>	<b>4.65</b>	<b>4.35</b>	<b>4.60</b>	<b>3.50</b>

### ۳-۶- جمع‌بندی شاخص‌های تصمیم‌گیری

بدین ترتیب مقادیر مربوط به هریک از شاخص‌های هر چهار رژیم غذایی برآورد شد که در این مرحله می‌توان به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی، رژیم غذایی منتخب را برگزید. اطلاعات مربوط به شاخص‌های هریک از رژیم‌های غذایی به‌همراه مقادیر نرمال‌سازی در جدول ۱۱ ارائه شده است.

### ۳-۷- نتایج تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی

نظر به اینکه هریک از رژیم‌های غذایی مورد بررسی در مطالعه، در برخی از شاخص‌ها امتیاز خوبی کسب کردند و در برخی از شاخص‌ها وضعیت نامطلوب داشتند به کمک ابزار تصمیم‌گیری چندشاخصه رژیم غذایی مطلوب‌تر معرفی گردید. رتبه‌بندی گزینه‌ها به کمک روش‌های مختلف به‌صورت جامع و کامل و همچنین نتایج تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی به‌ترتیب در جدول ۱۲ و شکل ۳ ارائه شده‌اند.

نتایج نشانگر این نکته است که رژیم غذایی پیشنهادی Mirzaei et al. (2020) به دلیل کاهش چشمگیر مصرف انواع گوشت، از پذیرش اجتماعی کمتری برخوردار است. همچنین بالا رفتن مصرف آزیان در رژیم غذایی مطلوب همراه با آزیان منجر به کاهش مقبولیت اجتماعی نسبت به رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت شده است. نتیجه مهم دیگر این ارزیابی که در آن برای هر یک از رژیم‌های غذایی از دو سؤال بهره گرفته شده بود، این نکته است که حدود ۳۰ درصد از پاسخ‌دهندگان، بعد از اطلاع یافتن از تأثیر تغییر رژیم غذایی بر سلامتی افراد و حفظ محیط‌زیست، نظر مخالف یا نسبتاً مخالف خود را به موافق یا نسبتاً موافق تغییر دادند. این نتیجه، لزوم به‌کارگیری اقدامات ترویجی در کنار طراحی و توجه به رژیم‌های غذایی جایگزین را دوچندان می‌سازد. البته به دلیل محدودیت‌های مطالعه، جامعه آماری ۱۰۰ نفر از جامعه دانشگاهی بوده و تأثیر ۳۰ درصدی را نمی‌توان به عموم جامعه تعمیم داد و نیاز به اقدامات ترویجی جدی احساس می‌شود.

**Table 11- Evaluation of dietary patterns according to criteria (With normalized values)**

جدول ۱۱- ارزیابی رژیم‌های غذایی نسبت به شاخص‌ها (به‌همراه مقادیر نرمال‌سازی شده)

Dietary Pattern	Total WF (annual per capita- m <sup>3</sup> ) (negative criteria)	Distance from Standard	Cost	Public
		Energy Intake (dimensionless) (negative criteria)	(annual per capita- million toman) (negative criteria)	Acceptance (positive criteria)
Weight of Criteria	4.413 (0.2569)	4.765 (0.2774)	4.118 (0.2397)	3.882 (0.2260)
Reference	1525 (0.754)	0.210 (0.380)	4.65 (0.753)	5 (1)
Alternative 1	1374 (0.837)	0.080 (1)	4.35 (0.804)	4.29 (0.858)
Alternative 2	1231 (0.934)	0.080 (1)	4.60 (0.760)	4.13 (0.826)
Alternative 3	1150 (1)	0.092 (0.869)	3.50 (1)	3.67 (0.734)



Table 12- Comprehensive ranking of dietary patterns in different multi-criteria group decision making

جدول ۱۲- رتبه‌بندی جامع و کامل رژیم‌های غذایی در روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی

Dietary Pattern	OWA (F)								
	SAW (S <sub>i</sub> )	TOPSIS (C <sub>i</sub> <sup>+</sup> )	All of them (α → ∞)	Most of them (α = 10)	Many of them (α = 2)	Half of them (α = 1)	Some of them (α = 0.5)	Few of them (α = 0.1)	At least one of them (α → 0)
Reference	4	4	4	4	4	4	4	4	1
Alternative 1	3	2	1	1	2	3	3	3	1
Alternative 2	2	3	2	2	3	2	2	2	1
Alternative 3	1	1	3	3	1	1	1	1	1

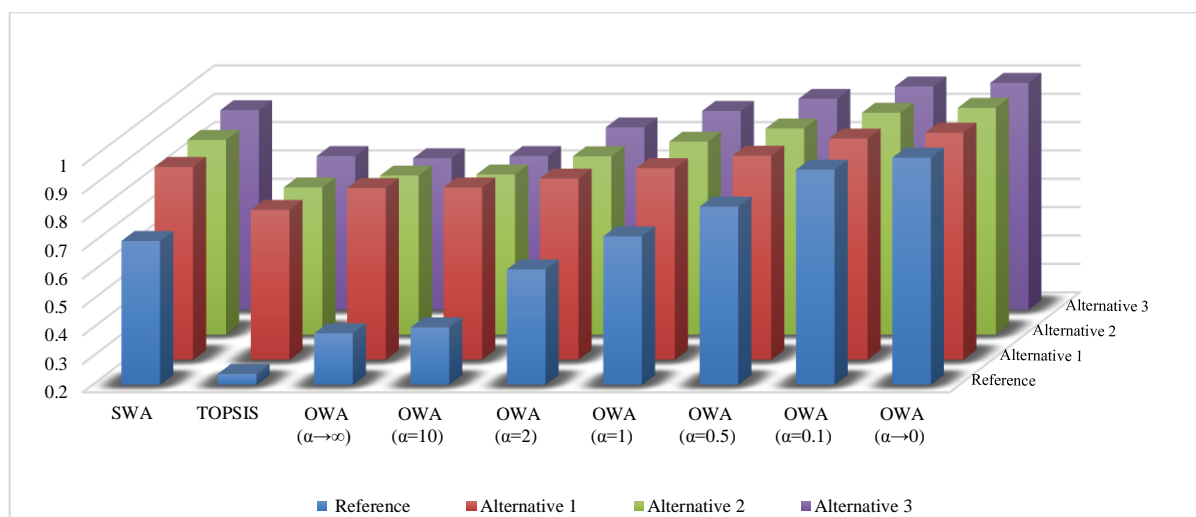


Fig. 3- Results obtained from different multi-criteria group decision making

شکل ۳- نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی

کسب کرده است و نسبت به رژیم مطلوب وزارت بهداشت در رتبه‌های کسب کرده نوسان بیشتری دارد. به همین علت، در کمیت‌سنج‌های  $(\alpha = 10)$  و  $(\alpha \rightarrow \infty)$  که ریسک‌پذیری تصمیم‌گیری کم است، رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت در جایگاه بهتری قرار گرفته است؛

۴- به طور کلی با توجه به اینکه هر یک از رژیم‌های غذایی جایگزین، حداقل یکی از بیشترین امتیازهای مربوط به شاخص‌های تصمیم‌گیری را به خود اختصاص داده‌اند، اختلاف فاحشی در امتیازهای هر یک از رژیم‌ها در روش‌های مختلف تصمیم‌گیری وجود ندارد. لازم به ذکر است در حالت بدبینی تصمیم‌گیران در عملگر میانگین وزنی مرتب یعنی حالات  $(\alpha \rightarrow \infty)$  و  $(\alpha = 10)$  امتیازهای مربوط به رژیم‌های غذایی اختلاف بیشتری نسبت به سایر حالات این عملگر دارند؛

۵- در حالت  $\alpha \rightarrow 0$  که مبین حالت خوشبینی تصمیم‌گیران است، همه رژیم‌های غذایی به یک اندازه مطلوب و قابل قبول هستند؛

۶- با تحلیل بر روی نتایج و رتبه‌بندی، به طور کلی رژیم غذایی

باملاحظه رتبه‌بندی و امتیاز رژیم‌های غذایی در جدول و شکل فوق، نتایج ذیل حاصل می‌شود:

- ۱- مشخص شد در تمامی روش‌ها، رژیم غذایی فعلی به عنوان کم‌امتیازترین رژیم است که این نکته لزوم تغییر رژیم غذایی در کشور را تبیین می‌کند؛
- ۲- طبق تعریف، در حالت استفاده از کمیت‌سنج «نصف شاخص‌ها» که  $\alpha = 1$  است و مبین حالت خنثی در دیدگاه ریسک‌پذیری/ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر است، عملگر میانگین وزنی مرتب مانند میانگین وزنی ساده عمل می‌کند (Zarghami and Ehsani, 2011). این نکته در نتایج حاصل شده قابل ملاحظه است؛
- ۳- رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت در شاخص سلامتی رتبه اول، در شاخص‌های اقتصادی و پذیرش اجتماعی رتبه دوم و در شاخص محیط‌زیستی، رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. در حالی که رژیم غذایی پیشنهادی (Mirzaei et al. 2020) در شاخص سلامتی رتبه سوم، در شاخص پذیرش اجتماعی رتبه چهارم و در شاخص‌های محیط‌زیستی و اقتصادی رتبه اول را

نتایج حاصل در مقایسه با حالت قبلی که رتبه‌بندی رژیم‌های غذایی با احتساب مقادیر میانگین بود، حاکی از آن نکته است که تنها رتبه رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت و رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزبان در روش‌های تصمیم‌گیری میانگین وزنی ساده و حالت خنثی ( $\alpha = 1$ ) روش میانگین وزنی مرتب جابجا گردیده و همچنان رژیم پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020)، بالاترین رتبه و رژیم غذایی فعلی، پایین‌ترین رتبه را از نگاه خبرگان مورد پرسش این پژوهش به خود اختصاص داده‌اند. بدین ترتیب، درحالی‌که در مرحله اول، رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت و رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزبان دارای رتبه برابر و در جایگاه دوم بودند، با لحاظ عدم قطعیت‌ها رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت با اختلاف جزئی پیشی گرفته و به‌تنهایی در رتبه دوم قرار می‌گیرد.

پیشنهادی (Mirzaei et al. (2020) به‌عنوان گزینه مطلوب‌تر معرفی می‌شود؛

۷- رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت و رژیم مطلوب همراه با آبزبان (پیشنهادی در این مطالعه) دارای رتبه برابری هستند.

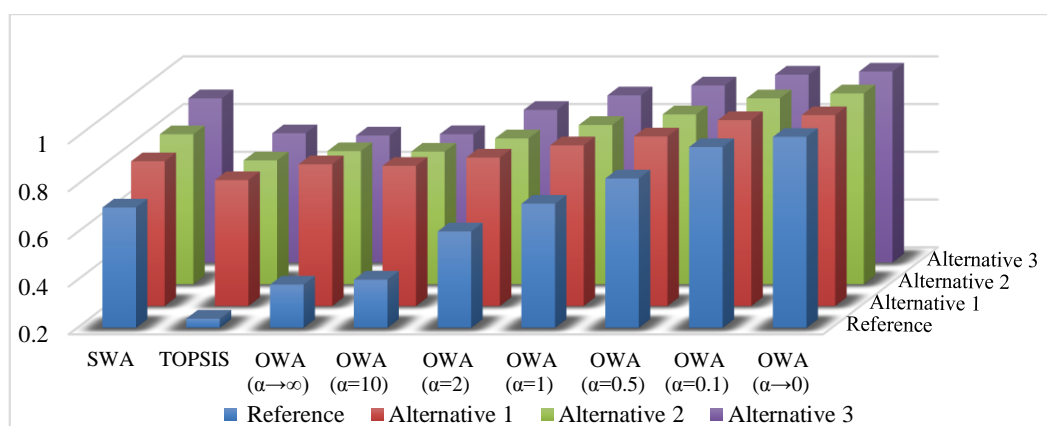
### ۳-۸ - تحلیل عدم قطعیت

با توجه به اینکه در مرحله اول، محاسبات بر پایه مقادیر میانگین مربوط به داده‌های ردپای آب و قیمت اقلام خوراکی انجام گردید، در این بخش به بررسی نتایج محاسبات با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های داده‌های مذکور پرداخته می‌شود که در جدول ۱۳ و شکل ۴ قابل ملاحظه است.

**Table 13- Comprehensive ranking of dietary patterns in different multi-criteria group decision making with uncertainty (Considering  $\beta = 1$ )**

جدول ۱۳- رتبه‌بندی جامع و کامل رژیم‌های غذایی در روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی با لحاظ عدم قطعیت (با احتساب ضریب اهمیت واریانس  $\beta = 1$ )

Dietary Pattern	OWA (F)								
	SAW ( $S_i$ )	TOP SIS ( $C_i$ )	All of them ( $\alpha \rightarrow \infty$ )	Most of them ( $\alpha = 10$ )	Many of them ( $\alpha = 2$ )	Half of them ( $\alpha = 1$ )	Some of them ( $\alpha = 0.5$ )	Few of them ( $\alpha = 0.1$ )	At least one of them ( $\alpha \rightarrow 0$ )
Reference	4	4	4	4	4	4	4	4	1
Alternative 1	2	2	1	1	2	2	3	3	1
Alternative 2	3	3	2	2	3	3	2	2	1
Alternative 3	1	1	3	3	1	1	1	1	1



**Fig. 4- Results obtained from different multi-criteria group decision making with uncertainty (Considering  $\beta = 1$ )**

شکل ۴- نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی با لحاظ عدم قطعیت (با احتساب ضریب اهمیت واریانس  $\beta = 1$ )

#### ۴- جمع‌بندی

فرض خودکفایی ۶۵ درصدی در تولید محصولات، جایگزینی این رژیم غذایی منجر به کاهش بیش از ۹ میلیارد مترمکعبی مصرف آب (ردپای آب آبی) خواهد شد.

راهکارهایی نظیر کاهش مصرف گوشت قرمز و افزایش سهم آبزیان در رژیم غذایی که منجر به ارتقای سلامت و کاهش فشار بر منابع طبیعی می‌شود، معمولاً از پذیرش اجتماعی خوبی برخوردار نیستند. لذا، باید اقدامات ترویجی متناسب با نیاز جامعه در کنار طراحی رژیم‌های غذایی سالم و پایدار موردتوجه قرار گیرد. نمونه کوچک این تأثیر، در پرسشنامه توزیع شده در این مطالعه بین ۱۰۰ نفر از جامعه دانشگاهی و موافقت آن‌ها با تغییر رژیم غذایی بعد از اطلاع از اهمیت این تغییر بر سلامتی افراد و محیط‌زیست، قابل مشاهده است. البته در راستای تعمیم این تأثیر به عموم جامعه باید سیاست‌ها و راهکارهای جدی‌تری اتخاذ شود.

در نهایت، لازم به ذکر است مهم‌ترین نکته، لزوم تغییر رژیم غذایی فعلی بوده و سه رژیم جایگزین موردبررسی در این مطالعه صرفاً به‌عنوان مثال‌هایی برای ارزیابی آورده شدند. پیشنهاد می‌شود ناظر بر نشست هم‌اندیشی «تدوین برنامه اقدام مشترک برای خوداتکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب به کمک شورای عالی آب» (Secretariat of the Supreme Water Council, 2019) شورای عالی سلامت به کمک سایر نهادهای بالادستی در تدوین چهارمین رژیم غذایی مطلوب، ضمن تدقیق آمار و اطلاعات، در کنار مسائل سلامتی، به پایداری و حفظ محیط‌زیست نیز توجه داشته باشند که هر دو مورد از مؤلفه‌های اصلی تحقق امنیت غذایی در کشور محسوب می‌شوند. همچنین این نیاز احساس می‌شود که رژیم غذایی مطلوب معرفی شده باید به‌عنوان سند بالادستی در کشور تلقی گردد و دستگاه‌های ذی‌ربط به پرداختن به الزامات اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی ترویج آن رژیم در جامعه ملزم شوند. بعلاوه، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، علاوه بر هم‌بست آب و غذا، بخش انرژی نیز موردتوجه قرار گیرد. همچنین، در شاخص محیط‌زیستی و پایداری، سایر زیرشاخص‌ها نظیر ردپای کربن و ردپای اکولوژیک مورد ارزیابی قرار گیرند. بعلاوه، بهتر است پراکندگی قومی، اجتماعی و به تبع آن ذائقه‌ای جوامع مختلف در کشور در تدوین رژیم غذایی مطلوب مورد توجه قرار گیرد.

#### پی‌نوشت‌ها

- 1- FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations
- 2- Availability
- 3- Access
- 4- Utilization

در این مطالعه، رژیم غذایی فعلی با سه رژیم غذایی جایگزین با در نظر گرفتن چهار شاخص محیط‌زیستی (ردپای آب)، سلامتی (میزان انرژی و پروتئین دریافتی از رژیم)، هزینه اقتصادی رژیم برای خانوار و پذیرش اجتماعی رژیم (از منظر ذائقه و فرهنگ) به کمک ابزار تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی، مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین عدم قطعیت داده‌های مربوط به ردپای آب و قیمت اقلام خوراکی به کمک قضیه حد مرکزی و با ایجاد اعداد تصادفی بین مقادیر حداقل و حداکثر هر کدام لحاظ گردید. رژیم‌های غذایی جایگزین موردبررسی عبارت‌اند از رژیم غذایی مطلوب جامعه ایرانی وزارت بهداشت که باهدف ارتقای سلامت جامعه در سال ۱۳۹۲ منتشر شده است، رژیم غذایی پیشنهادی Mirzaei et al. (2020) که باهدف ارتقای سلامت و کاهش مصرف آب در سال ۱۳۹۹ معرفی شده است و رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت همراه با افزایش سهم آبزیان که در این مطالعه پیشنهاد شده است. نتایج زیر از تحقیق قابل‌ارائه هستند:

رژیم غذایی فعلی از هر سه رژیم جایگزین موردبررسی وضعیت بدتری از منظر شاخص‌های مورد مطالعه داشته و این موضوع اهمیت بالای لزوم تغییر رژیم غذایی در کشور را بیان می‌کند چراکه رژیم فعلی هم از منظر سلامتی، هم از منظر محیط‌زیستی و هم از منظر اقتصادی که از مؤلفه‌های اصلی امنیت غذایی به حساب می‌آیند، از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست؛

رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت به همراه رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان، بالاترین امتیاز سلامتی را دارا هستند. همچنین رژیم غذایی مطلوب وزارت بهداشت بعد از رژیم غذایی فعلی، بالاترین امتیاز پذیرش اجتماعی را به خود اختصاص داده است؛ اما این رژیم به دلیل بالا بودن گوشت قرمز آن، ردپای آب بالایی دارد؛

رژیم غذایی مطلوب همراه با آبزیان به دلیل پایین بودن مصرف گوشت قرمز در آن و جایگزینی با مصرف آبزیان، ردپای آب کمتری نسبت به رژیم غذایی مطلب وزارت بهداشت دارد اما به همان دلیل، از پذیرش اجتماعی پایینی برخوردار است و هزینه اقتصادی آن بالاست؛ رژیم غذایی پیشنهادی Mirzaei et al. (2020) به دلیل کاهش چشمگیر مصرف انواع گوشت در آن، بالاترین امتیاز ردپای آب و هزینه اقتصادی را به خود اختصاص داده است اما به همان دلیل از پذیرش اجتماعی کمتری برخوردار است؛

به‌طور کلی و جامع، به کمک روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه، رژیم غذایی Mirzaei et al. (2020) به‌عنوان رژیم غذایی مطلوب‌تر در مقایسه با سه رژیم مورد مطالعه در این پژوهش شناسایی شد که نیاز آب آبی برای تولید اقلام این رژیم غذایی نسبت به رژیم فعلی ۱۴ میلیارد مترمکعب کمتر بوده و در شرایط فعلی و با

- FAO (2014) The water-energy-food nexus; A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Technical Report
- FAO STAT (2019) Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- García S, Green R, Scheelbeek P, Harris F, Dangour A (2020) Dietary recommendations in Spain affordability and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production* 254:1-14
- Gephart J, Davis K, Emery K, Leach A, Galloway J, Pace M (2016) The environmental cost of subsistence: Optimizing diets to minimize footprints. *Science of The Total Environment* 553:120-127
- Hoekstra AY, Chapagin AK, Aldaya MM, Mekonnen MM (2009) The water footprint assessment manual. Earthscan Press, 228p
- Iran Fisheries Organization (2017) Statistical Yearbook (2011-2015). Technical Report (In Persian)
- Islamic-Iranian models of progress (2015) Experiences of countries in food security, water management and environmental protection and natural resources. Technical Report (In Persian)
- Islamic Parliament Research Center (2015) The role of strategic water technologies document in solving the challenges of the country's water sector. Technical Report (In Persian)
- Islamic Parliament Research Center (2015) Water footprint account in some selected products: green, blue and gray water footprint in production and consumption. Technical Report (In Persian)
- Karandish F, Hoekstra AY (2017) Informing national food and water security policy through water footprint assessment: The case of Iran. *Water* 9(831):1-25
- Mekonnen M M, Hoekstra AY (2011) National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. In *Value of Water Research Report Series*
- Ministry of Agriculture and Forests of Bhutan (2010) Food security and food self-sufficiency in Bhutan. Technical Report
- Ministry of Agriculture -Jahad (2017) Agricultural statistics of the crop year (2015-2016). Technical Report (In Persian)
- Mirzaei F, Morid S, & Dehghanisanij H (2020) Reducing water footprints through healthy and reasonable changes in diet and imported products. *Sustainable Production and Consumption* 23:30-41
- Pahlow M, van Oel P, Mekonnen MM., Hoekstra AY (2015) Increasing pressure on freshwater resources
- 5- Well-being  
6- Stability  
7- Resilience  
8- Water Footprint  
9- Plant-based Food  
10- Seafood  
11- Livestock Products  
12- Southern European Atlantic Diet  
13- Ecological Footprint  
14- Food Balance Sheet  
15- Reference  
16- Recommended Dietary Allowances  
17- Reference Daily Intake  
18- Alternative  
19- Aquaculture  
20- Fishery  
21- Simple Weighted Averaging  
22- Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution  
23- Ordered Weighted Averaging  
24- Central Limit Theorem

## ۵- مراجع

- Abdi F, Atarodi Kashani Z, Mirmiran P, Estaki T (2015) Study and comparison of food consumption pattern in Iran and the world: a review article. *Journal of Fasa University of Medical Sciences* 2(5):159-167
- Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI) (2015) National program for upgrading the national production capacity. Technical Report (In Persian)
- Aleksandrowicz L, Green R, Joy E, Smith P, Haines A (2016) The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review. *Plos One Journal* 11(11):1-16
- Anbari M J, Cheraghi R, Zarghami M (2012) Comparison of cloud seeding methods with group Multi-Criteria Decision Making (MCDM). In: 9th International Congress on Civil Engineering, 8-10 May, University of Isfahan
- Cables Pérez E, García-Cascales M S, Lamata M (2008) The use of different norms in the TOPSIS decision making method. In: 8th International FLINS Conference 623- 628
- FAO (1996) World food summit. Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action, Rome, Italy
- FAO (2006) Food security policy brief. Technical Report

- Yager R (1988) On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 18:183-190
- Yager R (1996) Quantifier guided aggregation using OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems* 11(1):49-73
- Yin J, Yang D, Zhang X, Zhang Y, Cai T, Hao Y, Cui S, Chen Y (2020) Diet shift: Considering environment, health and food culture. *Journal of Science of The Total Environment* 719:1-13
- Zarghami M, Ehsani I (2011) Evaluation of different group multi-criteria decision making methods in selection of water transfer projects to Urmia Lake Basin. *Iran- Water Resources Research* 7(2):1-14 (In Persian)
- Zarghami M, Szidarovszky F (2011) *Multicriteria analysis. Applications to Water and Environment Management*, Springer Heidelberg Dordrecht London New York 172p
- Zarghami M, Szidarovszky F, Ardakanian R (2008) A fuzzy-stochastic OWA model for robust Multi-Criteria Decision Making. *Fuzzy Optimization & Decision Making* 7:1-15
- Zarghami M (2007) A revised ordered weighted operator under fuzzy and probabilistic uncertainties- An application in ranking the water resources development projects in Iran. PhD. Thesis, Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology (In Persian)
- due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Science of The Total Environment* 536:847-857
- Pourkazemi M and Soozandeh M (2009) Determination of food basket for various income groups by using fuzzy logic. *Journal of Economic Research* 87(2):53-74
- Salehi F, Abdollahi Z, Abdollahi M (2013) Good food basket for the Iranian community. Ministry of Health and Medical Education. Technical Report (In Persian)
- Searchinger T, Waite R, Hanson C, Ranganathan J, Dumas P, Matthews E (2019) World resources report: Creating a sustainable food future. Technical Report
- Secretariat of the Supreme Water Council (2019) Session on formulate a joint action plan for self-reliance of agricultural products and sustainability of water resources. Technical Report (In Persian)
- Sobhani SR, Rezazadeh A, Omidvar N, & Eini Zinab H (2019) Healthy diet: A step toward a sustainable diet by reducing water footprint. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(8):3769-3775
- Statistical Center of Iran (2020) Average prices of selected food items. Retrieved from <https://www.amar.org.ir>
- Vanham D, Mekonnen M M, Hoekstra A (2013) The water footprint of the EU for different diets. *Ecological Indicators* 32:1-8