نمایه

واکاوی طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به ناحیه‌های مرکزی ایران.
مسعود نوشادی و علیرضا سپاسخواه ۱۲۳
بررسی راهکارهای اصلاح نژادی در افزایش بهره‌وری گله‌های گاو شیری.
محمد تاجیک خواری و محسن قلی زاده ۱۴۱
واکاوی مفهوم‌ها و مضمون‌های معنویت محیط‌زیستی.
بیت الله محمودی ۱۵۵
رویکردی نوآورانه برای تغذیه پایدار طیور و اقتصاد چرخشی با بهره‌گیری از حشره‌های خوراکی.
میترا ملائی‌پروری، علیرضا زهرائی رمضانی، سید داود شریفی و مصطفی صوفی‌زاده ۱۶۵
نقش امنیت غذایی و توسعه پایدار کشاورزی بر تاب‌آوری در برابر تنش‌های جغرافیای سیاسی و جنگ.
امیرحسین خوشگفتارمنش و بتول احمدی اسکندری ۱۸۵
نظام نوآوری کشاورزی و چالش‌های آن در ایران.
اسکندر زند، جهانفر دانشیان، کامبیز بازرگان، غلامعلی منتظر و سید محمد علی ابراهیم زاده موسوی ۲۰۱
واکاوی وضعیت فرسایش خندقی در ایران و ارتباط آن با تغییر کاربری زمین در بیست و پنج سال گذشته.
علی‌اکبر نظری‌سامانی، زهرا عبداله‌پور و محمود عرب‌خدری ۲۲۵
ارزیابی نقش تاج‌پوشش در احیای جنگل‌های بلوط زاگرس بر پایه الگوی استقرار زادآوری طبیعی.
احمد حسینی ۲۳۹

پیوست‌ها

بیانیه‌های همایش‌های برگزار شده در گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۲۵۱

راهنمای نویسندگان

مجله پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی

مجله پژوهش‌های راهبردی علوم کشاورزی و منابع طبیعی مقاله‌های زیر را منتشر می‌کند: **(الف)** یافته‌های پژوهش‌های راهبردی کلان کشور در زمینه‌های علوم کشاورزی و منابع طبیعی، **(ب)** مقاله‌های واکاوی یا رهیافتی درباره یکی از چالش‌های کلی علوم کشاورزی و منابع طبیعی کشور، **(پ)** مقاله‌های دعوتی از صاحبنظران درباره چالش‌ها و دشواری‌های مهم کشور یا موضوعی ویژه، در زمینه‌های علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

از نویسندگان محترم تقاضا می شود برای آسانی فرایند رسیدگی به مقاله ارسالی، نکته های زیر را به دقت رعایت فرمایید:

اصول اخلاقی مجله

نویسنده یا نویسندگان موظفند پیش از ارسال مقاله اصول اخلاقی مجله را به دقت خوانده و فرم تعهدنامه را که در سایت مجله آمده است، تکمیل و امضا نمایند.

طرح کلی مقاله‌ها

مقاله‌ها به طور معمول نبایستی از ۲۰ صفحه بیشتر شود. لازم است نویسندگان مقاله‌ها استانداردهای زیر را رعایت کنند: هر مقاله باید به صورت اینترنتی با **نرم افزار Office 2007 یا بالاتر در Windows XP** یا **Windows 7** در فارسی با قلم ۱۲ BNazanin و در انگلیسی با قلم ۱۰ Times New Roman و با فاصله خط‌ها ۱/۱۵ تهیه و به نشانی **http://srj.asnr.ias.ac.ir** ارسال شود. در نگارش مقاله‌ها توصیه می‌شود که تا حد امکان از به کار بردن واژه‌های بیگانه پرهیز شده، نام‌ها و واژه‌های علمی، مواد و سایر اصطلاح‌های خارجی، همچنین معادل واژه‌های جدید فارسی، با گذاشتن شماره در بالا و سمت چپ این واژه‌ها، خواننده به زیرنویس همان صفحه که در آن‌جا واژه مورد نظر نوشته شده است، هدایت شود. به کارگیری واژه‌های مصوب **فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران** که در **فرهنگ‌های نوین کشاورزی و منابع طبیعی** برای هر رشته کشاورزی و منابع طبیعی آمده‌اند، ضروری است. مسئولیت کامل نظرهای ابراز شده در مقاله‌ها و نیز رعایت حق مؤلفین و پژوهشگران به عهده نویسنده(گان) مقاله می‌باشد. بخش‌های مختلف مقاله‌های پژوهشی باید به صورت زیر، تهیه شوند و در مورد مقاله‌های مروری یا واکاوی، باید تا حد ممکن، به این تقسیم‌بندی توجه شود:

شناسه مقاله

لازم است به همراه هر مقاله یک صفحه که در برگیرنده عنوان مقاله، نام و نام‌خانوادگی و مرتبه علمی نویسنده یا نویسندگان مقاله، نام و نشانی مؤسسه‌ای که نویسنده یا نویسندگان در آن‌جا اشتغال دارند و نام محلی که پژوهش مورد نظر در آن‌جا صورت گرفته است، همراه با شماره تلفن و پست الکترونیکی ارسال گردد.

عنوان مقاله

عنوان مقاله باید نشانگر محتوای مقاله بوده، ساده و به راحتی قابل درک باشد. همچنین عنوان مقاله نباید بیش از ۲۰ واژه باشد.

چکیده فارسی

چکیده فارسی مقاله باید دستکم ۱۵۰ تا بیشینه ۲۵۰ واژه و بیانگر مسئله، هدف، روش و نتایج پژوهش باشد. از آن‌جا که بیشتر خوانندگان تنها به چکیده مقاله دسترسی دارند، لازم است که این قسمت از مقاله با دقت کافی و روان نوشته شود.

چکیده هر مقاله ممکن است توسط مرکزها و مؤسسه‌های خدمت رسانی اطلاعات و منابع علمی، منتشر شود. به ویژه در مورد مقاله های مروری لازم است در پایان چکیده یک نتیجه گیری کلی آورده شود.

واژه‌های کلیدی

پس از چکیده، ۳ تا ۵ واژه کلیدی آورده شود. توصیه می‌شود که تا حد ممکن، از به کار بردن واژه‌هایی که در عنوان مقاله آورده شده، در واژه‌های کلیدی پرهیز شود.

مقدمه

در این بخش باید مقاله‌های پژوهشی موضوع مورد بحث یا پژوهش معرفی شده، فرضیه مورد نظر تعریف، به اهم کارهای پژوهشی انجام شده پیشین اشاره، زمینه لزوم پژوهش مورد نظر تشریح و هدف بررسی مشخص شود. در مورد مقاله های مروری لازم است به پژوهش های مهم انجام شده، اشاره شود و در پایان واکاوی و نتیجه‌گیری شود. هدف اصلی این بخش این است که اطلاعات کافی قبلی درباره موضوع مورد بحث یا پژوهش داده شود که خواننده بتواند نتایج را درک کرده و آن‌ها را نسبت به کارهای قبلی انجام شده، بدون بررسی منابع اصلی، مقایسه و ارزیابی نماید. **لازم است در تمام مقاله‌ها، استناد به منابع علمی بر اساس شیوه‌نامه APA نوشته شوند که نسخه‌ای از آن در سایت مجله موجود است و چکیده‌ای از آن در پایان این راهنمای نویسندگان آمده است.**

مواد و روش‌ها

در این قسمت در مقاله‌های پژوهشی باید شرح دقیق و کامل تیمارها، طرح آزمایشی و مواد و روش‌های مورد استفاده در اجرای پژوهش آورده شود. در صورتی‌که از روش‌های متداول منتشر شده استفاده می‌شود از شرح آن‌ها خودداری گردد و تنها به بیان منبع بسنده گردد، اما اگر از روش جدیدی استفاده شده است، شرح کامل آن روش ضرورت دارد. در مورد تغییرهای ایجاد شده در روش‌های متداول قبلی هم تنها به شرح تغییرها پرداخته شود. هدف از این بخش این است که اطلاعات کافی در اختیار پژوهشگران دیگری که علاقمند به تکرار چنین آزمایش‌هایی هستند قرار داده شود. درباره مواد استفاده شده باید نام‌های دقیق علمی و تجاری و منبع یا روش تهیه آن‌ها نوشته شود. در مورد مقاله‌های مروری نیز لازم است که پژوهش‌های مهم پیشین به گونه‌ای آورده شوند که موضوع موردنظر به خوبی بیان شود. نام‌های علمی همراه با خلاصه نام نامگذارنده انواع گیاهان، جانوران و مانند این‌ها، باید به طور دقیق آورده و زیرنویس شوند.

نتایج

نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند به صورت جدول و شکل ارائه گردد. برخی از نتایج ساده را می‌توان در داخل متن و بدون ارائه جدول یا شکل ارائه نمود. جدول‌ها و شکل‌ها در بخش نتایج باید به طور کامل روشن و به راحتی قابل درک و بیانگر واقعی داده‌های حاصل از پژوهش باشند. شماره‌های ارائه شده در جدول‌ها یا شکل‌ها نباید در این بخش، بحث و تفسیر شوند، بلکه تنها به بیان یافته‌های اساسی بسنده گردد. همچنین لازم است این شماره ها در جدول‌ها یا شکل‌ها به فارسی آورده شوند. نتایج ارائه شده نباید به صورت جدول، منحنی یا متن نوشتاری تکرار گردد. هر جدول یا شکل باید دارای عنوان مشخص به صورت وسط‌چین باشد. عنوان باید تا حد ممکن کوتاه، واضح و بیانگر محتوای جدول و شکل مربوطه باشد. برای نوشتن عنوان جدول (یا شکل) باید پس از واژه جدول (یا شکل)، شماره آن و سپس یک خط تیره و بعد از آن عنوان جدول (یا شکل)، نوشته شود. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به آن ستون باشد، مگر این که تمام ستون‌ها دارای واحد یکسان باشند که در این صورت باید واحد مربوط را در عنوان جدول آورد. برای بیان توضیح‌های اضافی درباره هر جدول می‌توان به ترتیب از نشانه‌های اختصاری †، ††، ††† در متن جدول استفاده کرد و با نشان دادن آن‌ها در زیر جدول

و ارائه توضیح، اطلاعات لازم را در اختیار خواننده قرار داد. شکل‌های رایانه‌ای، ترسیمی و تصویرها باید به طورکامل واضح و در صورت لزوم دارای واحد باشند و عنوان هر یک در زیر آن‌ها نوشته شود.

بحث

در این بخش، در مورد مقاله‌های پژوهشی نتایج ارائه شده مورد واکاوی و تفسیر قرار گرفته، توجه خواننده به موضوع اصلی پژوهش، فرضیه(های) مطرح شده در بخش مقدمه و نتایج به دست آمده از این پژوهش جلب می‌شود. در این قسمت می‌توان رابطه‌ها بین عامل‌های تاثیرگذار در پژوهش و یا کاستی‌های مشاهده شده در این رابطه‌ها و در نهایت زمینه‌هایی که نیاز به پژوهش بیشتری دارند را برشمرد. تا حد ممکن بایستی موارد اتفاق نظر و یا اختلاف نتایج این پژوهش با پژوهش‌های دیگر در این زمینه، بررسی شوند و سرانجام، کاربردهای عملی و تئوری نتایج پژوهش انجام شده و نتیجه‌گیری اساسی از آن ارائه شود. در مقاله های مروری لازم است قسمت بحث و نتیجه‌گیری همراه شوند و کاستی‌ها و برتری‌های پژوهش‌های انجام شده، واکاوی، بحث و نتیجه‌گیری شوند.

نتیجه‌گیری

در مقاله‌های پژوهشی در صورت لزوم، بخشی به نام نتیجه‌گیری می‌تواند در پایان مقاله آورده شود که نتایج اصلی مقاله را به طور مختصر ارائه می‌کند. به ویژه در مورد مقاله‌های مروری لازم است یک نتیجه‌گیری کلی توسط نویسنده یا نویسندگان، در پایان مقاله آورده شود.

سپاسگزاری

نویسنده(گان) می‌توانند از اشخاص، سازمان‌ها، نهادها و یا هر فرد حقیقی یا حقوقی که امکان اجرای پژوهش مانند تامین بودجه، وسیله‌های آزمایشگاهی، صحرائی و مانند این‌ها را فراهم نموده‌اند و یا در اجرای آن کمک کرده‌اند، تشکر و قدردانی نمایند. توصیه می‌شود این قسمت تا حد ممکن کوتاه و بیشینه ۵۰ واژه باشد.

منابع

منابع مورد استفاده باید دربرگیرنده جدیدترین اطلاعات در زمینه کار مورد نظر باشد. از آوردن منابع خیلی قدیمی پرهیز شود. منابع مورد استفاده در پایان مقاله، باید بر اساس شیوه‌نامه APA نوشته شوند که چکیده‌ای از آن در پایان این راهنمای نویسندگان آمده است. منابعی مجاز به ارائه در این بخش هستند که به صورت کتاب چاپ شده، مقاله یا مقاله کوتاه، چاپ یا پذیرفته شده در مجله‌های مختلف باشند و از راه کتابخانه‌ها یا اینترنت، بتوانند در دسترس قرار گیرند. لازم است به کلیه منابع فارسی و لاتین در متن اشاره شده و در لیست منابع، ابتدا منابع فارسی و سپس منابع لاتین آورده شوند. در صورتی که از یک نویسنده بیش از یک مقاله استفاده شده باشد باید مقاله‌های آن نویسنده بر حسب دوره زمانی افزایشی شماره‌گذاری شود. در صورتی که یک نویسنده مقاله‌هایی مستقل و مشترک با سایر نویسندگان داشته باشد، ابتدا مقاله‌هایی مستقل وی و سپس مقاله‌های مشترک او به ترتیب حروف الفبای نام فامیل نفرهای بعدی و دوره انتشار، نوشته می‌شوند.

چکیده انگلیسی

ترجمه صحیحی که بیانگر پژوهش یا موضوع موردنظر در مقاله‌های مروری باشد و تا حد ممکن با چکیده فارسی برابری کند، باید به انگلیسی ارائه شود.

فرایند داوری مقاله‌ها

هر مقاله بدون نام نویسنده و به صورت محرمانه، به دستکم ۳ داور در رشته تخصصی مربوط ارسال می‌شود و در صورت نظر مثبت ۲ داور برای تصویب در شورای دبیران، مطرح می شود. تصمیم نهایی درباره رد یا پذیرفتن و نیز هر گونه ویرایش

لازم در مقاله‌ها برای شورای دبیران محفوظ است. هر مقاله که توسط داوران پذیرفته می شود، برای بازنگری نخستین به نویسنده ارسال می شود. مقاله بازنگری شده، ابتدا به ویراستار فنی ارسال می‌شود و پس از طرح در شورای دبیران در صورت پذیرش توسط ویراستار ادبی بررسی شده و برای بازنگری دومین، برای نویسنده، نسخه پیش چاپ ارسال می شود.

دیگر نکته ها

۱- به منظور بهبود کیفیت مقاله و رفع اشتباه‌های احتمالی توصیه می‌شود که نگارندگان پیش از ارسال مقاله به این مجله، از همکاران صلاحیتدار خود تقاضا نمایند که آن را مطالعه نموده و کاستی‌های احتمالی را گوشزد کنند.

۲- در مورد مقاله‌های پذیرفته نشده، نظر داور یا داوران برای نویسنده یا نویسندگان ارسال خواهد شد.

۳- چاپ مقاله در این مجله رایگان است. همچنین خوانندگان مقاله های مجله می توانند، مقاله موردنظر خود را در صورت نیاز، به صورت رایگان دریافت دارند.

چکیده‌ای برگرفته از استناد شیوه‌نامه APA ویرایش ششم نسخه ۲

نمونه مقاله علمی فارسی

در متن: (جعفری، ۱۳۸۹)

در فهرست منابع: جعفری، علی. (۱۳۸۹). اندیشه‌های پیتر بوردیو. *مطالعات جامعه‌شناختی*، ۱۷ (۷)، ۲۵-۴۸.

نمونه مقاله علمی انگلیسی

در متن:

(Waughray & Workman, 2011)

در فهرست منابع:

Waughray, D. & Workman, J.G.J. (2011). Water security: the water-food-energy-climate nexus: the World Economic Forum water initiative. *Environmental Science, Economics, Political Science* DOI:10.5860/choice.49-1001 Corpus ID: 128220209.

نمونه مقاله اینترنتی فارسی

در متن: (خسروجردی، ۱۳۹۱)

در فهرست منابع: خسروجردی، محمود. (۱۳۹۱). ترسیم میان رشتگی در پژوهش های علم‌سنجی. پردازش و مدیریت اطلاعات، دوره ۲۸، شماره ۲، صص. ۳۹۳- ۴۰۹. بازیابی شده در ۱۰ آذر ۱۳۹۲، از

http://pubj.ricest.ac.ir/ojs/index.php/code13pp/article/view/100/108

نمونه مقاله اینترنتی انگلیسی

در متن:

(Capurro, 2013)

در فهرست منابع:

Capurro, R. (2013). Go Glocal: Intercultural Comparison of Leadership Ethics. *Infopreneurship Journal*, 1 (1), pp. 1-9. Retrieved 2013, Dec. 25, from http://infopreneurship.net/wp-content/uploads/2013/09/GoGlocal-Intercultural-Comparison-of-Leadership-Ethics-InfoJour-11pp.1-91.pdf

نمونه مقاله فارسی در همایش‌ها

در متن: (جمالی، ۱۳۹۰)

در فهرست منابع: جمالی، حمیدرضا. (آبان ۱۳۹۰). تولید علم در ایران. در محمدصادق حسینی (ویراستار)، مجموعه مقالات علم در ایران. مقاله منتشر شده در کنفرانس علوم اجتماعی ایران، تالار قدس (صص. ۲۵- ۲۸). تهران: انجمن جیحون.

نمونه مقاله انگلیسی در همایش‌ها

در متن:

(Rowling, 1993)

در فهرست منابع:

Rowling, L. (1993, September). Schools and grief: How does Australia compare to the United States. In *Wandarna coowar: Hidden grief.* Paper presented at the Proceedings of the 8th National Conference of the National Association for Loss and Grief (Australia), Yeppoon, Queensland) pp. 196-201). Turramurra, NSW: National Association for Loss and Grief.

نمونه کتاب فارسی

در متن: در بار اول (حسینی، جعفری، ایزدی، منانی، ماکانی، ۱۳۸۰)

در دفعه‌های بعد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۰)

در فهرست منابع: حسینی، علی؛ جعفری، حسن؛ ایزدی، غلام؛ منانی، حنانه؛ و ماکانی، جعفری. (۱۳۸۰). جامعه شناسی نشر. تهران: قو.

نمونه کتاب انگلیسی

در متن:

(Chessick, 2007)

در فهرست منابع:

Chessick, R. D. (2007). *The future of psychoanalysis.* New York, NY: State University of New York Press.

نمونه پایان‌نامه فارسی

در متن: (خسروجردی، ۱۳۸۷)

در فهرست منابع: خسروجردی، محمود. (۱۳۸۷). نقش شخصیت و باورهای معرفت‌شناختی در رفتار اطلاع‌جویی دانشجویان کارشناسی ارشد دانشگاه تهران. پایان نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، گروه کتابداری و اطلاع‌رسانی.

نمونه پایان‌نامه انگلیسی

در متن:

(Hall, 2007)

در فهرست منابع:

Hall, E. M. (2007*). Posttraumatic stress symptoms in parents of children with injuries.* (Unpublished doctoral dissertation). Boston University, Boston, MA.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۲۳ تا ۱۴۰ (۱۴۰۵)

واکاوی طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به ناحیه‌های مرکزی ایران[۱]

مسعود نوشادی[۲] و علیرضا سپاسخواه[۳]

چکیده

در طرح انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به فلات مرکزی ایران چندین پیش‌فرض چالش‌برانگیز در ذهن مشاوران و متولیان آب کشور وجود دارد که عبارتند از: **الف**- حضور پررنگ مفهوم‌های غلبه بر طبیعت به جای سازگاری با آن، **ب**- سرمایه‌گذاری سنگین دولتی و خصوصی، **پ**- یکنواخت‌سازی توزیع آب در کشور، **ت**- توجه نکردن به قابلیت بازچرخانی آب‌های نامتعارف در داخل سرزمین اصلی، **ث**- شوری‌زدایی آب و انتقال به مسافت هزاران کیلومتر به جای توسعه طرح‌های کوچک، محلی و بوم سازگار برای مصرف‌های محلی، **ج**- توجیه‌پذیر نبودن پدافند غیرعامل در طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب و **چ**- دنبال نشدن طرح آمایش سرزمین. یافته‌های بررسی کارشناسی طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به ناحیه‌های مرکزی ایران نشان دادند که هزینه شوری‌زدایی در طرح انتقال آب خلیج فارس و همچنین هزینه های تعمیر، نگهداری و بهره برداری بسیار زیاد است. از سوی دیگر مقدار مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای بسیار زیاد و پیامدهای منفی محیط‌زیستی دارد. در عوض، راهکارهای جایگزین عبارتند از: **الف**- بازچرخانی و تصفیه فاضلاب صنعت و شرب در محل تولید آن‌ها، **ب**- شوری‌زدایی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شور در داخل کشور و **پ**- اصلاح شبکه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی. با توجه به موردهای یاد شده، پیشنهاد می‌شود که شوری‌زدایی آب دریا برای شرب و صنعت تنها در ساحل‌های خلیج فارس و محل‌های نزدیک به دریا (خلیج فارس) در قالب طرح‌های کوچک اجرا شود و از انتقال آب به منطقه‌های مرکزی خودداری شود و در عوض در صورت نیاز، منابع آب شور داخل سرزمین شوری‌زدایی شوند. البته، به احتمال، ساحل‌های دریای عمان (ساحل‌های مکران) چالش‌های کمتری نسبت به ساحل‌های خلیج فارس دارند، اما طرح‌های انتقال آب دریا در آنجا نیز دشواری‌های زیادی ایجاد خواهد کرد. بنابراین باید پیش از هر اقدامی، بررسی‌های علمی و دقیق صورت گیرد و امکان دسترسی به منابع آب نامتعارف بررسی شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی، بازچرخانی، گازهای گلخانه‌ای، شوری‌زدایی.

مقدمه

محدودیت منابع آب منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک مرکزی ایران در سال‌های اخیر مدیران و مشاوران را بر آن داشت تا بررسی‌ها و اجرای طرح شوری‌زدایی و انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان را به ناحیه‌های مرکزی ایران

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۹

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: noshadi@shirazu.ac.ir

۳- به ترتیب، استاد دانشگاه شیراز (همکار مدعو فرهنگستان ج.ا. ایران) و استاد دانشگاه شیراز (عضو پیوسته فرهنگستان علوم ج.ا. ایران)، شیراز.

دنبال کنند. در طرح انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به ناحیه‌های مرکزی ایران چندین پیش فرض در ذهن مشاوران و متولیان آب کشور وجود دارد که چندین نکته و پرسش را در ذهن کارشناسان برمی‌انگیزد که عبارتند از:

۱- حضور پررنگ مفهوم‌های غلبه بر طبیعت به جای سازگاری با آن.

۲- سرمایه‌گذاری سنگین بخش‌های دولتی و خصوصی.

۳- آیا یکنواخت‌سازی توزیع آب در کشور، با تفکر زیست‌بوم‌های ایران همخوانی دارد؟

۴- آیا بازچرخانی و بیشینه استفاده از آب‌های نامتعارف در داخل سرزمین و در بخش‌های گوناگون به ویژه صنعت و شرب نسبت به انتقال طولانی آب ارجحیت بیشتر ندارد؟

۵- آیا اقتصادی تر نیست که شوری‌زدایی آب دریا در منطقه‌های نزدیک به خلیج فارس و دریای عمان در قالب طرح‌های کوچک و سازگار با محیط زیست، برای تأمین پایدار آب محلی در اولویت قرارگیرد؟

۶- آیا پدافند غیرعامل در طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب دریا توجیه‌پذیر است؟

۷- چرا طرح آمایش سرزمین که در دهه ۵۰ خورشیدی توسط شرکت فرانسوی برای محل‌های گوناگون ایران به ویژه حاشیه ساحلی خلیج فارس و دریای عمان تهیه شده، دنبال نشود؟ (ظفر نژاد، ۱۳۹۵)

از این رو، با توجه به موردهای بالا و همچنین پرسش‌های ذهنی کارشناسان، طرح‌های شوری‌زدایی و انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به ناحیه‌های مرکزی ایران، در پژوهش حاضر، بررسی و واکاوی شده است.

طرح انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان

گرمایش جهانی و تغییر اقلیمی و به دنبال آن کاهش بارندگی در مرکز و شرق کشور از یک سو و افت سطح آب‌های زیرزمینی از سوی دیگر، در کنار نبود جریان‌های سطحی همیشگی و مطمئن، بر بحران کم‌آبی در شرق و ناحیه‌های مرکزی افزوده است. این شرایط و محدودیت‌های موجود در زمینه عرضه و تقاضای آب، نمایانگر بروز بحران‌ها و چالش‌های مهمی در این زمینه هستند. بنابراین، با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه یکی از راهکارهای بهبود این وضعیت شوری‌زدایی آب دریاها است. بر این اساس، طرح تامین و انتقال آب به استان‌های ناحیه‌های مرکزی و شرقی کشور با هدف رفع مشکل کم آبی (صنایع و شرب)، تثبیت جمعیت و توسعه اقتصادی از سال‌های نخستین دهه ۹۰ خورشیدی بررسی شد که نتیجه آن، راه‌اندازی خط اول انتقال آب کشور در سال ۱۳۹۹ بود.

این طرح، بخش‌هایی از چهار حوضه‌آبریز خلیج فارس - دریای عمان، فلات مرکزی، مرزی شرق و قره قوم در قالب استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان، یزد، خراسان رضوی و خراسان جنوبی را شامل می‌شود و برای اجرای آن‌ها حدود ۳۷۰۰ کیلومتر لوله‌گذاری و ایستگاه پمپاژ طراحی شده است.

ویژگی‌های خط‌های انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به منطقه‌های مرکز و شرق ایران

ویژگی‌های خط‌های انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان (شکل ۱) به صورت زیر است (بدیعی و همکاران، ۱۴۰۳):



شکل ۱- مسیر انتقال آب خلیج فارس (برگرفته از بدیعی و همکاران، ۱۴۰۳).

خط لوله اول

این خط، پس از شوری‌زدایی آب، از غرب بندرعباس به مجتمع معدنی گل‌گهر سیرجان، مجتمع مس سرچشمه در رفسنجان و در پایان فولاد چادرملو در اردکان یزد می‌رود. همچنین، در اسفندماه ۱۳۹۹ در مسیر ۸۱۰ کیلومتری با انتقال سالانه ۱۵۰ میلیون متر مکعب آب به صنایع و معادن یزد، کرمان و هرمزگان (۴۰ میلیون متر مکعب برای گل‌گهر سیرجان، ۳۰ میلیون متر مکعب برای مس سرچشمه، ۲۰ میلیون متر مکعب برای فولاد چادرملو، ۵۰ میلیون متر مکعب در استان هرمزگان و ۱۰ میلیون متر مکعب برای روستاهای در مسیر) با صرف ۱۶ هزار میلیارد تومان (۲۷۶ میلیون دلار) تکمیل و افتتاح شد (بدیعی و همکاران، ۱۴۰۳).

خط لوله دوم

این خط از خلیج فارس برای کرمان و یزد در نظر گرفته شد و عملیات اجرایی آن در سال ۱۳۹۹ کلید خورد و مقصد نهایی آن پس از کرمان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی تعیین شد، اما در دولت سیزدهم یک بار دیگر به مقصد کرمان و یزد منحصر شد و با طول مسیر ۷۲۰ کیلومتر، ۲۰۰ میلیون متر مکعب آب با هزینه ۱۳۰ تا ۱۵۰ هزار میلیارد تومان (سال ۱۴۰۰)، مجدد برای صنایع کرمان و یزد در نظر گرفته شده است. سرمایه‌گذار این خط بر خلاف خط اول، بخش خصوصی یعنی شرکت تامین و انتقال آب خلیج فارس (شرکت واسکو) است.

خط لوله سوم

این خط لوله برای استان اصفهان در نظر گرفته شد و عملیات اجرایی آن در سال ۱۳۹۹ آغاز و با طول مسیر ۹۱۰ کیلومتری، ۳۷۵ میلیون متر مکعب آب برای صنایع فولاد مبارکه، ذوب آهن و پالایشگاه، تأمین خواهد کرد. هزینه ساخت این خط لوله به ارزش ۲۳ تا ۳۵ هزار میلیارد تومان (سال ۱۳۹۹) و با حمایت صندوق توسعه ملی مطرح است.

خط لوله چهارم

این خط لوله در یک مسیر ۱۵۵۰ کیلومتری از دریای عمان به زاهدان و زابل و در ادامه، خراسان جنوبی و خراسان رضوی، با صرف ۴۷ هزار میلیارد تومان و تامین ۲۳۰ میلیون متر مکعب آب برای پتروشیمی و فولاد و معادن در نظر گرفته شده است.

متغیرهای تأثیرگذار بر انتقال آب در منطقه‌های مرکزی و شرقی ایران

برخی از متغیرهای تأثیرگذار بر شکل‌گیری بوم‌شناسی سیاسی انتقال آب در منطقه‌های مرکزی و شرقی ایران عبارتند از:

۱- **نوسان‌های اقلیمی**- انتظار می‌رود نوسان‌های اقلیمی با افزایش دما و تغییر بارش و تغییر فصلی بارش‌ها که به خشکسالی‌های پیوسته می‌انجامد، تاثیر چشمگیری بر مقدار و کیفیت منابع آب در منطقه داشته باشد (زرین و داداشی-رودباری، ۱۴۰۲).

۲- **مکان‌یابی نادرست صنایع آب‌بر در منطقه‌های خشک و کم آب**- بدون توجه به توانمندی‌های محیطی و بوم‌شناختی، بزرگترین و پرمصرف‌ترین صنایع آب‌بر در ناحیه‌های مرکزی کشور هستند. برای نمونه، دو صنعت عمده و بزرگ فولاد و آهن کشور در استان‌های اصفهان و یزد آب مورد نیاز خود را با انتقال از محل‌های دیگر تامین می‌کنند. بررسی‌های بخش صنعت در استان یزد در دوره ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ نشان داده است که میانگین رشد سالانه صنعت ۹٪ است، در حالی که رشد سالانه مصرف آب، ۲۹٪ یعنی ۳/۲ برابر رشد سالانه ارزش افزوده صنعت استان یزد بوده است (محبی و همکاران، ۱۳۹۸).

۳- **سلطه نگاه خودکفا محوری در بخش کشاورزی**- از مجموع ۸۲ میلیارد متر مکعب کل آب مصرفی کشاورزی در سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱، ۲۹٪ آن در استان‌های کرمان، خراسان رضوی، اصفهان، یزد، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و خراسان جنوبی مصرف شده است، در صورتی که این بخش کمترین مقدار کارآفرینی و کمترین تولید ناخالص داخلی استانی و بیشترین آب مصرفی در میان بخش‌های مختلف اقتصادی را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که به دلیل محدودیت منابع آب شیرین قابل برداشت، سالانه در بهترین حالت نمی‌توان بیش از نیمی از زمین‌های کشت‌پذیر آبی را زیر کشت برد. بنابراین، اصرار بر توسعه و خودکفایی در کشاورزی درست نیست چون متناسب با شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی نیست (بدیعی- ازنداهی و همکاران، ۱۴۰۳).

۴- **بی‌توجهی نسبت به برداشت و مصرف بیش از اندازه از منابع آب سطحی و زیرزمینی**- اگرچه وزارت نیرو بر اساس ماده ۴ قانون توزیع عادلانه آب نسبت به اعلام ممنوعیت توسعه و بهره‌برداری از آبخوان‌ها اقدام کرده‌است، اما با این حال روند تخریب منابع آب زیرزمینی به دلیل‌های مختلف از جمله نظارت ناپیوسته و ناکارا، مدیریت نادرست، تعارض منافع و اختلاف‌های بین بخشی، ضعف قانون‌ها و مقررات، دشواری‌های اقتصادی و معیشتی بهره‌برداران، کاهش سرمایه اجتماعی و مانند این‌ها، همچنان ادامه دارد، به شیوه‌ای که در ۱۰ سال از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ نزدیک به ۱۳ هزار حلقه چاه جدید در بخش شرقی و مرکزی کشور حفر شده که بر اساس گزارش وزارت نیرو، نتیجه آن کسری مخزن تجمعی آبخوان‌ها به مقدار ۸۰/۴ میلیارد متر مکعب و ۱۷۵ دشت ممنوعه از ۲۵۲ دشت رسیده است (بدیعی ازنداهی و همکاران، ۱۴۰۳).

۵- **غلبه رویکرد افزایش عرضه آب بر مدیریت و کاهش مصرف (حاکمیت تفکر ایجاد سازه‌های آبی)**- در ایران مدیریت آب بیشتر بر زیر سیستم طبیعی متمرکز است و همواره راهکارهای افزایش عرضه آب بر مدیریت و کاهش مصرف، غالب است. نمونه آن آغاز طرح بزرگ انتقال آب از دریای عمان به خراسان رضوی بدون انجام بررسی‌های اجتماعی (امامی مبیدی، ۱۴۰۰) و همچنین انتقال آب خلیج فارس می‌باشد. به نظر می‌رسد سدسازی، انتقال آب، اکتشاف آب‌های ژرف و حفر چاه‌های عمیق همگی افزایش عرضه آب بر مدیریت و کاهش، مصرف می‌باشند.

۶- **نقش نمایندگان مجلس در انتقال آب**- در ایران اجرای طرح‌های انتقال آب در واکنش به فشارهای سیاسی نمایندگان استان‌ها بر وزارت نیرو، وزارت کشاورزی و سازمان محیط زیست استوار است و بررسی‌های علمی در زمینه تخصیص آب جایگاهی ندارد (Mirzavand & Bagheri, 2020).

۷- **دولتی بودن مالکیت آب و ناکارایی سیستم اقتصادی آب**- با دولتی شدن مالکیت آب در دوره پهلوی و فروپاشی نظام کنترل اجتماعی منابع آبی، مصرف فراوان آب ارزان گسترش یافت و از سوی دیگر، ناکامی در قیمت‌گذاری مناسب آب در سده اخیر توسط دولت، موجب شده است تا منابع آبی به ویژه آب‌های زیرزمینی به تقریب برای استفاده‌کنندگان رایگان بوده و هزینه‌ای برای آبیاری نپردازند (اسلامی و رحیمی، ۱۳۹۸). همچنین، از زمان دولتی شدن مالکیت آب و تصویب قانون‌هایی مانند قانون توزیع عادلانه آب در سال ۱۳۶۱ ضمن کاهش مشارکت مدنی در بهره‌برداری پایدار از آب، رویه معمول، بیشینه استفاده از منابع آب بوده است. از این رو، سازگاری با کم‌آبی هیچگاه به مانند طرح‌های انتقال آب به منطقه‌های مرکزی و شرقی کشور مورد توجه قرار نگرفته است (بدیعی- ازنداهی و همکاران، ۱۴۰۳).

۸- **خصوصی‌سازی مدیریت آب و پیامدهای آن برای عدالت و دسترسی**- با وجودی که ابر پروژه انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان با کارفرمایی وزارت صمت جزء برنامه‌های ملی است، اما شرکت‌های خصوصی تامین و انتقال آب خلیج فارس متشکل از شرکت‌های معدنی و صنعتی مستقر در ناحیه‌های مرکزی ایران متولی این پروژه‌اند. آن‌ها بیان می‌دارند که با توجه به نیاز صنایع معدنی ناحیه‌های مرکزی ایران به آب، بررسی‌های فنی و اقتصادی انجام شده، نشان داده که انتقال آب شوری‌زدایی شده از خلیج فارس به صنایع معدنی جنوب و شرق کشور اقتصادی‌تر از انتقال ماده معدنی به ساحل‌های خلیج فارس است و بر اجرای آن پافشاری می‌کنند. درحالی‌که در بررسی‌ها هزینه‌های محیط زیستی انتقال آب درنظر گرفته نشده است، اما پرسش بنیادی این است که چرا باید سرمایه چشمگیری از بودجه عمومی برای شوری‌زدایی آب دریا هزینه و صرف صنعتی شود که منافع محدودی برای افراد معدودی دارد. آیا این آب تنها برای مصرف‌های صنایع به کار گرفته خواهد شد یا کاربران دیگر بخش‌ها مانند کشاورزی و شهری نیز از آن سود می‌برند؟ اگر چنین است، این شورابه‌زدایی‌شده به مراتب گران‌تر از آبی خواهد بود که هم اکنون در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گیرد. اکنون این تفاوت قیمت را چه کسی پرداخت می‌کند؟ همچنین، با توجه به این‌که دولت، بخش خصوصی را سرمایه‌گذار و صاحب آب شوری‌زدایی‌شده می‌داند، پس صاحبان صنایع با خصوصی‌سازی آب و تعیین قیمت برای این آب برای مصرف‌کنندگان بخش‌های دیگر می‌توانند موجب بروز تنش‌های اجتماعی احتمالی در آینده باشند. از سویی، آبی که به مصرف‌کننده داده می‌شود، بر اساس قیمت تمام‌شده خواهد بود و شیرین‌سازی آب دریا گران است و صنایعی که از این آب استفاده می‌کنند باید سهمیه آب آن‌ها در بهای تمام شده محصول‌هایشان اندک باشد. درصورتی که هزینه صنایع در صورت استفاده از آب شیرین شده دریا، نسبت به آبی که اکنون مصرف می‌کنند، بیشتر و قیمت تولیدهای آن‌ها هم بیشتر خواهد شد.

۹- **سیاست‌های نا درست توسعه ایران**- منطقه‌های مرکزی و شرقی کشور که مدت‌های زیادی نوعی سازگاری با اقلیم و طبیعت را تجربه کرده‌اند، در دهه‌های اخیر گرفتار توسعه ناپایدار و به شدت آسیب‌زا شده‌اند (Aghebat-Bekhair *et al*., 2022). شایان بیان است که پروژه انتقال آب شوری‌زدایی‌شده دریا نیز نمی‌تواند پاسخگوی نیاز آبی منطقه‌های شرقی و مرکزی باشد. در مجموع، کسری آب در این منطقه‌ها ۶/۲ میلیارد متر مکعب است که حتی با وجود هدف‌گذاری انتقال دو میلیارد متر مکعب از این پروژه باز هم بیشتر از یک سوم این کسری را نمی‌توان تامین نمود (زهرایی، ۱۴۰۲). ضمن این‌که این حجم از آب تخصیص داده شده را به راه‌های دیگر و با هزینه به نسبت کمتر می‌توان فراهم کرد. برای نمونه، انتقال ۴۰۰ میلیون متر مکعب آب از دریای عمان و خلیج فارس به اصفهان در شرایطی مطرح می‌شود که همین مقدار آب از چاه‌های غیرمجاز کشاورزی این استان برداشت می‌شود و با بستن این چاه‌ها و با هزینه بسیار کمتر می‌توان کسری آب استان اصفهان را برطرف کرد (بدیعی ازنداهی و همکاران، ۱۴۰۳).

طرح‌های انتقال آب خلیج فارس به استان فارس

سیمای کلی آب و فاضلاب استان فارس

وضعیت تولید و فروش سالانه آب استان فارس در حال حاضر ۳۷۱ میلیون متر مکعب است که ۸۲٪ از آب زیرزمینی و ۱۸٪ آن از منابع سطحی (چهار سد موجود در استان فارس) تامین می‌شود. برداشت آب از آب‌های زیرزمینی به افت سطح آب و افزایش شوری آن انجامیده است. در منطقه‌های جنوبی و بخشی از شمال استان شوری آب‌های زیرزمینی بین چهار تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. در منطقه‌های جنوب شرقی استان، شوری آب زیرزمینی بین ۱۶ تا ۲۳ دسی زیمنس بر متر و در برخی از منطقه‌های دیگر (خرامه و ارسنجان) شوری ۱۱ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است. در استان فارس ۱۳ شهر و هشت روستا در حال حاضر از طرح‌های اجرایی فاضلاب بهره‌مند هستند که حجم فاضلاب جمع آوری شده بیش از حدود ۳۰ هزار متر مکعب در شبانه روز می‌باشد و در جمع، ۱۶/۵٪ از جمعیت استان را شامل می‌شود.

ویژگی‌های طرح انتقال آب خلیج فارس به استان فارس (مجری و سرمایه‌گذار: شرکت فرا آبرسان سرزمین)

این طرح دارای دو پروژه عمده می‌باشد:

الف- تاسیسات آبگیری، شوری‌زدایی و تصفیه آب دریا در کنار ساحل.

ب- تاسیسات انتقال شورابه‌زدایی‌شده شامل خط‌های لوله، ایستگاه‌های پمپاژ و مخزن‌های تعادلی که آب تصفیه شده را به محل‌های مصرف در منطقه‌های ویژه انرژی‌بر و دیگر واحدهای صنعتی استان در دالان پیش‌بینی شده انتقال خواهد داد.

پ- سامانه آبگیر و تاسیسات شوری‌زدایی در حال ساخت در سه کیلومتری بندر پارسیان در غرب استان هرمزگان به ظرفیت نهایی ۲۳۵=۹۰+۱۴۵ میلیون متر مکعب در سال.

ت- سامانه انتقال آب فاز اول برای ظرفیت ۶۰ میلیون متر مکعب در سال به استان‌های هرمزگان و فارس و ظرفیت‌سازی آبگیر و مسیر برای اجرای سه خط لوله برای ظرفیت نهایی انتقال ۲۰۰ میلیون متر مکعب در سال.

عامل‌های تاثیرگذار بر موفقیت طرح انتقال آب از خلیج فارس

بیش از ۷۵ پروژه دستگاه شوری‌زدا در ایران با ظرفیت بیش از ۶۳۵ هزار متر مکعب در روز در ساحل‌های خلیج فارس و دریای عمان در حال فعالیت است. اولین پروژه دستگاه شوری زدا در بندر لنگه در سال ۱۳۸۴ انجام شده است. نزدیک به نیمی از تامین آب بندرعباس به آب شیرین‌کن‌ها وابسته است (گرجیان و قبادیان، ۲۰۱۵). در مکان‌یابی محل اجرای طرح دستگاه

شوری زدا موردهای زیر باید در نظر گرفته شوند: آب شور کافی و همیشگی برای دستگاه شوری زدا تامین شود، کمترین تنش به زیست بوم وارد شود، کمترین ناهمخوانی میان بهره‌وران ایجاد گردد، بهره‌وری دستگاه شوری زدا زیاد باشد، ملاحظه‌های فنی بهینه شده باشند، هزینه‌ها کمینه شوند و ملاحظه‌های انسانی، اجتماعی و سیاسی در نظر گرفته شوند.

دستگاه های شوری‌زدا به شدت به انرژی وابسته‌اند. برای تولید یک میلیارد متر مکعب آب شیرین از آب دریا به طور میانگین ۸۰۰۰ مگاوات انرژی (هشت کیلو وات ساعت برای هر متر مکعب) لازم است، در حالی که برای انتقال آن به سرزمین‌های دورد ست (ناحیه‌های مرکزی) این نیاز بسیار افزایش می‌یابد. مصرف انرژی برای تولید هر متر مکعب آب شیرین از آب دریا در روش اسمز معکوس همراه با تصفیه مقدماتی ۶/۳ کیلو وات ساعت است (Gude., 2011).

تأثیر طرح انتقال آب خلیج فارس بر محیط‌زیست

برخی از تأثیرهای محیط‌زیستی انتقال آب در خلیج فارس مربوط به سیستم گردش و آمیختگی آب خلیج فارس و منبع انرژی آن است. سیستم گردش و آمیختن جریان آب با شوری کمتر از ساحل‌های شمالی دریای عمان وارد ساحل‌های شمالی خلیج فارس شده و سپس با شوری بیشتر از راه ساحل‌های جنوبی و از تنگه هرمز وارد دریای عمان می‌شود (فرخی-مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). منبع انرژی سیستم گردش آب خلیج فارس عبارتند از: **الف-** تفاوت چگالی آب ساحل‌های شمالی با ساحل‌های جنوبی (در ساحل‌های شمالی به دلیل تبخیر کمتر و ورود جریان آب رودخانه‌های متعدد، مقدار شوری و در نتیجه چگالی آب کمتر است، اما در ساحل‌های جنوبی برعکس است، **ب-** جریان ورودی آب شیرین از اروندرود، **پ-** بروز جذر و مد و **ت-** جریان باد.

مقدار شوری سطح آب خلیج فارس از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۶ از ۴۰ به ۴۲/۵ گرم در لیتر افزایش یافته است که برای آبزیان پیامدهایی خواهد داشت و شوری عمق خلیج فارس از ۴۱ به ۴۴ گرم در لیتر افزایش یافته است، در حالی‌که شوری آب دریای عمان که به اقیانوس هند متصل است در حال حاضر ۳۸ گرم در لیتر است. افزایش شوری آب به سبب تبخیر از سطح آب (ترابی آزاد و همکاران، ۱۳۸۹)، شورابه‌های آب شیرین‌کن‌ها، کاهش ورودی آب از رودخانه‌های ساحل شمالی خلیج فارس و فعالیت‌های انسانی است. دمای آب خلیج فارس نیز در ۱۷ سال گذشته دو درجه سلسیوس افزایش یافته است.

نرخ تبخیر در خلیج فارس بیش از ۱/۴ متر در سال است (Reynolds, 1993) و میانگین شوری بیش از ۳۹ گرم بر لیتر است و در آبگیرهای کم‌عمق با جریان کم می‌تواند از ۷۰ گرم بر لیتر فراتر رود (Elhakeem & Elshorbagy, 2015). الگوی گردش غالب در خلیج فارس، جریان پادساعتگرد و زمان تبادل جرم آب از راه تنگه هرمز سه تا پنج سال است (Reynolds, 1993). شوری پساب (Sb) از معادله زیر محاسبه می‌شود (Jones *et al*, 2019):

$$Sb = \frac{Sf}{1 - R_R}$$

که در آن Sf شوری آب ورودی است و R_R نسبت بازیابی است (راندمان، بدون بُعد) است.

برای نمونه برای سامانه شوری‌زدایی با راندمان ۵۰٪ در استان خراسان جنوبی، شوری پساب خروجی از آب ورودی با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر است (زارعی و خان احمدی، ۱۳۹۵)، اما با کاهش راندمان سامانه شیرین سازی در پروژه انتقال آب از خلیج فارس به ۳۳٪، با شوری ورودی ۴۰ گرم در لیتر، شوری آب خروجی (پساب) به حدود ۶۰ گرم در لیتر افزایش می‌یابد.

دشواری‌های دستگاه های شوری زدا

الف- افزایش شوری آب خلیج فارس

از ظرفیت اولیه ۴۰۵۰۰ متر مکعب در روز در سال ۱۹۷۰، کل ظرفیت شوری‌زدایی در سراسر خلیج فارس به سرعت به بیش از ۵۶۷ کارخانه فعال در خلیج فارس با ظرفیت ترکیبی بیش از ۲۱۱۸۰۰۰۰ متر مکعب در روز در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. با ادامه رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، انتظار می‌رود ظرفیت کل شوری‌زدایی در منطقه خلیج فارس همچنان رو به افزایش باشد. از سال ۲۰۱۸، دو میلیون متر مکعب در روز دیگر از این ظرفیت در دست ساخت است که بیش از ۸۰٪ آن به روش اسمز معکوس است (GWI, 2018). تخمین زده می‌شود که کل ظرفیت دستگاه‌های شوری‌زدایی که از آب‌های خلیج فارس برداشت می‌شود، در سال ۲۰۵۰، ۸۰ میلیون متر مکعب در روز خواهد بود (AGEDI, 2016).

زیستگاه‌های دریایی و ساحلی خلیج فارس، به ویژه در امتداد حاشیه غربی، شامل زیستگاه‌های رسوبی از جمله تالاب‌ها و پهنه‌های گلی گسترده بین جزر و مدی و ساحل‌های شنی است(Sheppard *et al*., 2010; Sale *et al*., 2011). این زیستگاه‌ها دارای اهمیت جهانی برای حفاظت از صخره‌های مرجانی، علف‌های دریایی و جنگل‌های حرا است. با این حال، این زیستگاه‌ها به دلیل انواع تأثیرهای انسانی ناشی از توسعه سریع اقتصادهای خلیج فارس، به طور گسترده در سراسر خلیج فارس در حال کاهش هستند (Sheppard *et al*., 2010; Sale *et al*., 2011; Burt, 2014; Vaughan *et al*., 2019). صخره‌های مرجانی زمانی در امتداد ساحل‌های غربی و جنوبی خلیج فارس گسترده بودند، اما دچار کاهش شدید شده‌اند و تخمین زده می‌شود که ۷۰٪ از ۳۸۰۰ کیلومتر مربع اولیه صخره‌های مرجانی در خلیج فارس، بیشتر در نتیجه تغییرهای اقلیمی و توسعه ساحلی، از بین رفته‌اند (Burt, 2014). بسترهای علف دریایی، که یکی دیگر از زیستگاه‌های ساحلی با اهمیت حفاظت جهانی هستند، که به‌طور گسترده در امتداد ساحل‌های غربی و جنوبی خلیج فارس یافت می‌شوند، تنها شامل سه گونه هستند که می‌توانند شرایط دما، شوری و کدورت موجود را تحمل کنند (Erftemeijer & Shuail, 2012). به تقریب ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع بستر علف دریایی در خلیج فارس وجود دارد، و اگرچه داده‌های سری زمانی محدودی وجود دارد (Erftemeijer & Shuail, 2012)، یافته‌ها نشان می‌دهند که افزایش شوری به طور قابل توجهی به گونه های مختلف مرجان‌ها و همچنین جلبک ها و باکتری ها در خلیج عقبه (شمال دریای سرخ) آسیب زده است (Petersen *et al*., 2018b). تمام ۲۱ گونه ماهی وابسته به مرجان‌های موجود در نتیجه فشارهای مربوط به زیستگاه، در خطر نابودی هستند (Buchanan *et al*., 2016). تأثیرهای فیزیکوشیمیایی، زیستی و بوم‌نظام شوری‌زدایی بسته به موقعیت مکانی، نوع و گونه کارخانه متفاوت است. انتشار به درون آب‌های محدود یا منطقه‌هایی که توپوگرافی، پراکندگی هیدرودینامیک را محدود می‌کند، می‌تواند شورابه‌هایی پرغلظت ایجادکند که به سرعت در امتداد یک خط ساحلی بازپخش شود (Jenkins *et al*., 2012). به طور مشابه، تأثیر آبگیرها و خروجی‌ها بسته به پیکربندی و طراحی آن‌ها (Missimer & Maliva, 2018) و نوع و مقدار مواد شیمیایی مصرفی برای پیش‌تصفیه آب مورد استفاده در یک کارخانه شوری‌زدایی (Jamaly *et al*., 2014) متفاوت است.

اگرچه یافته‌های فزاینده‌ای از تأثیرهای کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن وجود دارد، اما با توجه به ماهیت متغیر واکنش‌های بوم‌شناختی گزارش‌شده، مجموعه کلی یافته‌ها پراکنده است. همچنین، تأکید بر این نکته مهم است که بسیاری از بررسی‌های محیط‌زیستی شوری‌زدایی در دیگر محل‌های جهان انجام شده‌است. این موضوع به دو دلیل مهم است، نخست، منطقه‌های دیگر ممکن است کنترل‌های نظارتی متفاوتی بر کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن داشته باشند و بر عملکرد

گیاهان و فشار وارد شده بر بوم‌نظام‌های دریایی تأثیر بگذارد. دوم، گونه‌های موجود در خلیج فارس در شرایط طبیعی شدید دما و شوری وجود دارند و شاید در حال حاضر نزدیک به محدودیت‌های فیزیولوژیک خود زندگی می‌کنند و بنابراین ظرفیت کمتری برای سازگاری نسبت به گونه‌های دیگر منطقه‌ها دارند (Le Quesne *et al*., 2021).

به دلیل قرارگیری محل دستگاه‌های شوری‌زدا، در ساحل‌های هرمزگان و بوشهر، تخلیه پساب شور این دستگاه‌های شوری‌زدا موجب افزایش شوری ساحل‌های شمالی خلیج فارس می‌شود که خود موجب به مخاطره افتادن جنگل‌های حرا، صخره‌های مرجانی و کاهش شمار و گوناگونی آبزیان خلیج فارس و کم رونق شدن صنعت صیادی می‌شود. در دستگاه شوری‌زدای بندر پارسیان حدود ۷۰۵ میلیون مترمکعب در سال (۱/۹۳ میلیون متر مکعب در روز) با شوری ۳۸/۶۶ گرم در لیتر آب از دریا برداشت و ۱/۲ میلیون متر مکعب در روز آب با شوری ۶۰ گرم در لیتر به دریا بر می‌گردد. بنابراین، ۷۸ تن در روز (۲۸۴۷۰ تن در سال) نمک وارد خلیج فارس خواهد شد. ترکیب دو عامل کاهش انرژی اروندرود و دبی آن و تخلیه پساب شور موجب کاهش جریان ورودی از دریای عمان به خلیج فارس و تغییر مسیر آن پیش از ورود به تنگه هرمز و در نتیجه مرگ بوم‌شناختی خلیج فارس در درازمدت و تبدیل آن به یک مانداب بسیار شور می‌شود.

در حال حاضر، گزارش‌هایی که سازمان‌های محیط‌زیستی وابسته به سازمان ملل منتشر می‌کنند از پدیده‌ای به نام منطقه مرده که از آن به عنوان کویرهای دریایی یاد می‌شوند، نام می‌برند. آن‌ها هرساله این کویرهای دریایی را پایش می‌کنند. کویر دریایی جایی است که آب دارد، اما هیچ موجود زنده‌ای و هیچ ماهی، آبزی و حتی مرجان در آن‌جا وجود ندارد، چون دما و آلودگی آن قدر بالا رفته که امکان زیست هیچ موجود زنده‌ای در آن وجود دارد. چندین سال است که دو منطقه از خلیج فارس هم در پایش جهانی قرار گرفته و به عنوان کویر دریایی معرفی می‌شود. این منطقه در انتهای جنوب تنگه هرمز و در نزدیکی کشورهای جنوبی خلیج فارس، قطر و بحرین است و در این منطقه‌ها شاهد به وجود آمدن کویرهای دریایی هستیم و شوربختانه در حال گسترش نیز هستند. این منطقه‌ها همان مکان‌هایی هستند که تمرکز دستگاه های شوری‌زدای خلیج فارس، در آن قرار دارد. کویرهای دریایی می‌توانند بر درآمد صیادی اثر بگذارند، نظام تغذیه بخش بزرگی از جامعه ایران که از آبزیان خلیج فارس تغذیه می‌کنند را دگرگون کند و بر زندگی بخش چشمگیری از مردمی که در استان‌های بوشهر، خوزستان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان درآمد صیادی دارند را زیر تاثیر قرار دهد. در حال حاضر نیز گزارش‌های زیادی وجود دارند که مقدار صید و گوناگونی زیستی کاهش پیدا کرده است و این دشواری‌ها دامنگیر کشور شده است. تخمین زده شده است که از بین رفتن و تخریب صخره‌های مرجانی در خلیج فارس به ضرر سالانه ۹۴ میلیارد دلاری انجامیده است (Sheppard, 2016).

به طور کلی واکاوی اطلاعات موجود در مورد سناریوهای آینده توسعه ظرفیت شوری‌زدایی و تأثیرهای شوری‌زدایی نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰، شوری‌زدایی، همراه با تغییرهای اقلیمی، می‌تواند تأثیرهای نامطلوب چشمگیری بر محیط زیست دریایی خلیج فارس داشته باشد و هدف‌های توسعه پایدار در مقیاس منطقه‌ای را به خطر بیندازد. این تغییرهای پیش‌بینی‌شده می‌توانند با تأثیر مخرب بر گوناگونی زیستی، بهره‌وری شیلات و جامعه‌های ساحلی و توانایی از بین بردن برخی از گونه‌ها و زیستگاه‌ها موجب تخریب بوم‌نظام ساحلی خلیج فارس شود (Le Quesne *et al*., 2021). تخلیه شورابه به یک منطقه آبی نیمه‌بسته مانند خلیج فارس نه تنها برای بوم‌نظام دریایی پیامدهای منفی دارد، بلکه می‌تواند بر فرایندهای دینامیک و ترمودینامیک نیز تأثیر بگذارد. نتایج نشان می‌دهند که در همان ابتدا، موج‌های گرانشی سطحی از این مکان‌ها منتشر می‌شوند و در درازمدت به تغییرهای چشمگیری در توزیع دما، شوری و سرعت در سطح

حوضه خلیج فارس می‌انجامند، به طوری که بیشترین مقدارها در طول فصل تابستان رخ داده و بیشتر در امتداد کانال عمیق‌تر خلیج فارس قرار دارند. نتایج الگوسازی نشان داده است که پنج سال پس از شروع تزریق شورابه، شوری در کل حوضه در حدود ۰/۲ گرم در کیلوگرم افزایش خواهد یافت. همچنین، مشخص شده است که با وجود افزایش میانگین کلی کوچک در شوری، منطقه‌هایی وجود دارند که انحراف معیار به طور چشمگیری بالاتر است که ممکن است پیامدهای جدی برای محیط زیست داشته باشد (Edmo *et al*., 2020).

ب- هزینه‌های طرح

شیرین کردن آب و انتقال آن یکی از گرانترین شیوه‌های انتقال آب است. برآورد شرکت فرا آبرسان سرزمین برای شوری‌زدایی ۲۳۵ میلیون مترمکعب آب ۱/۹ دلار در متر مکعب است. البته، این هزینه تنها برای شوری‌زدایی است. هزینه‌های بهره‌برداری با توجه به عمر محدود غشاهای شوری‌زدایی، فرسودگی شدید پمپ‌ها به دلیل کیفیت اندک آب دریا، هزینه پیش‌تصفیه حدود ۰/۳ دلار در متر مکعب است. بنابراین، هزینه شوری‌زدایی تنها ۲/۲ دلار در متر مکعب می‌باشد. البته، سایر هزینه‌ها مانند هزینه‌های خط انتقال، پمپاژ، مخزن‌های تعادلی، هزینه‌های محیط زیستی و مانند این‌ها هم باید در نظر گرفته شود که در این صورت هزینه‌ها افزایش چشمگیری می‌یابد.

پ- مصرف انرژی

افزون بر این‌که کارخانه‌های شوری‌زدایی آب دریا زیر تأثیر کیفیت محیط زیست دریایی قرار می‌گیرند (یونسکو، ۲۰۱۷)، بهره‌برداری از آن‌ها می‌تواند بر شرایط محیط زیست دریایی اثر بگذارد که ناشی از انتشار دی‌اکسیدکربن اتمسفری (به دلیل نیاز به انرژی فرایند شوری‌زدایی) و تأثیرهای مرتبط با برداشت آب دریا و تخلیه شورابه‌های غلیظ به محیط زیست دریایی است (Lettemann & H¨opner, 2008; Jenkins *et al*., 2012; Missimer *et al*., 2015; Petersen *et al*., 2018a). نمک زدایی و انتقال آب مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کند. در بندر پارسیان، انرژی مصرفی تاسیسات نمک‌زدا ۱۹۳ مگاوات و انرژی انتقال آب ۳۷۴ مگاوات گزارش شده است. این مقدار ۵۶۷ مگاوات انرژی مصرفی، معادل پنج میلیون مگاوات ساعت انرژی در سال است. بنابراین، به احداث یک نیروگاه برق معادل نیروگاه برق گناوه - برازجان یا نصف نیروگاه سیکل ترکیبی شیراز نیاز است. در شرایطی فعلی با ناترازی شدید انرژی، تولید برق توسط نیروگاه‌ها تأثیرهای گسترده بر محیط‌زیست می‌گذارد، به گونه‌ای که فرایند سوختن در آن، آلاینده‌های هوایی تولید می‌کند که می‌تواند در سطح وسیع گسترش یابد. در این طرح، نیروگاه مورد نیاز به صورت نیروگاه گازی دیده شده است که در این صورت در سال ۹۹۳ تن گاز منواکسیدکربن، ۲۴۳۰۰۰۰ تن گاز دی‌اکسیدکربن، ۱۱۵۰۰۰ تن اکسیدهای نیتروژن و ۱۲۵۰۰ تن دی‌سولفاید وارد محیط شده و در عمل آلودگی زیادی در منطقه ایجاد می‌کند. اگر در این نیروگاه از صفحه‌های خورشیدی استفاده شود، در بهترین حالت حدود ۱۰۰۰ هکتار زمین نیاز دارد که هزینه آن در کل حدود ۵۰۰ میلیون دلار خواهد شد. از سوی دیگر، در تولید هر کیلووات ساعت انرژی، یک لیتر آب مصرف می‌شود. بنابراین، برای پنج میلیون مگاوات ساعت، دستکم چهار میلیون متر مکعب آب در سال مصرف می‌شود که حتی اگر نیروگاه خورشیدی هم ساخته شود باز دستکم نیم میلیون متر مکعب در سال آب مصرف می‌شود. با توجه به موردهای بالا هیچ توجیهی وجود ندارد که این حجم بزرگ انرژی مصرف شده و به دنبال آن دشواری‌های جدی از نظر اقتصادی و محیط زیستی به جامعه وارد شود.

راه‌های جایگزین برای تامین آب ناحیه‌های مرکزی ایران

۱- جلوگیری از شورشدن آب‌های سطحی داخلی در مسیر انتقال به خلیج فارس و شوری‌زدایی آب‌های شور سطحی در محل.
۲- شیرین سازی آب‌های شور زیرزمینی در محل.
۳- تصفیه پساب‌های شهری و صنعتی و بازچرخانی آن ها در کشاورزی، صنعت و حتی در شرب با استفاده از فناوری‌های سطح بالا. به طور معمول حدود ۷۰ تا ۸۰٪ آب شرب مصرفی شهرها تبدیل به پساب می‌شود که شوری آن ۴۰ برابر کمتر از آب خلیج فارس است. در نتیجه، هزینه‌های تصفیه و انتقال آن در محل بسیار کمتر می‌باشد و دنیا در حال حرکت به تامین آب صنعت و شرب پایدار از این راه می‌باشد که به حل دشواری‌های محیط‌زیستی نیز می‌انجامد.
۴- شیرین کردن آب شور دریا در محل‌های نزدیک به خلیج فارس و دریای عمان در قالب طرح‌های کوچک، محلی و بوم سازگار می‌تواند تامین پایدار آب تلقی شود.
۵- شوری‌زدایی آب شور شده توسط گنبدهای نمکی.

یکی از منابع آلاینده منابع آب سطحی و زیرزمینی گنبدهای نمکی هستند. گنبدهای نمکی می‌توانند به صورت‌های مختلف منابع آب سطحی و زیرزمینی را آلوده نمایند. آلوده‌کنندگی گنبدهای نمکی در حد حجم‌ها و دبی‌های بسیار زیاد است. در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران که منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار هستند بررسی شدت و شیوه آلودگی توسط گنبدهای نمکی کمک زیادی در مدیریت کیفی این منابع خواهد نمود. نظر به این‌که شمار گنبدهای نمکی در ایران زیاد و در حدود ۳۱۵ است، ارائه راهکار مناسب برای تعیین مقدارها و شیوه آلودگی منابع آب توسط گنبدهای نمکی راهکارهای مناسبی را برای سایر محل‌ها ارائه خواهد داد. Ahmadzadeh *et al*. (1990) ۱۱۵ گنبد نمکی را در جنوب ایران نام برده‌اند که ۱۰۱ گنبد در محدوده بین بندرعباس - سروستان و ۱۴ گنبد در جنوب کازرون قرار دارند. گنبدهای نمکی کوه نمک، جهانی و خورآب (یا کوه گچ) در میان ۱۰۱ گنبد نمکی مورد نظر قرار می‌گیرند. گنبد نمکی جهانی، یکی از ۱۲۲ رخنمون گنبدهای نمکی جنوب ایران، در منطقه جنوب استان فارس با آب و هوای گرم و خشک قرار دارد. سنگ نمک آن متعلق به سازند هرمز (پرکامبرین میانی) است که در بخش شمالی و خاوری گنبد رخنمون بارزی دارد. گنبد نمک جهانی از نظر زمین‌شناسی یک گنبد فعال است و شامل دو بخش مرتفع و پست که نتیجه خروج نمک در دو مرحله است. نتایج تأثیر گنبد نمکی جهانی بر کیفیت منابع آبی مجاور با استفاده از روش‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک نشان می‌دهد که این گنبد در تخریب کیفیت آب رودخانه فیروزآباد تاثیر چشمگیری دارد، به طوری که هدایت الکتریکی آب رودخانه که پیش از تماس، ۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است، در ایستگاه پایین دست به ۱۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر افزایش می‌یابد. همچنین آبرفت دشت آزادگان در جنوب و آبخوان آهک سروک در تاقدیس مجاور گنبد نمکی نیز زیر تاثیر شورابه‌های گنبد نمکی جهانی قرار گرفته اند (بوستانی و همکاران، ۱۳۸۷).

وجود سازندهای تخریب‌کننده کیفیت آب در مسیر رودخانه مند، یکی از شاخص‌ترین نمودهای افت کارایی سرزمین (بیابان‌زایی) می باشد. وجود ۱۵ گنبد نمکی در این حوضه آبریز تأثیر زیادی بر کاهش آب رودخانه‌های قره آغاج و فیروزآباد، که از شاخه‌های اصلی رود مند هستند، دارد. نتایج بررسی‌های زمین شناسی نشان داده‌اند که سه گنبد نمکی در جنوب غرب شهرستان فیروزآباد از اصلی‌ترین دلیل‌های شوری آب رودخانه فیروزآباد می‌باشند که بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب رودخانه مند دارند. همچنین، رودخانه شور خوراب (که از چشمه‌های شور خارج شده از گنبد نمکی خوراب سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه فیروزآباد می‌ریزد)، تاثیر به سزایی بر کاهش کیفیت آب دارد (بوستانی و همکاران،

۱۳۸۷). در ادامه مسیر، ورود آب شور رودخانه فیروزآباد به رود مند، عامل اصلی شور شدن آن می‌باشد که با گذر آن از کنار گنبد نمکی خورموج در استان بوشهر، مقدار شوری بسیار افزایش می‌یابد و پس از این، گنبدهای نمکی، به دلیل افت شدید کیفیت، از آن آب استفاده نمی شود و در مسیر خود به خلیج فارس می ریزد. این مسیر حدود ۴۰۰ کیلومتر طول و بیش از ۱۰۰۰ متر تفاوت ارتفاع دارد، به عبارت دیگر نباید اجازه داد که کیفیت آب تخریب شود و سپس ۱۰۰۰ متر سرازیری به طول ۴۰۰ کیلومتر را بپیماید و سپس آن را نمک زدایی کرده و دوباره ۱۰۰۰ متر سربالایی به طول ۴۰۰ کیلومتر برده شود و انرژی بزرگی را مصرف کند. بنابراین، نخست با انجام روش های مناسب می‌توان مانع شور شدن این منابع آب در کنار گنبدهای نمکی شد و دوم این‌که اگر به هر دلیلی نتوان مانع شور شدن این منابع شد، آب را در همان محل نمک زدایی کرده و استفاده نمود و در نتیجه مقدار بسیار زیادی صرفه جویی در مصرف انرژی، هزینه‌ها و تولید گازهای گلخانه ای خواهد داشت.

راهکارهای جایگزین انتقال آب خلیج فارس

این راهکارها به شرح زیر می باشند:

۱- سیاست اصلی باید انتقال صنایع از منطقه‌های خشک و بیابانی به منطقه‌های ساحلی و اضافه نکردن صنایع جدید باشد.

۲- باید تصفیه و بازچرخانی آب در صنعت در راستای اجرای سیاست‌های بهینه سازی مصرف آب در صنعت و شرب اجرایی گردد. مشکل پساب شرکت‌های صنعتی و معدنی به عنوان یک مشکل محیط‌زیستی است. در حال حاضر در پیرامون یزد دریاچه بزرگی از آب فاضلاب تشکیل شده است که نتیجه فعالیت شرکت‌های معدنی و صنعتی یزد است که در حاشیه یزد رها و تبخیر می‌شود و در نتیجه به جای انتقال آب خلیج فارس به یزد، بهتر است، فاضلاب بخش صنعت تصفیه و بازچرخانی شود. در کشورهای اروپایی آب را تا ۱۸ مرتبه بازچرخانی می‌کنند. در ضمن، هزینه انتقال آب دستکم شش برابر باز چرخانی است و هزینه تصفیه هر متر مکعب فاضلاب یک پنجم شوری‌زدایی آب دریاست.

۳- استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده در شهرهای مختلف برای صنعت. توصیه این است که برای شهرهای ساحلی مانند بندرعباس، بوشهر و مانند این‌ها، برای تامین نیاز آب آشامیدنی و صنعت آب دریا شوری‌زدایی شود و برای دیگر منطقه‌ها و سایر نیازها از این کار خودداری شود. برای تأمین آب دیگر منطقه‌ها می‌توان با احداث تصفیه خانه‌های فاضلاب هم به افزایش بهداشت و حفظ محیط زیست کمک کرد و هم یک منبع آب پایدار به دست می‌آید. مقدار مصرف میانگین سرانه آب شرب در ایران حدود ۱۵۰ لیتر در روز است که برای یک شهر یک میلیون نفری ۱۵۰ هزار متر مکعب در روز یا حدود ۵۵ میلیون متر مکعب در سال است که حجم فاضلاب تولیدی آن حدود ۴۶ میلیون متر مکعب خواهد بود. از این آب می توان در ماه‌هایی که لازم است برای آبیاری (آبیاری فضای سبز و کشاورزی) و صنعت استفاده کرد و در دیگر ماه‌ها برای تغذیه آب‌های زیرزمینی به کاربرد. از سوی دیگر، این کار موجب حفظ محیط زیست و بهبود بهداشت نیز خواهد شد.

۴- اصلاح شبکه‌های آبرسانی شهری و کاهش مصرف آب ضروری است. شبکه های توزیع آب شهری به دلیل فرسودگی، هدررفت بالایی دارند. در بسیاری از شهرهای ایران هدررفت شبکه حدود ۳۰٪ است که با اصلاح آن‌ها مقدار بسیار زیادی در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد. برای یک شهر یک میلیون نفری با مصرف سرانه ۱۵۰ لیتر در روز، با اصلاح شبکه و کاهش هدررفت از ۳۰٪ به ۱۰٪ (کاهش به مقدار ۲۰٪)، حجم آب برداشتی حدود ۱۱ میلیون متر مکعب در سال خواهد بود. لازم به یادآوری است که این هدررفت مربوط به آب‌هایی است که تصفیه شده و با صرف

هزینه زیاد از ژرفای زمین یا از سدها تامین می‌شود. بنابراین، اصلاح شبکه های توزیع آب شهری افزون بر این‌که کسری از نیاز آب شرب را تامین می کند، صرفه‌جویی زیادی را در هزینه‌های جاری خواهد داشت.

هم اکنون در شهر شیراز سرنوشت ۵۰ میلیون متر مکعب آب در سال مشخص نیست که کسری از آن مربوط به مشترکین غیرمجاز و سرقت آب است و کسری از آن مربوط به نشت آب از شبکه است. بنابراین، منطقی است که در این خصوص سرمایه‌گذاری (توسط بخش خصوصی یا دولتی) انجام شود. هم اکنون در فصل تابستان مصرف آب کولرهای آبی برای نمونه در شهر شیراز به این صورت است:

کولر آبی برای هر ۱۶ تا ۱۸ ساعت کار حدود ۳۰۰ لیتر آب مصرف می‌کند، اگر تنها نیمی از مشترکان آبفای شیراز در تابستان از کولر آبی استفاده کنند، هر روز ۱۲۰ هزار متر مکعب آب مصرف می‌شود که برای کل فصل تابستان (۹۰ روز) معادل حدود ۱۱ میلیون متر مکعب می‌باشد. این مقدار معادل ظرفیت کامل خط دوم انتقال آب از سد درودزن به شیراز است. بنابراین اولویت کاهش مصرف آب (و همچنین انرژی) کولرهای آبی بیشتر است.

راه حل دیگر، استفاده از ابزار کاهش مصرف آب در داخل خانه‌ها در کوتاه مدت و جداسازی آب خاکستری از آب سیاه در دراز مدت است. تجربه نشان داده است که استفاده از ابزار کاهش مصرف آب در خانه‌ها سهم زیادی در مصرف سرانه آب خواهد داشت. به طور کلی، با استفاده از روش‌های جایگزین انتقال آب از خلیج فارس، می‌توان با کاهش عمده هزینه‌ها آب مورد نیاز جامعه را تامین و از اثرهای مخرب زیست محیطی انتقال آب از خلیج فارس نیز دوری نمود.

نتیجه‌گیری و راهکارها

نتیجه گیری و برخی از راهکارها به شرح زیر می باشند:

۱- هزینه زیاد طرح انتقال آب خلیج فارس

هزینه نمک‌زدایی آب حدود دو یورو در متر مکعب و انتقال آن برای نمونه به منطقه استان فارس حدود چهار یورو در متر مکعب می باشد. البته، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌های اسمز معکوس، تاسیسات، خط انتقال، ایستگاه‌های پمپاژ و مانند این‌ها که بسیار زیاد می‌باشد در این محاسبه‌ها وارد نشده است. بنابراین، قیمت نهایی از شش یورو در متر مکعب نیز بیشتر خواهد بود. از یک سو این هزینه برای صنعت نیز بسیار زیاد است و از سوی دیگر اگر صنعت این هزینه را بپذیرد، قیمت تولیدهای آن افزایش چشمگیری می یابد و در پایان جامعه باید این هزینه هنگفت را بپردازد.

در حدود ۹۰٪ ظرفیت خط انتقال آب خلیج فارس به مصرف صنعت اختصاص داده شده است و اگر صنعت فولاد که سودآورترین صنعت در کشور می باشد ملاک قرار داده شود، آنگاه براساس آمارهای وزارت نیرو در سال ۱۳۹۹، برای تولید هر تن فولاد حدود ۲۵۰ هزار لیتر آب مصرف می‌شود. بنابراین، با هزینه شش یورو در متر مکعب برای تامین آب مورد نیاز، برای تولید هر کیلوگرم فولاد بایستی ۱/۵ یورو برای آب هزینه شود که بسیار بیشتر از قیمت هر کیلو فولاد در بازار است. بنابراین، این آب به هیچ عنوان دارای صرفه اقتصادی برای صنعت نمی باشد.

۲- شورتر شدن آب خلیج فارس

در طرح حاضر، برای تامین ۲۳۵ میلیون متر مکعب آب باید ۷۰۵ میلیون متر مکعب آب از دریا به واحدهای اسمز واژگون پمپاژ شود و ۱/۳ میلیون متر مکعب در روز آب با غلظت نمک حدود ۶۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر وارد خلیج فارس شود. به عبارت دیگر روزانه ۷۸ تن نمک وارد خلیج فارس می شود. این ۷۸ تن نمک برای یک روز و یک خط انتقال

است و اگر خط های انتقال دیگری نیز احداث شوند، این مقدار نمک بسیار بیشتر می‌شود. بنابراین، این مقدار زیاد نمک می‌تواند در طولانی مدت موجب تخریب گسترده در بوم‌نظام آبی خلیج فارس شود.

ساختار گردش آب در خلیج فارس به صورتی است که جریان آب با شوری کمتر از ساحل‌های شمالی دریای عمان وارد ساحل‌های شمالی خلیج فارس می شود و سپس با شوری بیشتر از راه ساحل‌های جنوبی و از ژرفای تنگه هرمز وارد دریای عمان می شود. به دلیل موقعیت قرارگیری دستگاه‌های شوری‌زدا پروژه شوری‌زدایی و انتقال آب خلیج فارس در ساحل‌های هرمزگان و بوشهر، تخلیه پساب شور این دستگاه‌های شوری‌زدا موجب افزایش شوری در ساحل‌های شمالی خلیج فارس می‌شود.

۳- بازچرخانی و تصفیه پساب صنعت و شرب

یکی از دشواری‌های عمده صنعت، بازچرخانی نشدن آب کافی است. استاندارد بسیاری از کشورهای دنیا ۱۸ بار بازچرخانی آب در صنعت است که شوربختانه صنعت کشور اغلب از این موضوع خودداری کرده است. به عبارت دیگر، از یک سو، بسیاری از صنایع برخلاف طرح آمایش سرزمین در منطقه‌های کویری احداث شده اند و از سوی دیگر بازچرخانی آب نیز به اندازه کافی انجام نمی دهند و اکنون خواسته می‌شود برای این صنایع از دریا آب منتقل شود که دشواری‌های بسیاری را ایجاد می کند. هم اکنون تصفیه خانه‌های فاضلاب احداث شده در کشور و همچنین در استان های هرمزگان، فارس، اصفهان (یکی از مسیرهای انتقال آب خلیج فارس) بسیار اندک است و نیاز حدود ۱۵٪ جمعیت را پوشش می‌دهد. بنابراین، بهتر است به جای سرمایه گذاری بزرگ روی انتقال آب خلیج فارس، روی احداث شبکه و تصفیه خانه‌های فاضلاب سرمایه گذاری کرد. لازم به بیان است که میانگین فاضلاب تولیدی یک جمعیت یک میلیون نفری معادل ۴۶ میلیون متر مکعب در سال است. بنابراین، با احداث شبکه و تصفیه خانه های فاضلاب، آب مورد نیاز صنایع تامین خواهد شد و نیاز به انتقال آب از خلیج فاس نمی باشد.

در ایران حدود ۸/۴ میلیارد متر مکعب در سال آب خاکستری قابل برنامه‌ریزی (ناشی از شرب و صنعت) تولید می‌شود که به دلیل نبود تصفیه خانه ها به اندازه کافی بازچرخانی نمی‌شود و بنابراین از این منابع بزرگ آب استفاده نمی‌گردد. برای استفاده مجدد از این آب خاکستری براساس امکانات و شرایط محیطی می‌توان اقدام‌های زیر را انجام داد:

الف- **سیستم آبرسانی شهری**

۱- احداث سیستم جمع آوری و تصفیه متمرکز.

۲- احداث سیستم های تصفیه در محل (مانند مجتمع های آپارتمانی).

۳- ایجاد سیستم لوله کشی دوگانه (برای آشامیدن، پخت و پز و مصرف‌های بهداشتی).

۴- قانونمند کردن سیستم لوله کشی دوگانه فاضلاب در خانه‌ها و به ویژه مجتمع های آپارتمانی به شیوه‌ای که آب‌های خاکستری با آب های سیاه آمیخته نشوند.

ب- سیستم آب رسانی روستایی

احداث سپتیک تانک و بازچرخانی آب برای کشاورزی.

پ- صنعت

جمع آوری و احداث تصفیه خانه به شیوه‌ای که آب در همان صنعت بازچرخانی شود.

۵- منابع آب های سطحی و زیرزمینی شور جایگزینی برای شوری‌زدایی

میانگین شوری ۴۴/۵ میلیارد مترمکعب آب های زیرزمینی مورد استفاده در بخش کشاورزی، حدود دو دسی زیمنس بر متر است. همچنین، ۳۱٪ از این منابع (۱۳/۸ میلیارد مترمکعب) و ۲۰٪ از آب های سطحی مصرفی در بخش کشاورزی (بین ۳/۶ تا ۴/۴ میلیارد مترمکعب) شوری بیشتر از دو دسی زیمنس بر متر دارند (رحیمیان و غلامی، ۱۴۰۱). از سوی دیگر، از ۱۰۰ میلیارد مترمکعب آب تجدیدپذیر کشور حدود ۱۱ میلیارد متر مکعب دارای شوری بیشتر از ۲/۵ دسی زیمنس بر متر (۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر) است (Shiati, 1998). به طور کلی، حدود ۱/۷ میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی با شوری بیشتر از هشت دسی زیمنس بر متر (۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر) وجود دارد و میانگین شوری ۱۷ رودخانه کشور (با جریان پایین دستی ۴/۷ میلیارد مترمکعب در سال) ۳/۵ دسی زیمنس بر متر است (Qodratnema, 1998). شوری‌زدایی آب های شور داخلی با شوری کم (۲/۵ تا ۳/۵ دسی زیمنس بر متر) با راندمان ۵۰٪، شورابه‌ای با هدایت الکتریکی پنج تا هفت دسی زیمنس بر متر تولید می‌کند که می‌تواند برای آبیاری بسیاری از گیاهان متحمل به شوری به‌کار رود. بنابراین، با توجه به منابع زیاد آب‌های شور در کشور، اقدام به شوری‌زدایی آب در محل به مراتب اقتصادی‌تر است و دشواری‌های محیط‌زیستی و تامین انرژی بسیار کمتری نیز به دنبال خواهد داشت.

۶- اصلاح شبکه های آب شهری و روستایی

هم اکنون نشت آب در شبکه آب شرب شهرها و روستاهای استان فارس حدود ۳۰٪ است که اگر این نشت ۲۰٪ کاهش یابد، برای یک جمعیت یک میلیون نفری حدود ۱۱ میلیون متر مکعب کاهش در مصرف آب رخ خواهد داد که می‌تواند کمبود آب شرب و صنعت را جبران نماید.

جمع بندی

با توجه به واکاوی انجام شده، پیشنهاد می‌شود که تصفیه آب دریا برای شرب و صنعت تنها در ساحل‌های خلیج فارس و محل‌های نزدیک به دریا (خلیج فارس) در قالب طرح های کوچک اجرا گردد و از انتقال آب به منطقه‌های کویری به طور جدی خودداری شود و به جای آن، منابع آب شور داخل سرزمین شوری‌زدایی شوند. در مورد انتقال آب دریا از دریای عمان با توجه به دغدغه‌های محیط‌زیستی و هزینه تولید آب شیرین، طرح‌های مربوط بازنگری شوند.

انتقال آب خلیج فارس در راستای تفکر زیانبار تامین آب به جای مدیریت تولید و مصرف آب است. این روش باید آخرین راهکار و نه اولین باشد. در این راستا آمایش سرزمین، حکمرانی آب و اصلاح الگوی مصرف از اقدام‌های اساسی است. البته، به احتمال ساحل‌های دریای عمان (ساحل‌های مکران) چالش‌های کمتری نسبت به ساحل‌های خلیج فارس دارند، اما طرح‌های انتقال آب دریا در آن‌جا نیز باید با محدودیت انجام شود و پیش از هر اقدامی، بررسی های علمی و دقیق صورت گیرد و به ویژه این‌که، امکان دسترسی به منابع آب های نامتعارف بررسی شود.

منابع

اسلامی، روح الله؛ رحیمی، احمد. (۱۳۹۸). سیاست گذاری و بحران آب در ایران. *فصلنامه سیاست های راهبردی و کلان*، ۷ (۳)، ۴۳۴-۴۱۰.

امامی‌میبدی، راضیه. (۱۴۰۰). *مسائل مدیریت آب در ایران و توصیه هایی برای اصلاح آن*. معاونت مطالعات کاربردی، دفتر هیئت دولت، ریاست جمهوری.

بدیعی‌ازنداهی، مرجان؛ افضلی، رسول؛ یزدان پناه- درو، کیومرث؛ حشمتی، جواد. (۱۴۰۳). مولفه های اثرگذار بر شکل‌گیری اکولوژی سیاسی آب بر اساس طرح انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به مناطق شرق مرکزی ایران. *فصلنامه علمی جغرافیا*، ۲۲۰ (۸)، ۱۵۰-۱۲۷.

بوستانی، سعید؛ کمپانی زارع، میرزا؛ نوشادی، مسعود. (۱۳۸۷). بررسی اثر گنبدهای نمکی بر روی منابع آب در منطقه دهرم استان فارس. *جنگل و مرتع*، ۷۸، ۲۶-۳۸.

ترابی‌آزاد، مسعود؛ محسنی-آراسته، افشین؛ سلامی ابیانه، رضوان؛ منصوری، داریوش. (۱۳۸۹). مطالعه تبخیر در خلیج فارس بر اساس یک مدل برهمکنش هوا-دریا. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۲(۲)، ۴۵-۶۰.

رحیمیان، محمد حسن؛ غلامی، حسن. (۱۴۰۱). تحلیلی بر وضعیت شوری منابع آب در حال استفاده بخش کشاورزی. *نشریه آب و توسعه پایدار*، ۹ (۳)، ۱۰۷-۱۱۶.

زارعی، قاسم؛ خان احمدی، مرتضی (۱۳۹۵). چشم انداز نمک زدایی آب برای مصارف کشاورزی. *نشریه مدیریت آب کشاورزی*، ۳(۲)، ۲۳-۳۸.

زرین، آذر؛ داداشی- رودباری، عباسعلی. (۱۴۰۲). بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران. *آب و توسعه پایدار*، ۱۰ (۱)، ۳۷-۴۴.

زهرایی، بنفشه. (۱۴۰۲). *بررسی ابعاد طرح انتقال آب از خلیج فارس به فلات مرکزی*. شبکه اینترنتی دانشگاه تهران.

ظفرنژاد، فاطمه. (۱۳۹۵). نقدی بر طرح انتقال آب از خلیج فارس و دریای عمان به فلات مرکزی ایران. *نشریه آب و توسعه پایدار*، ۳۰ (۱)، ۱۲۴-۱۲۹.

فرخی مقدم، صفیه؛ علی اکبری- بیدختی، عباسعلی؛ احمدی- گیری، فرهنگ؛ عظام، مجتبی. (۱۴۰۰). مطالعه تغییرپذیری پارامترهای فیزیکی (دما و شوری) آب های خلیج فارس ناشی از تغییرات اقلیم با استفاده از یک مدل سازی عددی و برخی داده های اندازه گیری. *علوم زمین*، ۳۱(۱)، ۶۳-۷۰.

محبی، حسن؛ انصاری- سامانی، حبیب؛ حاج امینی، مهدی. (۱۳۹۸). تحلیل وضعیت مصرف آب در صنایع استان یزد، *بررسی مسائل اقتصادی ایران*، ۶ (۲)، ۱۷۵-۱۹۳.

Aghebat-Bekhair, H., Kardan Moghadam, H. & Pourreza-Bilondi, M. (2022). Investigating of Challenges and Opportunities of an Inter-Basin Water Transfer Project (Case Study: Desalination and Water Transfer from the Oman Sea to the Three Eastern Provinces of the Iran). *Water Harvesting Research*, *5*(2), 150-159.

AGEDI, (2016). Final Technical: Regional Desalination and Climate Change. LNRCCP. CCRG/IO, 105 p.

Ahmadzadeh-Heravi, M., Hoshmandzadeh, M.A. & Nabavi, M.H. (1990). New concept of Hormoz formation`s stratigraphy and the problem of salt diapirism in south Iran. Proceeding of Symposium on Diapirism with Special Reference to Iran, 1, 21. *Geological Survey in Iran*, 1-22.

Buchanan, J.R., Krupp, F., Burt, J.A., Feary, D.A., Ralph, G.M. & Carpenter, K.E. (2016). Living on the edge: vulnerability of coral-dependent fishes in the Gulf. *Marine Pollution Bulletin*. 105 (2), 480–488.

Burt, J. (2014). The environmental costs of coastal urbanization in the Arabian Gulf. In: City: Analysis of Urban Trends, *Culture, Theory*, *Policy, Action,* 18, 760–770.

Edmo J.D. Campos Vieira, F., Cavalcante, G., Kjerfve, B., Abouleish, M., *et al*. (2020). Impacts of brine disposal from water desalination plants on the physical environment in the Persian/Arabian Gulf . Environ. Res. Commun. 2 (2020) 125003. Retrieved from: https://doi.org/10.1088/2515-7620/abd0ed.

Elhakeem, A. & Elshorbagy, W. (2015). Hydrodynamic evaluation of long-term impacts of climate change and coastal effluents in the Arabian gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 667–685.

Erftemeijer, P.L.A. & Shuail, D.A. (2012). Seagrass habitats in the arabian gulf: distribution, tolerance thresholds and threats. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 15, 73–83.

Gude, V.G. (2011). Energy consumption and recovery in reverse osmosis. *Desalination and Water Treatment,* 36, 239-260.

GWI, (2018). Global water intelligence: desaldata database. www.desaldata.com accessed on 7th November 2018.

Jamaly, S., Darwish, N.N., Ahmed, I. & Hasan, S.W. (2014). A short review on reverse osmosis pretreatment technologies. *Desalination*, 354, 30–38.

Jenkins, S., Paduan, J., Roberts, P., Schlenk, D. & Weis, J. (2012). Management of Brine Discharges to Coastal Waters Recommendations of a Science Advisory Panel. Southern California Coastal Water Research Project. *State Water Resources Control Board Technical Report*, 694, 101p.

Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M., Smakhtin, V. & Kang, S. (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook. *Science of the Total Environment*, 657, 1343–1356.

Le Quesne, W.J.F., Fernand, L., Ali, T.S., Andres, O., Antonpoulou, M. *et al*. (2021). Is the development of desalination compatible with sustainable development of the Arabian Gulf? *Marine Pollution Bulletin,* Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112940.

Lettemann, S. & Hopner, T. (2008). Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination* 220, 1–15.

Mirzavand, M. & Bagheri, R. (2020). The water crisis in Iran: Development or destruction? *World Water Policy*, 6(1), 89-97.

Missimer, T.M., Jones, B. & Malvina, R.G. (2015*). Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities.* Springer International Publishing, Switzland, 2015. 544p.

Missimer, T.M. & Maliva, R.G. (2018). Environmental issues in seawater reverse osmosis desalination: intakes and outfalls. *Desalination*, 434, 198–215.

Qodratnema, Q. (1998). Water resources, use and future demand in Iran. *Water and Development*. NO 18 (In Persian).

Petersen, K.L., Frank, H., Paytan, A. & Bar-Zeev, E. (2018a). Impacts of seawater desalination on coastal environments. In: Sustainable Desalination Handbook: Plant Selection, Design and Implementation. V. Gnaneswar Gude. *Butterworth-Heinemann*, 437–463.

Petersen, K.L., Paytan, A., Rahav, E., Levy, O., Silverman, J. *et al*. (2018b). Impact of brine and antiscalants on reef-building corals in the Gulf of Aqaba–Potential effects from desalination plants. *Water Research*, 144, 183-191.

Reynolds, M.R. (1993). Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and Gulf of Oman—results from the Mt. Mitchell expedition. *Marine Pollution Bulletin*, 27, 35–99.

Sale, P.F., Feary, D.A., Burt, J.A., Bauman, A.G., Cavalcante G.H. *et al*. (2011). The growing need for sustainable ecological Management of Marine Communities of the Persian Gulf. *Ambio, A Journal of Environment and Society,* 40, 4–17.

Sheppard, C. (2016). Coral reefs in the Gulf are mostly dead now, but can we do anything about it? *Marine Pollution Bull*etin, 1052, 593–598.

Sheppard, C.R.C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R. *et al*. (2010). The Gulf: a young sea in decline. *Marine Pollution Bull*etin, 60, 13–38.

Shiati, K. (1998). Brackish water as a source for irrigation: behaviour and management of salt-affected reservoirs (Iran). In: *Proceedings of the International Workshop at the 10th ICID Afro-Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage*. 19-26 July 1998. eds. Ragab, R.; Pearce, G. Bali, Indonesia, 72-82.

Vaughan, G.O., Al-Mansoori, N. & Burt, J. (2019). *The Arabian Gulf. In: Sheppard, C. (Ed.), World Seas: An Environmental Evaluation,* second edition Vol. 2. Elsevier Science, Amsterdam, NL, 1–23.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):123-140 (2026)

Analysis of Desalination and Transfer of Seawater from Persian Gulf and Oman Sea

Noshadi, M. [1] **and Sepaskhah, A.R.**[2]

There are several assumptions in mind of consults and administrators of the Persian Gulf and Oman Sea water transfer project (PGOSWT-project) in Iran that provoke several questions in mind of water specialists as follows: (i) Considering prevalence on nature instead of comparability with nature, (ii) Heavy government and private investment, (iii) Uniform distribution of water in country, (iv) Giving priority to recycling of unconventional water in the main territory, (v) Desalinization of seawater near the Persian Gulf and Oman Sea shores, (vi) PGOSWA-projects are not feasible in non-operant defense, (vii) Not implementing land use planning. In this study, considering the provoked questions in mind of water specialists, we investigated the PGOMSWT-projects. Results showed that the cost of desalinized water is extremely expensive and it causes higher water salinity in Persian Gulf. In this project, the amount of energy consumption and greenhouse gases production is very high and has many negative environmental consequences. Instead, several different approaches are suggested to provide water as follows: (i) Recycling of industrial and drinking wastewater in site of wastewater production, (ii) Desalination of saline surface (river) and groundwater resources in the main territory (iii) Remediation of municipal and rural drinking water supply and distribution networks. Regarding the mentioned results, it is suggested that desalination of Persian Gulf saline water only should be installed and operated on shore and areas near to the shore as small desalination plant and it should not be transferred to the main territory. Instead, saline river water and saline groundwater in the main territory should be desalinized. In regard of Oman Sea water transfer project, it may have fewer challenges. However, its environmental conditions, cost of desalinized water and presence of the unconventional water in the main territory should be again examined.

Key words: Desalination, Energy, Greenhouse gases, Recycling.

1. Corresponding author's Email: noshadi@shirazu.ac.ir
2. Professor of Shiraz University (Invited Scholars of I.R. Academy of Sciences) and Professor of Shiraz University (Fellow of I.R. Academy of Sciences), Shiraz, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۴۱ تا ۱۵۴ (۱۴۰۵)

بررسی راهکارهای اصلاح نژادی در افزایش بهره‌وری گله‌های گاو شیری[1]

محمد تاجیک خواری[2] و محسن قلی زاده[3]

چکیده

دامپروری از مهمترین زیربخش‌های کشاورزی است که رشد و توسعه آن نیازمند اجرای درست پایه‌های علمی و فنی است. یکی از دشواری‌های بزرگی توسعه دامپروری بهره‌وری نامناسب است و برای افزایش سود واحدهای تولیدکننده شیر، شناخت دقیق عامل‌های مؤثر بر افزایش بهره‌وری هدفی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. اصلاح نژاد گاو شیری که در افزایش و بهبود کیفیت ژنتیکی افراد نسل آینده نقش دارد، می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری شود. با ورود ویژگی‌های جدید در برنامه‌های اصلاحی مانند RFI [4]، BWC [5] و مانند این‌ها، پژوهشگران به‌جای افزایش بی‌رویه تولید شیر، بر افزایش بهره‌وری غذایی تمرکز می‌کنند. استفاده از ابزارهای اصلاحی مانند تشکیل بوم‌نظام اطلاعات، تشکیل تابع سود اقتصادی و تفسیر درآمدها و هزینه‌ها، ترسیم و تفسیر منحنی شیردهی، شبیه‌سازی برنامه‌های بهینه‌سازی تولید با بهره‌گیری از زبان‌های برنامه‌نویسی داخلی، می‌تواند در افزایش بهره‌وری کمک‌های چشمگیری داشته باشد. این بررسی نشان می‌دهد که استفاده از برنامه‌های آماری پیشرفته در به‌دست آوردن منحنی شیردهی دامداری و مقایسه آن با منحنی‌های استاندارد، برآورد ارزش‌های اصلاحی ویژگی‌های مختلف و رتبه‌بندی گاوهای شیری، محاسبه شاخص‌های گزینش اقتصادی بر اساس شرایط بازار و اقتصاد کشور و تخمین سطح بهینه تولید شیر با استفاده از شبیه‌سازی، می‌تواند بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نژاد، دامپروری، شاخص گزینش اقتصادی، منحنی شیردهی، نبود بهره‌وری.

مقدمه

شیر و فراورده‌های آن، یکی از مهمترین مواد غذایی تأمین‌کننده پروتئین و کلسیم انسان است و سرمایه‌گذاری‌های بسیار زیادی در سراسر جهان برای تولید، تجارت و مصرف آن‌ها انجام شده است. با وجود فعالیت‌های چشمگیری که در گله‌های صنعتی روی می‌دهد، هنوز دشواری‌ها و نارسایی‌های گوناگونی، سطح بهره‌وری تولید را کاهش می‌دهد (Dashti, 2015). از مهمترین دشواری‌های موجود، می‌توان به وابستگی قیمت و تولید شیر به تولید و عرضه علوفه، زیاد بودن ضریب تبدیل و استفاده نکردن از فنّاوری‌های جدید در صنعت تولید شیر (نیکوکار و همکاران، ۱۳۸۹)، اندک بودن نرخ بهره‌وری

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۹

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: mtajik291@gmail.com

۳- به ترتیب، دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری.

4. Residual feed intake 5. Body weight composite

(Dashti, 2015)، ناپایداری و نایکنواختی در قیمت‌گذاری شیر و بهای تمام شده آن و کمبود تقاضا برای شیر اشاره کرد (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۳).

اقتصاددانان به افزایش بهره‌وری و نقش آن در توسعه و پیشرفت اهمیت زیادی می‌دهند. بررسی‌های انجام شده در شاخص‌های رشد کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه، نشان می‌دهند که سهم افزایش بهره‌وری تولید، از سهم مقدار سرمایه‌گذاری بیشتر است (Emami Meibodi, 2005). بر اساس گزارش‌ها، در ایران میانگین تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای هلشتاین از ۹۵۰۰ تا ۱۰۵۰۰ کیلوگرم متغیر است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲)، درحالی‌که هزینه‌های تولید هر کیلوگرم شیر خام در سال ۱۴۰۲، بین ۱۷۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ تومان بود که حاشیه سودآوری را کاهش می‌دهد. این موضوع بیانگر بهره‌وری کم در گله‌های صنعتی ایران است. برای کسب بیشینه بهره‌وری تولید در پرورش گاوهای شیری، باید تمام جنبه‌های مدیریتی در شرایطی به طور کامل فنی و بهینه قرار داشته باشند. یکی از ابزارهای مهم اصلاح نژاد برای بررسی سطح بهینه عامل‌های مؤثر بر تولید، روش واکاوی سیستم و به‌وجود آوردن بوم‌نظام اطلاعاتی است. بوم‌نظام اطلاعات به معنای مجموعه‌ای از عنصرها است که بایکدیگر ارتباط دارند و زیر تأثیر عامل‌های محیطی نیز قرار داشته که بر نتایج و محصول پایانی، تأثیر خواهند گذاشت (Cartwright., 1979).

نتیجه چندین بررسی نشان داد که بهبود بهره‌وری، عامل موفقیت و افزایش سود اقتصادی است. برای نمونه در کشور ترکیه، نشان داده شد که درصورت استفاده بهینه از نهاده‌های غذایی در گله‌های کوچک، سودآوری به طور معنی‌داری افزایش پیدا خواهدکرد (Dagistan *et al*., 2009). در بررسی دیگری در ایران، تأثیر افزایش هزینه‌های نهاده‌های خوراک دام بر عرضه تولید شیر، معنی‌دار و منفی گزارش‌شد (Ranjpour *et al*., 2021). افزون بر این، اصلاح‌نژاد در افزایش بهره‌وری و ایجاد تابع‌های سود اقتصادی برای مقایسه سود واحدهای تولیدی به عنوان ابزار کارآمدی است. به‌دست آوردن همبستگی میان سودآوری دوره‌های مختلف شیردهی، می‌تواند دقت گزینش را افزایش‌دهد. بررسی همبستگی ژنتیکی با سودآوری تولید شیر و طول عمر، ۰/۹۶ است و می‌توان از سودآوری نخستین دوره شیردهی برای گزینش گاوهای شیری استفاده کرد (حسنوند جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین، با تشکیل تابع سود در گاوهای شکم اول، می‌توان سهم هزینه و درآمدها را زودتر به دست آورد و برای افزایش یا کاهش سطح درآمد و هزینه‌ها تصمیم‌گیری کرد. وجود نوسان در شرایط اقتصادی کشور (مانند محدودیت‌های ارزی و مانند این‌ها) نیز می‌تواند بهره‌وری تولید را به شدت کم یا زیاد کند و توصیه می‌شود تا برای رسیدن به یک سود اقتصادی پایدار، روی برنامه‌های اصلاحی تمرکز کرد. تمرکز بر برنامه‌های اصلاح نژاد، نه تنها یک گزینه فنی و علمی، بلکه یک ضرورت پایدار، اقتصاد محور و زیست محیطی است و استفاده از مبانی دانش اصلاح نژاد، تنها ابزاری است که بهبود ویژگی‌های ژنتیکی را به صورت پیوسته در نسل‌های آینده ایجاد می‌نماید، زیرا بهبود شرایط محیطی و مدیریتی، بهبودهای گذرا و غیروراثتی را به وجود می‌آورد (Shook, 1989). اصلاح نژاد با گنجاندن ویژگی‌های اقتصادی گسترده در برنامه‌های خود (مانند تولید مثل، سلامت، کارایی خوراک و مانند این‌ها) می‌تواند بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد و سود خالص در طول عمر را از ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار در سال افزایش دهد (Van Raden *et al*., 2025) و این برتری را به نسل‌های آینده نیز انتقال دهد. در این بررسی مروری، به بررسی مهمترین راهکارهای اصلاحی پرداخته شده و می‌توان با استفاده از آن‌ها، به افزایش بهره‌وری اقتصادی کمک کرد.

بررسی راهکارهای اصلاح نژادی در افزایش بهره‌وری

از نگاه اصلاح نژادی، تغییر در مجموعه‌ای از ویژگی‌های اقتصادی می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری شود و تاکید بر یک ویژگی (مانند تولید شیر) نمی‌تواند بیشینه سودآوری داشته باشد. از سوی دیگر، ماهیت برنامه‌های اصلاحی، افزایش بهره‌وری اقتصادی با توجه به بهبود همزمان ویژگی‌های اقتصادی است. برای نمونه، یافته‌ها نشان می‌دهند که امروزه افزایش تولید شیر به تنهایی عامل مهمی در سودآوری نیست (Haile-Mariam *et al*., 2003) و در تایید این مطلب، پژوهشگران، تولید مثل را عامل اصلی سودآوری در دامداری‌های پرورش گاو شیری معرفی کردند (Santos *et al*., 2025). افزون بر این، ویژگی‌های شایستگی[1] نیز اهمیت ویژه‌ای دارند (Goddard & Wiggans, 1999) و شاخص گزینشی سودآور، بی‌شک شامل ویژگی‌های تولید مثل و شایستگی در کنار ویژگی‌های تولیدی است. به احتمال، گزینش‌های یک سویه برای تولید شیر در گذشته، دشواری‌های امروز را در تولید مثل، رفاه و مانند آن به‌وجود آورده است. اگر، هدف در گله‌های گاو شیری، افزایش بهره‌وری تولید است، چگونه می‌توان به این مهم دست پیدا کرد و چه راهکارهایی برای آن‌ها می‌توان تعریف کرد؟

بوم‌نظام اطلاعات

هنگامی که اطلاعات موجود در یک مزرعه پرورش گاو شیری کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، مجموعه‌ای بزرگ از داده‌های ثبت‌شده را تشکیل می‌دهند که آن را بوم‌نظام اطلاعات می‌نامند و با استفاده از آن، می‌توان اثر عامل‌های مختلف بر یکدیگر را بررسی کرد. مهمترین نکته در به‌وجود آوردن یک بوم‌نظام اطلاعات قابل واکاوی، وجود داده‌های درست و کم‌خطاست. وجود روش‌های سنتی و قدیمی در دامداری‌های پرورشی کشورهای در حال توسعه (Yadeta *et al*., 2020)، ثبت داده‌ها را سخت و دشوار می‌کند زیرا حجم بزرگی از اطلاعات موجود، از خطاهای زیادی برخوردار هستند. از مهمترین دلیل‌های کیفیت کم داده‌های موجود، می‌توان به نبود زیرساخت‌های کافی، تخصیص محدود منابع مالی در جهت جمع‌آوری اطلاعات و یکی‌سازی و توسعه‌ی فناوری‌های دیجیتال در کشورهای در حال توسعه اشاره نمود (Opoola *et al*., 2019). اگرچه پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، بازار جهانی شیر تا بیش از ۳۵٪ رشد خواهد داشت (FAO, 2023)، اما لازمه این پیشرفت در کشورهای در حال توسعه، نیازمند بهبود کیفیت مدیریت و سیستم‌های داده‌برداری دقیق و منظم است. در یک بررسی، بهترین راهبرد برای افزایش بهره‌وری تولید، ویرایش و افزایش کیفیت اطلاعات به‌دست آمده از سطح دامداری‌ها معرفی شد و به تولیدکنندگان توصیه کرد تا نسبت به ثبت دقیق و بی‌خطای داده‌های تولید، بیش از پیش اهمیت دهند (Limo, 2017).

تولید مثل

باروری یک ویژگی چندوجهی است که زیر تاثیر وضعیت سلامتی، مدیریت، محیط و ژنتیک قرار دارد. عملکرد خارج از بهینه هر کدام از این عامل‌ها، می‌تواند دلیل اصلی کاهش باروری در گله‌های صنعتی باشد و تولید مثل را به چالش بکشاند (Leroy *et al*., 2018). توجه نداشتن کافی به ویژگی‌های تولید مثلی در گاوهای شیری موجب حذف اجباری در گله‌های شیری، کاهش راندمان تولید مثلی و افزایش هزینه‌های جایگزینی می‌شود (Marti & Funk, 1994). در پژوهشی، ۳۵ تا ۴۵٪ از حذف اجباری دامداری‌های گاو شیری را ناشی از دشواری‌های تولید مثلی گزارش کردند که این مقدار نشان‌دهنده توجه بیشتر به تولید مثل است (Bahrampour *et al*., 2016). هرچند که همبستگی بین صفت‌های تولیدی

1. Fitness traits

و تولید مثلی نامطلوب است (Evans *et al.*, 2006; McCarthy *et al.*, 2007)، اما اثبات وجود تغییر ژنتیکی مطلوب در برخی از صفت‌های تولید مثلی در بررسی‌ها، موجب می‌شود تا این صفت‌ها در برنامه‌های گزینش قرار بگیرند (Weigel & Rekaya, 2000). یکی از راهکارهای اصلاح نژاد در افزایش راندمان تولید مثل، به کارگیری برنامه‌های گزینش ژنگانی[1] و قرار گرفتن صفت‌هایی مانند CCR[2] و HCR[3] در شاخص‌های گزینش اقتصادی بوده است. بی‌تردید، ممکن است گزینش ژنگانی در گله‌های شیری از نظر زیاد بودن هزینه‌ها، امکان‌پذیر نباشد و بدین جهت، راهکارهای زیر توصیه می‌شود:

۱- در گزینش اسپرم، از اسپرم‌هایی با توان ژنتیکی زیاد در صفت‌های تولید مثلی استفاده شود. بهبود نرخ گیرایی با استفاده از اسپرم‌هایی با توان ژنتیکی بالا در CCR و DPR[4] اهمیت اقتصادی بالایی در پرورش گاو شیری دارد. اهمیت به نرخ گیرایی در اسپرم‌ها، می‌تواند نرخ گیرایی را در دامداری بهبود ببخشد.

۲- می‌توان با استفاده از حسگرهای پیشرفته، فحل‌یابی‌ها را به‌طور مشخصی افزایش داد (Fricke *et al.*, 2014). در حال حاضر و با افزایش سطح فناوری، استفاده از گردنبندهای الکترونیکی در افزایش فحل‌یابی، توصیه می‌شود.

۳- مدیریت دوره انتقال و کاهش شدت و طول تعادل منفی انرژی (دوره‌ای که گاوها، مصرف خوراکشان کاهش یافته و از ذخیره‌های چربی بدنی خود، سرمایه گذاری می کنند)، می‌تواند نرخ گیرایی را افزایش و بهره‌وری تولید مثل را افزایش دهد (Cardoso Consentini *et al.*, 2021).

۴- تخمین مقدار عددی فاصله زایش تا نخستین تلقیح پس از زایش (DFS[5]): با بهره گیری از برنامه‌های آماری، می‌توان با استفاده از منحنی‌های شیردهی و تفسیر شیب خط افزایش منحنی و سطح تولید شیر، مقدار عددی DFS را تخمین زد.

تولید مثل مهمترین عامل افزایش بهره‌وری اقتصادی در گله‌های گاو شیری است (Pascottini *et al.*, 2022 -Santos *et al.*, 2025) و با کنترل آن می‌توان روزهای شیردهی را کاهش (Nasre-Esfahani, 2018)، مقدار تولید شیر و شمار زایش‌ها را در طول عمر تولید افزایش داد (Dekkers *et al.*, 1998) و مقدار حذف اجباری را به کمینه رسانید که به دنبال آن، فراوانی دام‌هایی با تولید بیشتر و سلامت، افزایش پیدا می‌کند (شاهمرادی و همکاران، ۱۳۸۷). افزون بر این، هزینه‌های تلقیح مصنوعی و درمان نیز در گله کاهش معنی‌داری خواهد داشت (Dekkers *et al.*, 1998) و همچنین، پیشرفت ژنتیکی با افزایش نرخ گیرایی و شمار گوساله‌های متولد شده بیشتر و افزایش شدت گزینش (Peters, 1996)، بیشینه خواهد شد. بهبود عملکرد تولیدمثل موجب کاهش فاصله گوساله‌زایی و میانگین تولید با کاهش شمار روزهای شیردهی، افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش شمار روزهای شیردهی موجب افزایش فراوانی گاوهایی می‌شود که در مرحله افزایشی منحنی شیردهی قراردارند (Nasr-Esfahani, 2018). این جمله، مفهوم مهمی در مدیریت گاوهای شیری است. چنانچه فاصله گوساله‌زایی را ۱۲ ماه در نظر بگیریم، طول دوره شیردهی ۱۰ ماه و گاوهای شیری به‌طور سالانه یک گوساله به دنیا خواهند آورد. با ورود اسپرم‌های خارجی، اگرچه سطح تولید شیر افزایش می‌یابد، اما فاصله گوساله‌زایی نیز روندی افزایشی به خود می‌گیرد که این مهم موجب کاهش تعداد گوساله‌های متولد شده در طول عمر تولیدی است و گاوهای شیری مدت زمان بیشتری در شیب رو به پایین تولید قرار می‌گیرند. در تفسیر اقتصادی گله‌های گاو شیری، توجه یکطرفه به سطح تولید شیر و کاهش عملکرد تولیدمثل، نه تنها سودآور نیست، بلکه، می‌تواند به بحران اقتصادی نیز تبدیل شود. در بررسی دیگری روی عملکرد گله‌های شیری اوکراین، تجزیه و واکاوی درآمد و هزینه‌های جایگزینی تلیسه‌ها، نشان‌دهنده

1. Genomic 2. Cow conception rate 3. Heifer conception rate 4. Daughter pregnancy rate 5. Days first service

امکان ایجاد تغییر در برنامه‌های اصلاحی به سود تولید مثل است (Ruban *et al*., 2023). لازم به یادآوری است که افزایش شمار تلیسه‌های موجود، نه‌تنها برای جایگزینی گله مناسب هستند، بلکه، می‌توان با فروش مازاد آن‌ها به درآمد چشمگیری دست پیدا کرد (Ruban *et al*., 2023).

تعیین شاخص گزینش اقتصادی

گزینش برای اصلاح حیوان‌ها بیشتر روی ویژگی‌های گوناگون و اقتصادی است و هرگز نمی‌توان روی یک ویژگی به تنهایی گزینش انجام داد، زیرا ارزش اقتصادی کل به بیش از یک صفت مرتبط می‌شود. در گذشته، اهمیت افزایش تولید شیر از جایگاه زیادی برخوردار بود، اما وزن نسبی صفت تولید شیر در شاخص Net Merit آمریکا از ۵۲ در سال ۱۹۷۱، به سه در سال ۲۰۲۵ رسیده است (Van Raden *et al*., 2025) و اهمیت افزایش تولید شیر به تنهایی، کمرنگ شده است. راهکار و راهبردهای اصلاح نژاد برای رسیدن به بیشینه بهره‌وری اقتصادی، تغییر همزمان ویژگی‌های مختلف اقتصادی بوده است. بنابراین توصیه می‌شود که در دامداری‌های گاو شیری، شاخص‌های گزینش چند صفتی مورد استفاده قرار گیرند و صفت‌های مهمی مانند سلامتی، تولید مثل، بهره‌وری خوراک مورد توجه باشند. اکنون که گزینش بر اساس شاخصی از ارزش‌های اصلاحی و اقتصادی صورت می‌گیرد، بازدهی گزینش به بیشینه خود خواهد رسید و حذف ژن‌های مطلوب به کمینه ممکن می‌رسد. بنابراین، شاخص گزینش چند صفتی به دلیل ترکیب اطلاعات صفت‌های مختلف، بهترین ابزار ژنتیکی برای گزینش گاوهای نر و ماده است (Mancin *et al*., 2022). برای نخستین بار در ایران شاخص اقتصادی ملی مطرح و پیشنهاد شد که ویژگی‌های شیر، چربی، پروتئین و طول عمر تولیدی، مهمترین ویژگی‌های موجود در دامداری‌های گاو شیری ایران می‌باشند (Sadeghi-Sefidmazgi *et al*., 2009). تفاوت هدف‌های اصلاحی و شرایط اقتصادی متفاوت ایران و دیگر کشورهای صادرکننده اسپرم (آمریکا و کانادا)، لزوم تدوین یک شاخص گزینش اقتصادی ملی را در کشور به‌وجود آورده است، اما در حال حاضر هنوز شاخص گزینش واحدی در کشور وجود ندارد و تولیدکنندگان شیر مجبورند از شاخص‌های گزینش کشورهای صادرکننده اسپرم استفاده کنند و این موضوع، بهره‌وری تولید را در گله‌های کشور، زیر تاثیر خود قرار داده است. تدوین شاخص‌های گزینش اقتصادی در گله‌های شیری توصیه می‌شود و بر اساس شاخص گزینش، گاوهای شیری رتبه‌بندی می‌شوند و گاوهایی با بیشترین شاخص عددی، می‌توانند به‌عنوان والدین نسل آینده قرارگیرند و گاوهایی با مقدار عددی شاخص کم، در برنامه حذف قرار خواهندگرفت. پژوهشگران در مقایسه بین شاخص‌های مختلف گزینش، به این نتیجه رسیدند که گزینش تنها بر اساس افزایش تولید شیر هرگز نمی‌تواند بیشینه سودآوری را داشته باشد (Chegini *et al*., 2019) و به همین دلیل است که نویسندگان توصیه می‌کنند از شاخص‌های گزینش اقتصادی چندصفتی که صفت‌های تولید مثلی و سلامتی پستان‌ها را شامل می‌شود، به عنوان راهبرد اصلاحی در گله‌های شیری استفاده کنند.

برآورد فراسنجه‌های صفت‌های تولید و تولید مثل در گله‌های گاو شیری

در بیشتر گزارش‌ها، وراثت‌پذیری صفت‌های تولید مثلی کم است. وراثت‌پذیری فاصله زایش در گله‌های گاو شیری ایران، انگلستان و آمریکا به ترتیب ۰/۰۳۵، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۹ (Campos *et al*., 1994 ; Pryce *et al*., 2000 ; شهدادی و همکاران، ۱۳۹۲) گزارش شده است. همچنین، وراثت‌پذیری شمار روزهای باز در گله‌های ایران، ژاپن و آمریکا به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۹ و ۰/۰۵۲ برآورد شده است (شهدادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Abe *et al*., 2009 ;Campos *et al*., 1994). برآورد دقیق فراسنجه‌های ژنتیکی صفت‌های تولیدی و تولید مثلی نه‌تنها مفید است، بلکه، لازم و پیش‌زمینه اصلی برای

تدوین شاخص‌های گزینش ژنتیکی است. در کشورهای توسعه‌یافته، فراسنجه‌های ژنتیکی تولید و تولید مثل با دقت زیادی برآورد می‌شوند و این موضوع بر کارآمد بودن برنامه‌های اصلاح نژادی مؤثر است. قرار گرفتن فراسنجه‌های ژنتیکی و اقتصادی دقیق در کنار یکدیگر، یک شاخص گزینش مؤثر را به وجود آورده و بهره‌وری اقتصادی افزایش خواهد داد.

دلیل‌های مختلفی مانند ناقص بودن اطلاعات شجره (Dong *et al.*, 1988)، روش تجزیه اطلاعات و کوچک بودن اندازه جمعیت (Falconer & Mackay, 1996) و همچنین، تفاوت شرایط اقلیمی (محیط) (Hanford *et al*., 2002) در برآورد کم وراثت‌پذیری صفت‌های تولید مثلی نقش دارند. با این حال توصیه می‌شود با همگن‌سازی محیط به کاهش واریانس محیطی کمک کرد و در اصل، حیوان‌ها را باید به گونه‌ای مدیریت کرد که تأثیرهای محیطی بر عملکرد حیوان‌های مختلف تا حد یکسان، برابر شود. از آن‌جایی که برخی از صفت‌های تولید مثلی از واریانس ژنتیکی مطلوبی برخوردارند (Weigel & Rekaya, 2000)، می‌توان با ایجاد شرایط مطلوب محیطی، وضعیت را برای بروز پتانسیل ژنتیکی صفت‌های تولید مثلی فراهم و وراثت‌پذیری را دقیق‌تر برآورد کرد. با توجه به این موردها، قرار نگرفتن صفت‌های تولید مثلی در شاخص‌های گزینش اقتصادی، به‌دلیل کم بودن سطح وراثت‌پذیری، پذیرفتنی نیست و بهتر است که داده‌برداری‌ها با دقت بیشتری انجام شود و شرایط محیطی و مدیریتی نیز بهبود یابد تا سطح وراثت‌پذیری نیز افزایش پیدا کند (قادری زفره‌ای و همکاران، ۱۳۹۹). بروز بیماری‌های سوخت و سازی در ابتدای دوره شیردهی (Connor, 2015)، مهمترین عامل در کاهش بهره‌وری صفت‌های تولید مثلی است. در زمان تعادل منفی انرژی و بروز بیماری‌های سوخت و سازی مانند کتوز، تب شیر و مانند این‌ها، واریانس محیطی افزایش و وراثت‌پذیری کاهش می‌یابد. همگن‌سازی محیط و کاهش واریانس محیطی بر اثر بهبود مدیریت و شرایط تغذیه‌ای، به افزایش وراثت‌پذیری خواهد انجامید و زمینه برای بروز توان ژنتیکی گاوهای شیری در تولید مثل فراهم می‌شود.

بهینه‌سازی تولید شیر در زمان اوج شیردهی

راهبردهای گزینش برای افزایش تولید شیر در ابتدا و اوج شیردهی (هشت تا ۱۰ هفته ابتدای شیردهی)، دشواری‌های مهمی را به وجود آورده است. برای نمونه، به دلیل محدود بودن توان مصرف خوراک در آغاز شیردهی، نیاز مواد مغذی برای افزایش تولید بالا رفته و کارشناسان برای تامین انرژی، سهم مواد متراکم را در جیره افزایش می‌دهند که این موضوع، نه تنها هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، بلکه احتمال درگیری گاوها با ناهنجاری‌های سوخت و سازی را افزایش خواهد داد (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). گاوهای شیری در ابتدای دوره تولید پس از زایش، دچار افت مصرف خوراک می‌شوند (Hayirli, 1998) که موجب می‌شود گاوهای شیری نتوانند انرژی مورد نیاز خود را با مصرف خوراک به دست آورند (Butler *et al*., 2011) و این وضعیت به تعادل منفی انرژی پایان می‌یابد. نتیجه بررسی نشان داد که اسپرم‌های دختری خارجی به دلیل تولید بیشتر و سوخت و ساز بیشتر، احتمال بیشتری برای درگیری با بیماری‌های سوخت و سازی دارند. نسبت احتمال بروز تعادل منفی انرژی در اسپرم‌های دختری ایرانی نسبت به آمریکایی و کانادایی به ترتیب، ۴/۱ و ۵٪ کمتر است (Namjo *et al*.,2016).

گاو شیری یک موجود زنده با محدودیت‌های فیزیولوژیک و رفاهی است و یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند که با افزایش ۱۰۰۰ کیلوگرم شیر در ۳۰۵ روز، ۱۰ تا ۱۵٪ خطر بیماری‌های سوخت و سازی و دشواری‌های آبستنی افزایش پیدا می‌کند (Rodney *et al*., 2018). بررسی Van Raden *et al.*, (2025) در به‌روز رسانی شاخص گزینش Net Merit تاکید نسبی تولید شیر را سه، برآورد کردند که این موضوع نشان دهنده کاهش اهمیت افزایش تولید شیر است. تجزیه

و واکاوی بررسی‌های انجام شده جالب است، زیرا در ایران حجم فروش شیر، عامل اصلی درآمد تولیدکنندگان است و شاخص گزینش اقتصادی ۲۰۲۵، تاکید نسبی بر تولید شیر را کاهش داده است. بنابراین، استفاده از شاخص‌های گزینش اقتصادی خارجی که تاکید کمتری بر افزایش حجم شیر دارند، بهره‌وری اقتصادی را زیر تاثیر قرار خواهند داد. افزایش سود اقتصادی هرگز نمی‌تواند با افزایش سطح تولید شیر همراه باشد و در این‌باره، حفظ سلامتی گاوهای شیری باید در اولویت تولیدکنندگان قرار گیرد، زیرا با بروز بیماری‌های سوخت و سازی، زمینه برای درگیری با بیماری‌های دیگر نیز فراهم می‌شود. نشان داده شده که میان بیماری‌های سوخت و سازی و سایر بیماری‌ها، همبستگی وجود دارد (Epperson, 2005). ارتباط بین ناهنجاری تب شیر و بروز ورم پستان از مهمترین نوع همبستگی‌ها است. با کاهش مقدار کلسیم پس از زایش گاوهای شیری، سرعت انقباض عضله‌ها کاهش و از آن‌جایی که عضله‌های سرپستانک‌ها از نوع ماهیچه‌های صاف است، کمبود کلسیم بازماندن سرپستانک‌ها می‌شود و چون گاوهای درگیر با ناهنجاری تب شیر، بیشتر تمایل به دراز کشیدن دارند، عامل‌های بیمارگر[1] به راحتی وارد بافت پستان شده و به بروز بیماری ورم پستان خواهند شد (Koltes & Spurlock, 2011).

بهینه‌سازی تولید شیر به منظور کاهش فشارهای سوخت و سازی بر گاو شیری در زمان اوج تولید مهم است و می‌توان از بروز پیامدهای بیماری سوخت و سازی جلوگیری کرد. بررسی Rathbun *et al.*, (2017) نشان داد که افزایش تولید شیر در زمان اوج به بالاتر از ۵۵ کیلوگرم، احتمال بروز کتوز و متریت را به ترتیب ۳/۵ و ۲/۸ برابر افزایش می‌دهد. بنابراین، کاهش عملکرد تولید مثل به افزایش نرخ حذف اجباری خواهد انجامید. به احتمال، مهمترین دلیل تولیدکنندگان برای افزایش تولید شیر، کم بودن طول عمر تولیدی در گله‌های صنعتی است و تولیدکنندگان، سعی می‌کنند تا با افزایش سطح تولید شیر، قسمتی از زیان اقتصادی ناشی از کم بودن طول عمر تولیدی را جبران کنند، پس می‌توان با تعدیل و بهینه‌سازی سطح تولید شیر، کارایی تولید مثل را از راه کاهش پیامدهای منفی تعادل منفی انرژی افزایش داد و طول عمر تولیدی را بهبود بخشید. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که می‌توان تولید شیر را با افزایش در نرخ تولید مثل و سلامتی گاوهای شیری، بهینه‌سازی کرد، زیرا با کاهش فاصله گوساله‌زایی، شمار روزهای شیردهی کاهش و میانگین تولید افزایش می‌یابد و می‌توان بدون استفاده بیشتر از نهاده‌های غذایی مانند کنسانتره و یونجه و تنها با بهره‌وری تولید مثل، میانگین تولید را به مقدار سه کیلوگرم در روز افزایش داد (سیدشریفی و همکاران، ۱۴۰۰). منظور از بازدهی اقتصادی در منحنی‌های شیردهی، اهمیت کارآمد بودن تولید و سطح بهینه تولید شیر است. واحد تولیدی گاو شیری، باید به دو مفهوم مهم بیشینه تولید شیر و تولید شیر بهینه، توجه نماید. این دو مفهوم، همیشه یکسان نیستند، به عبارت دیگر ممکن است بیشینه تولید شیر، به افزایش سود اقتصادی نیانجامد. بنابراین، به دست آوردن سطح بهینه‌ای از تولید شیر در زمان اوج شیردهی بسیار دشوار است.

تعیین اندازه بهینه شیر تولیدی، مؤثرترین ابزار اصلاح نژاد در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است، زیرا تولید بهینه شیر می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولیدی شود و این موضوع متاثر از ساختار تولید و شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه است (Ansari & Salami, 2007). مفهوم بهینه‌سازی تولید، همگام ساختن شیب خط افزایشی تولید شیر با شیب خط افزایشی منحنی خوراک مصرفی است، زیرا شیب خط افزایشی تولید شیر بیشتر از شیب خط افزایشی منحنی خوراک مصرفی است (Cabezas-Garcia *et al.*, 2021) و تولید شیر زودتر از مقدار خوراک مصرفی به اوج خود می‌رسد. بهینه‌سازی می‌تواند موجب کاهش اثرهای سوء تعادل منفی انرژی گردد و بهتر است تولید شیر را

1. Pathogen

با افزایش سطح سلامتی، تولید مثل و کاهش سطح تنش افزایش دهیم. برای کاهش سطح تنش سوخت و سازی در گاوهای شیری، می‌توان از رژیم‌های تغذیه‌ای کنترل‌شده از دوره پیش از زایش استفاده کرد (Elsaadawy *et al*., 2023) و از بروز کبد چرب در دوران پس از زایش، جلوگیری نمود. در یک بررسی روی واکاوی اقتصاد عملکرد گله گاو شیری، نشان داده شد که با استفاده از تابع تولید بر پایه قانون بازدهی کاهشی، می‌توان سطح بهینه خوراک مصرفی را تخمین زد (تاجیک‌خواری و همکاران، ۱۴۰۳) و با استفاده از آن، سودآوری تولید را به بیشینه رساند. تابع‌های تولید، به‌طور ساده رابطه بین نهاده‌ها و فراورده را نشان می‌دهند (Kuhpai., 2009) و بررسی آن‌ها برای افزایش بهره‌وری اقتصادی از راه تخصیص بهینه نهاده‌های مصرفی به منظور بهینه‌سازی تولید شیر توصیه می‌شود.

تفسیر منحنی شیردهی

منحنی شیردهی، بیان نموداری تغییرهای تولید شیر در طول زمان است و توصیف شیردهی با استفاده از منحنی تولید با هدف فراهم آوردن یک الگوی منظم از شیردهی، اطلاعات با ارزشی را از بازدهی زیستی و اقتصادی فراهم می‌آورد (Elahi Torshizi, 2016). آگاهی از شکل درست منحنی شیردهی بسیار مهم است، چون اطلاع از چگونگی تولید شیر در یک دوره شیردهی، پرورش‌دهنده را توانا می‌سازد تا گاوها را بر اساس ویژگی‌های شیردهی خود، مدیریت و اصلاح نژاد نمایند (Adediran *et al*., 2007). منظور از بازدهی زیستی می‌تواند به رویدادهایی مانند سلامت پستان و ناهنجاری‌های سوخت و سازی مرتبط باشد، زیرا پدیدگان[1] منحنی شیردهی می‌تواند زیر تاثیر سلامتی بافت پستان (Rajala-Schultz *et al*., 1999) و لنگش (Huxley, 2013) قرار گیرد و این دشواری‌ها به ایجاد اختلال در منحنی شیردهی انجامیده و الگوهای غیرطبیعی در پدیدگان شیردهی به وجود می‌آورد. بررسی منحنی شیردهی گاوهای شیری یک ابزار مهم اصلاح نژادی در دامداری‌ها است که نشان دهنده شرایط فیزیولوژیک حیوان است. تولید شیر، تابعی از شمار یاخته‌های آلوئولی[2] پستان در ابتدای دوره شیردهی است و شکل یک منحنی شیردهی استاندارد شامل یک مرحله افزایشی با سرعت زیاد تا زمان اوج شیردهی و سپس شیب آهسته کاهشی تا زمان پایان شیردهی است (Macciotta *et al*., 2011). بنابراین، تولید شیر زیر تاثیر شکل و پدیدگان منحنی شیردهی قرارمی‌گیرد.

بروز التهاب در سیستم پستانی، سوخت و ساز کبدی را مختل می‌کند (Moyes, 2015) و می‌توان گفت که گاوهای مبتلا به ورم پستان، استعداد زیادی برای افزایش طول تعادل منفی انرژی خواهندداشت، زیرا بروز ورم پستان زمینه لازم را برای ندادن خوراک کافی و مورد نیاز حیوان برای تامین نیازمندی‌های شیردهی ایجاد می‌کند و در پی آن، شدت تعادل منفی انرژی افزایش می‌یابد (Namjo *et al*., 2016) و تاثیر معنی‌داری بر شیب خط افزایشی و کاهشی منحنی شیردهی خواهد داشت. با افزایش سطح ورم پستان، شیب خط کاهشی منحنی شیردهی در دوره پس از اوج شیردهی، افزایش یافته و این موضوع، موجب کاهش بهره‌وری اقتصادی خواهد بود. بنابراین، تفسیر منحنی شیردهی و شیب خط افزایشی و کاهشی برای نمایش بیماری‌ها و وضعیت غیرعادی حیوان، الزامی است. منحنی استاندارد تولید شیر که دارای یک مرحله افزایشی و یک مرحله کاهشی است (Macciotta *et al*., 2011)، از قانون بازدهی کاهشی پیروی می‌کند. بر اساس این قانون، با افزایش نهاده‌های غذایی، مقدار تولید فراورده تا نقطه ویژه‌ای به بیشینه می‌رسد و پس از آن، مقدار افزایش تولید به صفر خواهد رسید (تاجیک‌خواری و همکاران، ۱۴۰۳) و افزایش نهاده‌های مصرفی، به افزایش تولید نخواهند انجامید. با این حال، با استفاده از تابع‌های رگرسیونی تولید که رابطه میان نهاده‌های مصرفی و فراورده نهایی را

1. Phenotype
2. Alveoli

نشان می‌دهند (Kuhpai, 2009) و با مدیریت درست و برنامه‌ریزی‌های اصولی در جهت بهره‌گیری مطلوب از منابع موجود، می‌توان بهره‌وری را افزایش داد و بخش مهمی از پروتئین مصرفی را با صرفه‌جویی در خرید نهاده‌های وارداتی، تولید کرد (Naji & Erfanmanesh, 2006). بنابراین، توصیه می‌شود که با ترسیم منحنی شیردهی و تفسیر مقادیر بهینه خوراک مصرفی و شیر تولیدی، به بیشینه سود اقتصادی دستیابی شود.

به‌دست آوردن فراسنجه‌های ژنتیکی و محیطی منحنی شیردهی، در مدیریت درست تولید شیر و کاهش طول تعادل منفی انرژی بسیار مهم است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که شیب بیشتر کاهش تولید شیر پس از اوج شیردهی، موجب افزایش شمار یاخته‌های بدنی می‌شود (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). بنا براین، انتظار می‌رود با گزینش برای کاهش مقدار تولید شیر در ابتدا و اوج شیردهی و افزایش شیب منحنی پس از اندکی اوج، شمار یاخته‌های بدنی را کاهش و پستان‌ها در وضعیت بهتری از سلامتی قرار گیرند. توجه به همبستگی‌های ژنتیکی مثبت بین تداوم شیردهی و صفت‌های تولیدی (۰/۵۰۶ تا ۰/۷۲۵)، می‌توان انتظار داشت که گزینش برای افزایش پیوستگی شیردهی موجب افزایش مقدار شیر تولیدی ۳۰۵ روز می‌شود و سلامتی پستان‌ها با کاهش شمار یاخته‌های بدنی افزایش می‌یابد (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). از این رو، هرگز نمی‌توان تولید شیر در زمان اوج را به عنوان پایه اصلی در نظر گرفت، بلکه باید پیوستگی شیردهی (نیز در صفت‌های ویژگی‌های تولیدی) در کنار ویژگی‌های تولید مثلی و شایستگی، در شاخص‌های گزینش اقتصادی قرارداد. افزایش گزینش در زمان اوج تولید به تنهایی می‌تواند دشواری‌هایی از افزایش شدت و طول تعادل منفی انرژی (Javaheri barfourooshi *et al*.,2014)، افزایش نیازهای تغذیه‌ای و نرخ زیاد سوخت‌وساز (Grohn *et al*., 1995)، افزایش نرخ ناهنجاری‌های سوخت و سازی (Koltes & Spurlock, 2011) که به دنبال تشدید تعادل منفی انرژی و افزایش نیازهای تغذیه‌ای رخ می‌دهند، افزایش حساسیت به ورم پستان (Rajala-Schultz *et al*., 1999) و همچنین، لنگش (Huxley, 2013) را به وجود آورد. همه این دشواری‌ها، رفاه و آسایش گاوهای شیری را مختل کرده و بهره‌وری تولید را کاهش می‌دهند. گزینش گاوهای شیری بر اساس پیوستگی شیردهی، می‌تواند مقدار تنش ناشی از تولید بالا را در زمان اوج شیردهی کاهش دهد و تولید را در سطح بالا نگهدارد که این موضوع، به تخت‌تر شدن منحنی خواهد انجامید (Haile-Mariam *et al*., 2003).

نتایج بررسی، ارزش اقتصادی پیوستگی شیردهی در گاوهای شیری ایران، ۶۹۰ ریال برآورد شد (حسنوند و صادقی سفیدمزگی، ۱۳۹۴). وجود ارزش اقتصادی مثبت نشان دهنده سودآور بودن این ویژگی در برنامه‌های شاخص گزینش ژنتیکی است. اهمیت اقتصادی پیوستگی شیردهی از آن‌جا ناشی می‌شود که توزیع شیر در طول منحنی شیردهی به صورت یکنواخت قرار می‌گیرد و هزینه‌های تغذیه‌ای متعادل می‌شوند و این امکان وجود دارد که ازسهم بیشتری از علوفه در جیره مصرفی استفاده شود (Dekkers *et al*., 1998).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌ها به روشنی نشان می‌دهند که عامل اصلی کاهش سودآوری در واحدهای تولیدکننده شیر، اندک بودن سطح بهره‌وری و به‌کار نگرفتن پایه‌های فنی اصلاح نژاد مانند برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی تولید و تولید مثل، تفسیر منحنی‌های شیردهی و استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی است. در تمام بررسی‌ها، عامل اصلی کاهش سودآوری، بهره‌وری کم گزارش شده است و در هیچ منبعی، کاهش تولید شیر به‌عنوان کاهش سودآوری مطرح نیست، چون گاوهای کم

تولید به مرور از گله‌های شیری حذف خواهند شد و از سوی دیگر، استفاده از اسپرم‌های آمریکایی و کانادایی، توانسته ارزش اصلاحی تولید را افزایش دهد. بهره‌وری، عامل مهمی در افزایش رقابت میان واحدهای تولیدکننده است و بهتر است که گله‌های صنعتی، به‌جای مقایسه بر اساس افزایش تولید، بر اساس بهره‌وری و هزینه‌های تمام شده قیمت شیر تولیدی، مورد ارزیابی و مقایسه قرارگیرند. برای افزایش بهره‌وری، هرگز نباید به افزایش تولید شیر به‌تنهایی توجه کرد، زیرا افزایش بی‌رویه تولید شیر، موجب رقابت‌های اَفسارگسیخته‌ای خواهد شد که پیامدهای اقتصادی منفی بر جای می‌گذارد. در این بررسی، به عامل‌های مهم مؤثر بر بهره‌وری اشاره شد. با کنترل و اجرای درست سیاست‌های مدیریتی، می‌توان تولید شیر را بدون اختصاص منابع غذایی زیاد، افزایش داد و همراه با آن، سطح رفاه و آسایش و بهبود عملکرد تولید مثل با کاهش فاصله گوساله‌زایی را افزایش داد.

منابع

آرین فر، مریم؛ رکوعی، محمد؛ داشاب، غلامرضا؛ فرجی آروق، هادی. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین خصوصیات منحنی شیردهی و برخی صفات اقتصادی گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه ی تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۱(۱)، ۱-۱۳.

تاجیک خواری، محمد؛ صالحی، عبدالرضا؛ پیکانی ماچیانی، غلامرضا؛ اسدی الموتی، علی. (۱۴۰۳). تحلیل فرصت های سودآوری حاصل از پرورش یک گله گاو شیری (مطالعه ی موردی: یک واحد گاوداری صنعتی در استان تهران). *نشریه‌ی تولیدات دامی*، ۲۶(۲)، ۱۱۱-۱۲۱.

حسنوند، سمیه؛ صادقی سفیدمزگی، علی. (۱۳۹۴). برآورد ارزش اقتصادی برای تداوم شیردهی در گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه ی پژوهش های علوم دامی*، ۲۵(۳)، ۸۵ -۹۴.

حسنوندجوانمرد، سارا؛ صادقی سفیدمزگی، علی؛ دادپسند، محمد. (۱۳۹۵). برآورد فراسنجه های ژنتیکی و فنوتیپی برای سودآوری در سه دوره ی اول شیردهی گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه علوم دامی ایران*، ۴۷(۴)، ۵۳۱-۵۳۸.

سیدشریفی، رضا؛ شادپرور، عبدالاحد، قوی‌حسین‌زاده، نوید. (۱۳۹۳). برآورد ارزش های اقتصادی برخی صفات تولید و تولیدمثل در گلّه های گاو شیری شمالغرب کشور در شرایط نابهینه و بهینه سیستم تولید. *نشریه ی پژوهش های علوم دامی*، ۲۴(۱)، ۱۵۳-۱۶۴.

سیدشریفی، رضا؛ امیری، صونا؛ هدایت ایورق، نعمت، سیف دواتی، جمال؛ یلچی، طاهر. (۱۴۰۰). بررسی بیشینه کردن سود در گلّه های شیری با رویکرد بهینه سازی سامانه تولید. *نشریه‌ی پژوهش های علوم دامی*، ۳۱ (۳)، ۲۷-۳۹.

شاهمرادی، مجید؛ امانلو، حمید؛ حق نظری، علی. (۱۳۸۷). بررسی عوامل حذف گاوهای هلشتاین در گاوداری های صنعتی استان زنجان. *مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱(۴)، ۱۵۴-۱۶۲.

شهدادی، علیرضا؛ حسنی، سعید؛ علی ساقی، داوود؛ آهنی آذری، مجتبی؛ اقبال، علیرضا، رحیمی، عطیه. (۱۳۹۲). برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات تولیدی و تولیدمثلی دوره ی اول شیردهی در گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱(۴)، ۱۰۹-۱۲۶.

قادری زفره‌ای، مصطفی؛ گراوند، فرشاد؛ ترابی، آزاده؛ بهشتی، سیدصمد. (۱۳۹۹). مدل‌سازی معادلات ساختاری سازه‌های ژنتیکی پنهان تولیدی، تولیدمثلی و ماندگاری در گاوهای هلشتاین ایران. *پژوهش‌های تولیدات دامی*، ۱۱(۳۰)،۱۵۰-۱۳۴.

نیکوکار، افسانه؛ حسینی، سیدصفدر و دوراندیش، آرش. (۱۳۸۹). تحلیل ساختار بازار و اثر انتقال قیمت بر حاشیه بازاریابی در صنعت شیر ایران. منتشر شده در *هفتمین کنفرانس سالانه ی اقتصاد کشاورزی ایران*.

Abe, H., Masuda, Y. & Suzuki, M. (2009). Relationships between reproductive traits of heifers and cows and yield traits for Holsteins in Japan. *Jornal of Dairy Sci*ence, 92, 4055-4062.

Adediran, S.A., roche, J.R., Donaghy, D.J., Rawnsley, R., Freemen, M. *et al*. (2007). Predictive characteristics of lactation models for pasture-based Holstein Friesian dairy cows. In: D.F. Chapman, D.A. Clark, K.L. Macmillan, and D.P. Nation (Editors). Dairy Science 2007. *Meeting the Challenges for Pasture-Based Dairying. Proceedings of the 3rd Australasian Dairy Science Symposium. The University of Melbourne,* Victoria, Australia, 3, 423-430.

Ansari, V. & H. Slami. (2007). Advantages due to Scal in industry nuture Iran Shrimp, collection papers sixth conference in agricultural economics in Iran, *Journal of Agricultural Economics*, 56(2), 57-75.

Bahrampour, J., Danesh Mesgaran, M., Arabpour, A. R., Vakili, A. & Khezri, A. (2016). Risk factors affecting the culling of Iranian Holstein dairy cows. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 4(2), 15-23.

Butler, M., Patton, J., Murphy, J.J. & Mulligan, F.J. (2011). Evaluation of high–fiber total mix ration as a dry cow feeding strategy for spring-calving Holstein Friesian dairy cows. *Livestock Science*, 136, 85-9.

Cabezas-Garcia, E.H., Gordon, A.W., Mulligan, F.J. & Ferris, C.P. (2021). Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of different parities, and at different stages of lactation. *Animals*, 11(11), 3256.

Campos, M.S., Wilcox, C.J., Becerril, C.M. & Diz, A. (1994). Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. *Jornal of Dairy Sci*ence, 77, 867-873.

Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*, 11(2), 301.

Cartwright, T.C. (1979). The use of systems analysis in animal science with emphasis on animal breeding. *Journal of Animal Science*, 49(3), 817-825.

Chegini, A., N. Ghavi Hossein-Zadeh, S.H. Hosseini Moghaddam and A.A. Shadparvar. (2019). Appropriate selection indices for functional traits in dairy cattle breeding schemes. *Journal of Dairy Research*, 86(1), 13–18.

Connor E. (2015). Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: Challenges and possibilities. *Animal*, 9(3), 395-408.

Dagistan, E., Koc, B., Gul, M., Parlakay, O. & Akpinar, M. G. (2009). Identifying technical efficiency of dairy cattle management in rural areas through a non-parametric method: a case study for the East Mediterranean in Turkey. *Journal of Animal & Veterinary Advances*, 8, 863-867.

Dong M.C., Van Vleck L.D. & Wiggans G.R. (1988). Effects of relationships on estimation of variance components with an animal model and restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science*, 71, 3047-3051.

Dashti, G. (2015). Evaluation the trend and direction of technical change in industrial dairy farms in Iran. *Animal Science Research*, *25*(1), 25-35.

Dekkers, J.C., Tenhag, J.H. & Werrsink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*. 53, 237.

Elahi Torshizi, M. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 8:1-14.

Elsaadawy, S. A., Wu, Z. & Bu, D. (2022). Feasibility of supplying ruminally protected lysine and methionine to periparturient dairy cows on the efficiency of subsequent lactation. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 892709.

Emami Meibodi A. (2005). Principles of efficiency and productivity measurement. *Institute of Business Studies and Research of Tehran*.

Epperson, W.B. (2005). Risk factors for metabolic disease. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 31-35.

Evans, R.D., Buckley, P. & Berry, F. (2006). Trends in milk productions, calving rate and survival of cows in 14 Irish dairy herds as results of introgression of Holstein Friesian genes. *Journal ofAnimal Science*, 82, 423-434.

Falconer DS and Mackay TFC (1996). *Introduction to quantitative genetics.* 4th Ed. Longman group LTD. England.

FAO, 2023. *Dairy Market Review* - Emerging trends and outlook in 2023, Rome, Italy.

Fricke, P.M., Carvalho, P.D., Giordano, J.O., Valenza, A., Lopes Jr, G. *et al*. (2014). Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal*, 8(s1), 134-143.

Goddard, M.E. & Wiggans, G.R. (1999). Genetic Improvement of Dairy Cattle. The Genetics of Cattle. *CAB International*, 511-537.

Grohn, Y.T., Eicker, S.W. & Hertl, J.A. (1995). The association between previous 305-day milk yield and disease in New York state dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78,1693-1702.

Haile-Mariam, M., Bowman, P. & Goddard, M. (2003). Genetic and environmental relationship among calving interval survival persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. *Livestock Production Science,* 80(3),189-200.

Hanford, K.J., Van Vleck L.D. & Snowder G.D. (2002). Estimation of genetic parameters and genetic change for reproduction weight and wool characteristics of Columbia sheep. *Journal of Animal Science*, 80, 3086-3098.

Hayirli, A. (1998). A mathematical model for describing dry matter intake of transition dairy cows. *Journal of Animal Science*, 76(1), 296.

Huxley, J.N. (2013). Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156, 64–70.

Javaheri barfourooshi, H., Towhidi, A., SadeghiPanah, H., Zhandi, M. & Zeinodini, S. (2014). Effect of supplemental N-3 fatty acids during pre- and post-partum diets on health and production of Holstein dairy cows. *Journal of Iranian Animal Science*, 45, 245-255.

Koltes, D.A. & Spurlock D.M. (2011). Coordination of lipid droplet-associated proteins during the transition period of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94, 1839-1848.

Kuhpai, M. (2009*). Agriculture economic principles.* Propagation of Tehran University, Tehran, Iran, 609 p.

Leroy, J., Valckx, S., Sturmey, R., Bossaert, P., Van Hoeck, V. & Bols, P. (2018). Maternal metabolic health and oocyte quality: the role of the intrafollicular environment. *Animal Reproduction*, 9(4), 777-788.

Limo, R.K., 2017. *M-Agriculture recording system for milk producers in Kenya: a case of Uasin Gishu County* (PhD Thesis, Strathmore University).

Mancin, E., Mantovani, R., Tuliozi, B. & Sartori, C. (2022). Economic weights for restriction of selection index as optimal strategy for combining multiple traits. *Journal of Dairy Science*, 105 (12), 9751-9762.

Marti, C.F. & Funk, D.A. (1994). Relationship between production and days open at different levels of herd production. *Journal of Dairy Science*, 77, 1682-1690.

Macciotta, N.P.P., Dimauro, C., Rassu, S.P.G., Steri, R. & Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*, 10, 213-223.

McCarthy, S., Horan, B., Dillon, P., O'Connor, P., Rath, M. & Shalloo, L. (2007). Economic comparison of divergent strains of Holstein Friesian cows in various pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 90, 1493-1505.

Moyes. K.M. (2015). Triennial lactation symposium: Nutrient partitioning during intramammary inflammation: A key to severity of mastitis and risk of subsequent diseases? *Journal of Animal Science*, 93, 5586-559.

Naji, A. & Erfanmanesh, M.A. (2006). Measurement and analysis of total productivity in the poultry industry of Tehran province. *Bimonthly Journal of Jihad*, 272, 224-237.

Namjo, M., Farhangfar, H., Bashteni, M. & Eghbal, A.R. (2016). Assessment of the impacts of different factors on the occurrence of negative energy balance in Iranian dairy cows using a logistic generalised linear model. *Journal of Ruminant Research*, 4(3), 96-116.

Nasr-Esfahani, E. (2018). Biological and economic consequences of changes in voluntary culling policies. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(3), 347-354.

Opoola, O., Mrode, R., Banos, G., Ojango, J., Banga, C., Simm, G. & Chagunda, M.G.G., (2019). Current situations of animal data recording, dairy improvement infrastructure, human capacity and strategic issues affecting dairy production in sub-Saharan Africa. *Tropical Animal Health and Production*, DOI: https://doi. org/10.1007/s11250-019-01871-9

Pascottini, O.B., Leroy, J.L. & Opsomer, G. (2022). Maladaptation to the transition period and consequences on fertility of dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 57, 21-32.

Peters, A.R. (1996). Herd management for reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science* 42:455-464.

Pryce, J.E., Coffey, M.P. & Brotherstone, S. (2000). The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83, 2664-2671.

Rajala-Schultz, P.J., Gröhn, Y.T., McCulloch, C.E. & Guard, C.L. (1999). Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1213–1220.

Ranjpour, R., Aghajani, H. & Salmani, A. (2021). Investigating the economic factors affecting milk supply in Iran, Generalized Method of Moments (GMM). *Agricultural Economics Research*, 13(3), 18-29.

Rathbun, F.M., Pralle, R.S., Bertics, S.J., Armentano, L.E., Cho, K. *et al*. (2017). Relationships between body condition score change, prior mid-lactation phenotypic residual feed intake, and hyperketonemia onset in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3685-3696.

Rodney, R.M., Celi, P., Scott, W., Breinhild, K., Santos, J.E.P. & Lean, I.J. (2018). Effects of nutrition on the fertility of lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5115-5133.

Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Lastovska, I., Borshch, O. *et al*. (2023). Grounding the economic selection index for evaluation and selection of dairy cattle. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 48(4), 258-268.

Sadeghi-Sefidmazgi, A., Moradi-Shahrbabak, M., Nejati-Javaremi, A. & Shadparvar, A. (2009). Estimation of economic values in three breeding perspectives for longevity and milk production traits in Holstein dairy cattle in Iran. *Italian Journal of Animal Science*, 8(3), 359-375.

Santos, J.B., Freitas, B.W., Obando, I.A.M., Oliveira, N.D., Penitente-Filho, J.M. *et al*. (2025). Reproductive traits and economic aspects on dairy cattle. *Animal Reprodoction*, 22 (1), e20240050.

Shook, G.E. (1989). Selection for disease resistance. *Journal of Dairy Science*, 72, 1349-1362.

Van Raden, P.M., Toghiani, S., Basiel, B. & Cole, E. (2025). Net merit as a measure of lifetime profit: 2025 revision. *Aip Research Repor,* NMS9(1-25).USDA.

Weigel, K.A. & Rekaya. R. (2000). Genetic parameters for reproductive traits of Holstein cattle in California and Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 83, 1072.

Yadeta, W., Habte, D., Kassa, N., Bethel, B. & Fatene, E. (2020). Dairy farm record keeping with emphasis on its importance, methods, types, and status in some countries, *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 8 (4), 16–25, DOI: https:// doi.org/10.20431/2349-0365.0804003.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):141-154 (2026)

Breeding Strategies to Increase the Productivity of Dairy Cattle Herd

Tajik Khari, M.[1] and Gholi Zadeh, M.[2]

Livestock production is recognized as one of the most important sub-sectors of agriculture, whose growth and development depend on the correct implementation of scientific and technical principles. Numerous obstacles hinder the development of the livestock sector, the most critical of which is inadequate productivity. In this context, achieving a precise understanding of the factors that influence productivity enhancement is not merely an objective but an unavoidable necessity for improving the profitability of dairy production units.Genetic improvement of dairy cattle, which aims to increase and enhance the genetic quality of future generations, can play a pivotal role in boosting productivity. With the incorporation of novel traits into breeding programs, such as residual feed intake (RFI), body weight composite (BWC), and others, the focus of researchers has shifted from indiscriminately increasing milk yield toward improving feed efficiency. Given that the primary challenge facing dairy cattle herds is suboptimal productivity, the adoption of advanced breeding tools, such as the establishment of comprehensive information ecosystems, development of economic profit functions and interpretation of costs and revenues, construction and analysis of lactation curves, and simulation of optimized production scenarios using programming languages, can provide substantial contributions to productivity improvement. The present study demonstrates that the application of advanced statistical software to derive farm-specific lactation curves and compare them with standard curves, to estimate breeding values for various traits and rank dairy cows accordingly, to calculate economic selection indices tailored to domestic market and economic conditions and to determine the optimal milk production level through simulation, can significantly enhance economic efficiency.

Key words: Animal science, Economic selection index, Genetic and animal breeding, Lack of productivity, Lactation curve.

1. Corresponding author's Email: mtajik291@gmail.com
2. Ph.D. Student of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari and Associate Professor of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, Sari, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۵۵ تا ۱۶۴ (۱۴۰۵)

واکاوی مفهوم‌ها و مضمون‌های معنویت محیط‌زیستی [۱]

بیت الله محمودی[۲ و ۳]

چکیده

معنویت محیط‌زیستی به عنوان رویکردی میان‌رشته‌ای، می‌تواند نقشی مهم در بازتعریف رابطه انسان با طبیعت و ارتقای اخلاق زیستی داشته باشد. در مقاله حاضر، برپایه واکاوی محتوای کیفی-استقرایی بُعدهای رویکرد معنویت محیط‌زیستی در قالب مضمون‌های خرد و کلان، تعیین شد. با بررسی منابع بین‌المللی، ۱۰۶ مضمون فرعی استخراج و در قالب پنج دسته کلان شامل: **۱**- تقدس‌گرایی بوم‌شناختی، **۲**- دینداری بوم‌شناختی، **۳**- طبیعت‌اندیشی معناگرا، **۴**- نمادگرایی معنوی طبیعت و **۵**- حکمرانی معنویت محیط‌زیستی، طبقه‌بندی شد. یافته‌ها نشان دادند که معنویت محیط‌زیستی، مفهومی چندوجهی است که در تعامل با دین، فلسفه، زیبایی‌شناسی و سیاست‌گذاری توانایی تفسیر دارد. واکاوی مفهومی مضمون‌ها بیانگر این است که تجربه‌های درونی انسان در طبیعت، از جمله مراقبه، شاهدها، روایت‌های بومی و کنشگری دینی، نقش مهمی در جهت‌دهی به رفتارهای اخلاقی و محیط‌زیستی دارند. پژوهش حاضر با ترکیب داده‌های مفهومی و رویکردهای نظری، الگویی برای فهم و ترویج معنویت محیط‌زیستی ارائه می‌دهد که نه‌تنها در زمینه‌های تربیتی، فرهنگی و سیاست‌گذاری محیطی توانایی بهره‌برداری دارد، بلکه در شکل‌دهی به گفتمان‌های آینده زیست معنوی کاربرد دارد.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی معنوی، تقدس‌گرایی بوم‌شناختی، رابطه انسان و طبیعت.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، مفهوم معنویت محیط‌زیستی به عنوان رویکردی نوپدید و بین رشته‌ای در بررسی‌های محیط‌زیست، دین، فلسفه، روان‌شناسی و اخلاق، توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است. این مفهوم، پاسخ و واکنشی متعالی به بحران‌های پیچیده محیط‌زیستی است که ریشه در گسست انسان از طبیعت و بی‌معنایی در ارتباط‌های انسانی با جهان طبیعی دارد. معنویت محیط‌زیستی تلاش دارد تا پیوندی دوباره میان انسان، طبیعت و معنا برقرارکند، پیوندی که در آن زمین نه تنها منبعی برای بهره‌مندی انسان، بلکه موجودی زنده، مقدس و شایسته احترام است (Sponsel, 2012).

در نوشته‌های علمی تعریف‌های چندی از معنویت محیط‌زیستی ارائه شده است. برای نمونه، Mickey (2020) این مفهوم را نوعی تعهد وجودی به همزیستی با موجودهای غیرانسانی و بازاندیشی در شیوه‌های تعامل انسان با طبیعت معرفی می‌کند. در تعریف دیگری معنویت محیط‌زیستی به‌عنوان پاسخی معنوی به بحران‌های محیط‌زیستی بیان شده که شامل آگاهی از جنبه‌های مقدس در خلقت و مسئولیت‌پذیری اخلاقی در برابر زمین است. همچنین، این مفهوم به عنوان پیوندی میان

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۹

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: mahmoudi@sku.ac.ir

۳- دانشیار دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

باورهای معنوی و آگاهی محیط‌زیستی تعریف‌شده که می‌تواند بستری برای بروز رفتارهای پایدار و اخلاق‌مدار باشد (Bennett, 2021). در ایران نیز اندیشمندانی چون سید حسین نصر، بحران محیط زیست را نتیجه عقل‌گرایی افراطی، علم‌گرایی محض و انسان‌محوری نوین دانسته و راه‌حل آن را در بازگشت به سنت‌های دینی و معنوی می‌دانند (میرعظیمی و همکاران، ۱۳۹۸). این دیدگاه‌ها نشان می‌دهند که معنویت محیط‌زیستی نه تنها مفهومی نظری، بلکه بستری برای دگرگونی در نگرش و رفتار انسان نسبت به طبیعت است. با وجود گسترش نظری این بخش، یکی از چالش‌های اساسی در بررسی‌های معنویت محیط‌زیستی، نبود چارچوب‌های مفهومی منسجم و مضمون‌های سنجیدنی است. در حقیقت، بدون شناسایی و طبقه‌بندی دقیق مضمون‌ها و بُعدهای این مفهوم، امکان واکاوی تجربی، طراحی ابزارهای سنجش و تدوین سیاست‌های فرهنگی و آموزشی محدود خواهد بود. مضمون‌سازی نه تنها به تعیین بهتر بُعدهای معنویت محیط‌زیستی کمک می‌کند، بلکه زمینه‌ساز توسعه نظریه‌های بومی و بین فرهنگی در این بخش نیز خواهد بود (Adow *et al*., 2024).

از سوی دیگر، توسعه مضمون‌های معنویت محیط‌زیستی می‌تواند به ورود کاراتر این مفهوم به برنامه‌های آموزشی، مداخله‌های فرهنگی و سیاست‌گذاری‌های محیط زیستی بیانجامد. همچنین، مضمون‌سازی امکان مقایسه میان جامعه‌های مختلف، واکاوی روندهای فرهنگی و ارزیابی اثربخشی برنامه‌های ارتقای آگاهی محیط‌زیستی را فراهم می‌کند. پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهند که نمایه‌های هوش معنوی مانند آگاهی، تولید معنا و تفکر انتقادی، با نگرش‌های محیط‌زیستی رابطه معنی‌داری دارند و می‌توانند برای شاخص‌های معنویت محیط‌زیستی به‌کارگرفته شوند (مفاخری،۱۴۰۱). بر این پایه، هدف بررسی حاضر، شناسایی و طبقه‌بندی مضمون‌های معنویت محیط‌زیستی با بهره‌گیری از منابع معتبر بین‌المللی است. این پژوهش تلاش دارد تا با واکاوی مفهومی و روشمند، چارچوبی اولیه برای سنجش و تعیین این مفهوم فراهم کند و زمینه‌ساز پژوهش‌های تجربی و کاربردی در بخش‌های مرتبط شود.

مواد و روش‌ها

بررسی حاضر از نوع کیفی-واکاوی و با هدف شناسایی و طبقه‌بندی مضمون‌های معنویت محیط‌زیستی است، که از رویکرد واکاوی محتوای کیفی-استقرایی بهره‌گرفته است. این روش، به‌ویژه در بررسی‌های مفهومی و بین رشته‌ای، امکان استخراج مضمون‌ها از دل داده‌های متنی و نظری را فراهم می‌کند (Vears & Gillam, 2022). مرحله‌های اجرای این روش شامل موردهای زیر است:

۱- در مرحله اول، مجموعه‌ای از منابع علمی بین‌المللی معتبر مرتبط با معنویت محیط‌زیستی گردآوری شد. معیار گزینش منابع شامل اعتبار علمی، گوناگونی فرهنگی و تمرکز بر شاخص‌های مفهومی بود. این مرحله با هدف ایجاد چارچوب نظری اولیه برای واکاوی انجام شد. با پایش منابع بی‌شمار، تنها منابع محدود و به‌طور کامل مرتبط با پژوهش، بررسی شد.

۲- در مرحله دوم، مفهوم‌های کلیدی مرتبط با معنویت محیط‌زیستی به صورت شناسه‌های بازاستخراج شدند. در حقیقت، شناسه‌های مفهومی به‌کار رفته در منابع برگزیده، به‌عنوان مضمون‌های فرعی در نظر گرفته شد. با کاربست رویکرد اشباع نظری، فرایند استخراج مضمون‌های فرعی تا زمانی ادامه یافت که در منابع جدید و مرتبط مورد بررسی، مضمون جدیدی یافت نشد. در همین راستا با بررسی هشت منبع اطلاعاتی مضمون‌های فرعی استخراج شدند.

۳- در مرحله سوم، شناسه‌های استخراج‌شده بر اساس شباهت‌های معنایی و کاربردی گروه‌بندی شدند. رابطه‌های میان مفهوم‌ها بررسی شدند تا ساختار مفهومی مضمون‌های اصلی شکل‌بگیرد.

۴- در مرحله چهارم، مضمون‌های فرعی استخراج شده در قالب چارچوب مفهومی کلان‌تر به نام مضمون‌های اصلی طبقه‌بندی شدند.

۵- در مرحله پایانی، مقدار اعتبار و سندیت مضمون‌های استخراج شده، ارزیابی‌شد. برای این کار از روش مثلث‌سازی نظری[1] بهره‌گیری شد. این روش یکی از رویکردهای پیشرفته در پژوهش‌های کیفی و بین رشته‌ای است که برای افزایش ژرفا، اعتبار و چند بُعدی سازی واکاوی نظری به‌کار می‌رود. این روش به جای تکیه بر چارچوب نظری واحد، از چند نظریه یا دیدگاه مفهومی متفاوت برای تفسیر داده‌ها استفاده می‌کند (Elo & Kyngäs, 2008). مقدار همخوانی مضمون‌های استخراج‌شده با سه رویکرد نظری بوم‌شناختی معنوی، بوم‌دین‌شناسی[2] و زیباشناسی فرهنگی طبیعت مورد سنجش قرارگرفته است (Messias, 2024).

نتایج

منابع اطلاعاتی مورد استفاده برای استخراج مضمون‌ها

در پی جستجو و پایش در منابع اطلاعاتی، در مجموع هشت منبع معتبر بین‌المللی بررسی شدند که هرکدام با رویکردی ویژه به تعیین بعدهای معنویت محیط‌زیستی پرداخته‌اند. نوشته‌های Sponsel (2012) و Tucker & Grim (2014) به عنوان منابع بنیادین، به معرفی مفهوم‌های کلیدی از جمله قداست طبیعت و همنشینی دین با بوم‌شناسی می‌پردازند. بررسی‌های جدیدتر مانند Mickey (2020) و Messias (2024) بر دگرگونی معنایی از خداشناسی به زیست‌معنویت تأکیددارند. مقاله Adow *et al*. (2024) نیز با مرور ۱۳۸ منبع علمی، شاخص‌های معنویت محیط‌زیستی را به‌طور ساختاری ارائه کرده است. در این میان، پژوهش‌های کیفی چون Irshad *et al*. (2021) و بررسی‌های چندفرهنگی (Omoyajowo *et al*., 2023)، بعدهای تجربی و اجتماعی تعامل انسان با طبیعت را در سنت‌های دینی مختلف نمایان ساخته‌اند. در جدول ۱، این منابع با جداسازی نویسندگان، عنوان نوشته، سال انتشار و موضوع محوری، دسته‌بندی و سپس برای استخراج مضمون‌ها به‌کار گرفته شده‌اند.

مضمون‌های استخراج شده

طبقه‌بندی مضمون‌های فرعی نشان‌داد که پنج مضمون اصلی برای تعیین بعدهای موضوع معنویت محیط‌زیستی به کار می‌روند. این مضمون‌ها شامل **۱-** تقدس‌گرایی بوم‌شناختی، **۲-** دینداری بوم‌شناختی، **۳-** طبیعت‌اندیشی معناگرا، **۴-** نمادگرایی معنوی طبیعت و **۵-** حکمرانی معنویت زیست محیطی می‌باشند که در ادامه به طور جامع به آن‌ها پرداخته می‌شود.

تقدس گرایی بوم‌شناختی- مضمون اصلی تقدیس گرایی بوم‌شناختی، با تمرکز بر رابطه معنوی انسان با طبیعت، بر پایه ۱۹ مفهوم یا مضمون فرعی شکل گرفته است (جدول۲). مفهوم‌هایی چون تجربه وحدت هستی، آرامش درونی، الهام از منظره‌های طبیعی و عشق به هستی، بیانگر رویارویی درونی و تعالی‌طلبانه انسان در ارتباط با زیست‌بوم هستند. این رویکرد طبیعت را نه تنها برای نمونه فضای زیستی، بلکه موجودی زنده و مقدس می‌انگارد که الهام‌بخش تعالی روحی، همزیستی معنوی و آگاهی محیط‌زیستی است. حضور مضمون‌های انتقادی مانند آلودگی معنوی و بوم‌شناس‌های معنوی نیز نشانگر حساسیت نسبت به آسیب‌های اخلاقی وارد بر محیط زیست در جهان امروزی است.

1. Theoretical triangulation
2. Ecotheology

جدول ۱- منابع بین‌المللی مورد استفاده برای استخراج مضمون‌ها.

موضوع مقاله / کتاب	سال انتشار	عنوان مقاله / کتاب	نویسنده یا نویسندگان
معرفی مفهوم‌های بنیادین معنویت محیط‌زیستی و قداست طبیعت	2012	Spiritual Ecology: A Quiet Revolution	Sponsel, L.E.
بررسی پیوند دین و محیط زیست در سنت‌های مختلف و ارائه چارچوب نظری	2014	Ecology and Religion	Grim, J. &Tucker, M.E.
بررسی موردی از جامعه معنوی-محیط‌زیستی و شیوه‌های عملی در اسکاتلند	2019	The Findhorn Foundation: A Case Study of Eco-Spirituality in Action	Ferguson, R.
واکاوی انتقادی انواع معنویت محیط‌زیستی و شاخص‌های تعهد وجودی به طبیعت	2020	Spiritual Ecology: On the Way to Ecological Existentialism	Mickey, S.
واکاوی کیفی معنویت محیط‌زیستی در دین‌های مختلف از جمله اسلام، هندو، بودا و جین	2021	Eco-Spirituality: A Qualitative Analysis in Diverse Faiths	Irshad, R. *et al.*
بررسی رابطه بین معنویت و رفتارهای حفاظتی محیط زیست در بررسی چندفرهنگی	2023	Exploring the Interplay of Environmental Conservation within Spirituality	Omoyajowo, M. *et al.*
واکاوی دگرگونی از خداشناسی محیط‌زیستی به معنویت محیط‌زیستی در متن مسیحی	2024	From Ecotheology to Ecospirituality in Laudato Sí	Messias, T.
مرور ۱۳۸ بررسی بین‌المللی و استخراج شاخص‌های معنویت محیط‌زیستی	2024	A Synthesis of Academic Literature on Eco-Spirituality	Adow, A.H.A. *et al.*

جدول ۲- مضمون‌های فرعی مضمون اصلی تقدس گرایی بوم‌شناختی.

مضمون‌های فرعی	منابع
تجربه وحدت هستی، تجربه معنوی محیط‌زیستی، آرامش درونی، تعالی روحی، تقدس خلقت، طبیعت به عنوان موجود زنده، الهام از منظره‌های طبیعی، ارتباط با روح طبیعت، گیاهان مقدس، هوشیاری محیط‌زیستی، درک وابستگی متقابل، تعادل معنوی، بوم‌شناس‌های معنوی، طبیعت‌محوری، همزیستی معنوی با طبیعت، الهام معنوی طبیعت، تجربه‌گرایی در پیوند با طبیعت، آلودگی معنوی، عشق به هستی.	Sponsel (2012,2025) Ferguson (2019) Mickey (2020) Adow *et al.* (2024)

دینداری بوم‌شناختی- این مضمون دربرگیرنده ۲۲ مضمون فرعی است که پیوند دین، خداشناسی و کنش محیط‌زیستی را در چارچوبی تلفیقی بازنمایی می‌کنند (جدول۳). مفهوم‌هایی چون خداشناسی خلقت، خلیفه‌گری انسان، حدیث‌های طبیعت‌محور و آئین‌های فصلی نشان می‌دهند که سنت‌های دینی می‌توانند در جهت‌دهی رفتار حفاظتی و اخلاقی نسبت به طبیعت نقش داشته باشند. از سوی دیگر، الگوهای دین‌شناسی بوم‌شناختی، آئین‌های زیستی و نهادهای دینی می‌توانند در بستر فرهنگ‌سازی و بازخوانی متن‌های مقدس، زیرساخت‌های معنوی–محیط‌زیستی را تقویت کنند. در این بین، شمن‌گرایی[1] و تابوهای زیستی[2] نیز گویای گوناگونی آئینی و نمادشناختی تعامل با طبیعت هستند.

1. Shamanism
2. Biological taboos

جدول ۳- مضمون‌های فرعی مضمون اصلی دینداری بوم‌شناختی.

مضمون‌های فرعی	منابع
خداشناسی خلقت، خلیفه‌گری انسان، وحدت خلقت، ساختارهای نمادین، حدیث‌های طبیعت‌محور، آئین‌های فصلی، ادعیه محیط‌زیستی، شمن‌گرایی، آموزه‌های کتاب مقدس، خداشناسی بوم‌شناختی، بازخوانی متن‌های مقدس، اخلاق دینی، نهادهای دینی، تقاطع دین، آئین‌ها و تابوهای زیستی، مکان های مقدس، خداشناسی زیست محیطی، دین و محیط زیست، فرهنگ سازی دینی، ساختار معنوی جامعه، زیرساخت های معنوی- زیست محیطی، مدل های دین‌شناسی بوم‌شناختی.	Grim & Tucker (2014) Irshad *et al.* (2021) Messias (2024) Sponsel (2012) Adow *et al.* (2024)

طبیعت‌اندیشی معناگرا- طبیعت اندیشی معناگرا دربرگیرنده ۲۶ مضمون فرعی است که بر رویکردهای وجودگرایانه[1]، روان‌شناختی و فلسفی در تعامل انسان با طبیعت تأکید دارند (جدول۴). مفهوم‌هایی چون زیست‌معنویت‌گرایی، تأمل هستی‌شناختی، نقد انسان‌محوری و تلفیق علم و عرفان، نشانگر تلاش برای دستیابی به نوعی آگاهی کل‌نگر و فراعرفی در فهم طبیعت هستند. تجربه عرفانی طبیعت، برآیندکردار[2] و شناخت کیهانی نیز تأکید می‌کنند که طبیعت بستری برای خودشناسی، بازتاب هستی و تجربه‌های ژرف زیستی است. هویت محیط‌زیستی و مراقبه[3] طبیعت‌محور از جمله مفهوم‌هایی هستند که این گرایش معناگرا را به کنش زیستی پیوند می‌زنند.

جدول۴- مضمون‌های فرعی مضمون اصلی طبیعت‌اندیشی معناگرا.

مضمون‌های فرعی	منابع
روان‌شناسی طبیعت، خودسازی معنوی، زیست‌معنویت‌گرایی، وجودگرایی زیستی، تأمل هستی‌شناختی، نقد انسان‌محوری، گرایش معنوی غیرمذهبی، اخلاق کل‌نگر، نسبی‌گرایی معرفتی، علم و عرفان، شناخت طبیعت به عنوان مسیر خودشناسی، هم‌افزایی علم و دین، شاهدها و تأمل در طبیعت، تلفیق علم و عرفان، چشم‌انداز کیهانی انسان، تجربه عرفانی طبیعت، پایه‌های فلسفی بوم‌شناسی، خودشناسی بوم‌شناختی، برآیند کردار و چرخه زندگی، بوم‌شناسی ژرف‌نگر، الگوهای فرادینی، وحدت خلقت، تعامل فرامذهبی، اخلاق بوم‌شناختی، مراقبه طبیعت‌محور، هویت محیط‌زیستی.	Mickey (2020) Sponsel (2012) Adow *et al.* (2024)

نمادگرایی معنوی طبیعت- این مضمون، شامل ۱۳ مضمون فرعی است که طبیعت را به عنوان نماد فرهنگی، دینی و زیباشناختی بازنمایی می‌کنند (جدول۵). اسطوره‌ها، روایت‌های بومی، شعربوم‌شناختی و هنر محیط‌محور نشان می‌دهند که طبیعت در ذهن و خیال جمعی، واجد ارزش‌های رمزگذاری‌شده و الهام‌بخش است. حضور عنصرهای آئینی مانند سرودها و جشن‌های زیستی، نقش طبیعت را در آئین‌ها پررنگ می‌کند، در حالی که رسانه‌های نوین، داستان‌سرایی محیطی و نوشته‌های قدسی طبیعت، فرصت‌هایی برای انتقال ارزش‌های معنوی از راه ابزارهای خلاقانه فراهم می‌سازند. این مجموعه، طبیعت را نه تنها برای نمونه زیست‌بوم، بلکه فضای فرهنگی و تربیتی بازتعریف می‌کند.

1. Existentialistic 2. Karma 3. Meditation

جدول۵- مضمون‌های فرعی نمادگرایی معنوی طبیعت.

مضمون‌های فرعی	منابع
اسطوره‌ها، روایت‌های بومی، سرودهای آئینی، جشن‌های زیستی، مهارت‌های زیستی، هنر محیط‌محور، داستان‌سرایی معنوی-زیستی، طبیعت در ادبیات و هنر، فرهنگ‌سازی دینی، کاربرد رسانه برای کنش محیط‌زیستی، شعربوم‌شناختی، نوشته‌های قدسی طبیعت، سوگواره‌های طبیعت محور.	Adow *et al.* (2024) Grim & Tucker (2014) Ferguson (2019)

حکمرانی معنویت محیط‌زیستی- این مضمون با تکیه به ۲۶ مضمون فرعی بر پیوند معنویت با الگوهای سیاست‌گذاری و عدالت بوم‌شناختی تأکید دارد (جدول۶). مفهوم‌هایی چون رهبری معنوی، دین سبز، جنبش‌های سبز و الگوواره[1] بوم‌شناسی یکپارچه، نشان می‌دهند که کنشگری معنوی می‌تواند پایه تصمیم‌سازی‌های اخلاق‌محور در بخش محیط زیست باشد. ارزش‌گذاری طبیعت، حقوق طبیعت و آموزش معنوی، بیانگر تلاش برای بنیان‌گذاری نهادهای اخلاقی و فراسنتی در حکمرانی محیطی هستند. تلفیق راه حل‌های معنوی و مادی نیز از جهت‌گیری‌های نوین در ایجاد تعادل بین ضرورت‌های دینی، اجتماعی و محیط‌زیستی حکایت دارد.

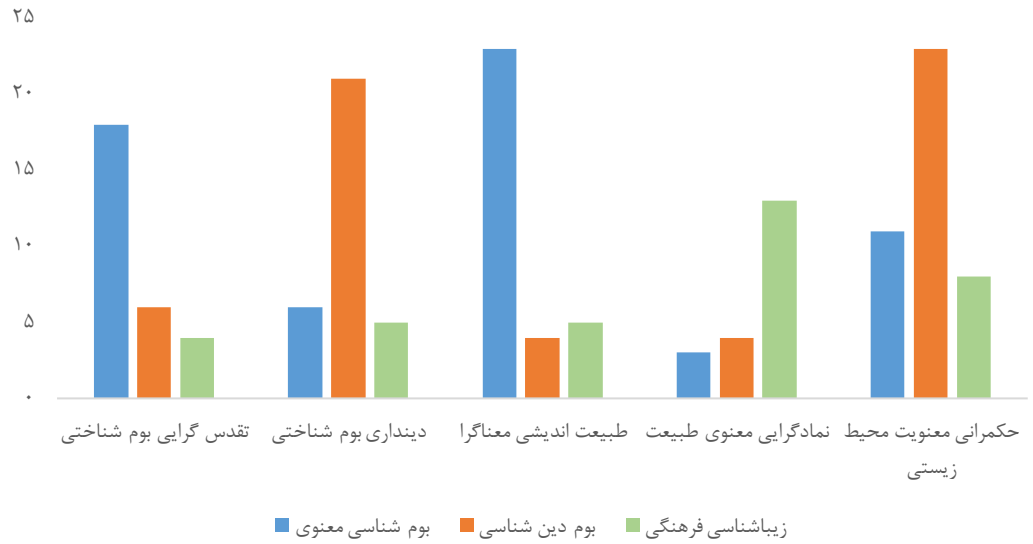
جدول۶- مضمون‌های فرعی مضمون اصلی حکمرانی معنویت محیط‌زیستی.

مضمون‌های فرعی	منابع
عدالت زیستی-اجتماعی، اخلاق جهانی بوم‌شناختی، مشارکت دین‌ها در حفاظت، دین سبز، رهبری معنوی، سیاست‌گذاری معنوی–محیطی، وظیفه‌مندی محیط‌زیستی، کنش حفاظتی، اقتصاد معنوی، عدالت بوم‌شناختی، تلفیق راه‌حل‌های معنوی و مادی، عقلانیت محیط‌زیستی، تعامل انسان و طبیعت، ارزش‌های زیست محیطی، حفظ تعادل بوم‌شناختی، ارزش‌گذاری طبیعت، حقوق طبیعت، سیاستگذاری سبز، جنبش های سبز، نظم اخلاقی و طبیعی، برابری انسان و طبیعت، بازسازی پیوند انسان و طبیعت، معنویت و مسئولیت پذیری، الگوواره بوم‌شناسی یکپارچه، برابری زیستی، آموزش معنوی.	Grim & Tucker (2014) Messias (2024) Omoyajowo *et al.* (2023) Sponsel (2025) Irshad *et al.* (2021)

سنجش اعتبار مضمون‌های استخراج شده

همانطور که در روش شناسی گفته شد، برای ارتقای اعتبار واکاوی پژوهش حاضر از روش مثلث‌سازی نظری بهره‌گیری‌شد. برای این منظور، مضمون‌های استخراج شده با سه چارچوب نظری بین‌المللی بوم‌شناسی معنوی، بوم‌دین‌شناسی و زیباشناسی فرهنگی طبیعت تطبیق داده‌شد. از مجموع ۱۰۶ مضمون فرعی، ۶۰ مضمون با نظریه بوم‌شناسی معنوی (۵۷٪)، ۵۸ مضمون با بوم‌دین‌شناسی (۵۵٪) و ۳۴ مضمون با زیباشناسی فرهنگی طبیعت (۳۲٪) همراستا بودند. همچنین، ۶۸ مضمون (معادل ۶۴٪) دارای همپوشانی مفهومی با دو یا سه نظریه بودند که نشانگر چندلایگی واکاوی و انسجام مفهومی زیادی در یافته‌ها است (شکل۱).

1. Paradigm



شکل ۱- مقایسه شمار مضمون‌های مرتبط با سه رویکرد نظری مورد بررسی.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین بُعدهای معنویت محیط‌زیستی در چارچوب رویکردهای نظری بین‌المللی، از روش واکاوی محتوای کیفی بهره گرفت و با استخراج ۱۰۶ مضمون فرعی از هشت منبع علمی، به طبقه‌بندی پنج مضمون اصلی دست یافت. این طبقه‌بندی نشان داد که معنویت محیط‌زیستی، ساختاری چندوجهی و بین رشته‌ای دارد که در پیوند با دین، فلسفه، فرهنگ و سیاست‌گذاری تعیین می‌شود. بر این اساس این مفهوم، تنها یک گرایش شخصی یا ذهنی نیست، بلکه ساختاری مفهومی و اجتماعی دارد که در تعامل با دین، فرهنگ، هویت فردی و سازوکارهای حکمرانی شکل می‌گیرد. یافته‌ها با تمرکز بر پنج مضمون اصلی، تصویری چندلایه از معنویت محیطی ارائه دادند که همزمان شامل نگرش‌های تجربی، آئینی، زیباشناختی، فلسفی و سیاست‌گذارانه است.

بررسی Omoyajowo *et al.* (2023) در قالب پژوهش میان‌فرهنگی، نشان‌داد که تجربه‌های معنوی مانند مراقبه طبیعت‌محور، دعا، احساس وحدت هستی و تعامل درونی با زیست‌بوم، تأثیر مستقیمی بر ارتقای رفتارهای حفاظتی محیط‌زیستی دارد. این بررسی، که با مشارکت بیش از ۱۴۰۰ پاسخ‌دهنده از چند کشور انجام شده، بیان می‌کند که معنویت فردی و الهام از طبیعت، نقش تربیتی و اخلاقی مهمی در جهت‌دهی به کنش‌های محیط زیستی دارند، به‌ویژه، زمانی که آموزه‌های دینی و فرهنگی نیز همراستا عمل کنند. یافته‌های این مقاله، با مضمون تقدس‌گرایی بوم‌شناختی در پژوهش حاضر همسو است و نشان می‌دهد که تجربه‌های درونی از طبیعت، می‌توانند به عنوان ابزاری برای تقویت مسئولیت‌پذیری، آگاهی اخلاقی و رفتار زیست‌دوستانه عمل کنند. از سوی دیگر، پژوهش Conradie (2020) با بررسی وظیفه‌های انتقادی و سازنده بوم‌دین‌شناسی مسیحیت، نشان می‌دهد که تلفیق آموزه‌های دینی با مسئولیت محیط‌زیستی می‌تواند موجب شکل‌گیری الگوهای رفتاری پایدار و اخلاق‌محور شود. این رویکرد، ضمن نقد تاریخی برداشت‌های سلطه‌گرایانه از متن‌های مقدس، بر بازخوانی خداشناسی خلقت، اخلاق دینی و نهادسازی معنوی تأکید دارد. مضمون دینداری بوم‌شناختی در پژوهش حاضر، با نشان‌دادن ظرفیت دین در فرهنگ‌سازی، بازآفرینی آئین‌های طبیعت‌محور و تقویت الگوهای دین‌شناسی بوم‌شناختی، این

دیدگاه را تقویت می‌کند. همچنین، حضور مفهوم‌هایی چون شمن‌گرایی، حدیث‌های طبیعت‌محور و نهادهای دینی حافظ محیط‌زیست، نشانگر تطبیق‌پذیری آموزه‌های دینی در زمینه‌های فرهنگی گوناگون است.

مضمون طبیعت‌اندیشی معناگرا در پژوهش حاضر با دیدگاه‌های Gosetti-Ferencei (2022) درباره بوم‌شناسی اگزیستانسیالیستی همراستا است. این مقاله با بهره‌گیری از فلسفه نیچه[1]، کامو[2] و مرسل[3]، نشان می‌دهد که تجربه زیستی انسان در طبیعت می‌تواند بستری برای تأمل هستی‌شناختی، خودشناسی و دگرگونی روانی باشد. نویسنده تأکید می‌کند که زیست‌معنویت‌گرایی نه تنها در چارچوب‌های دینی، بلکه در قالب‌های فرادینی و عرفی نیز معنا پیدا می‌کند و می‌تواند به بازتعریف رابطه انسان با جهان طبیعی بیانجامد. مفهوم‌هایی چون کارما و شناخت کیهانی، تلفیق علم و عرفان و مراقبه طبیعت‌محور در این پژوهش، با گرایش‌های اگزیستانسیالیستی به طبیعت همپوشانی دارند و به توسعه مفهوم معنویت سکولار محیط‌زیستی کمک می‌کنند.

در مورد نمادگرایی معنوی طبیعت، پژوهش حاضر با دیدگاه‌های Kimmerer (2012) همخوانی دارد. این مقاله با بهره‌گیری از استعاره‌های فرهنگی و روایت‌های بومی، نشان می‌دهد که طبیعت نه تنها فضای زیستی، بلکه بستری نمادین و تربیتی است که از راه داستان‌سرایی، استعاره و آئین، ارزش‌های معنوی را به نسل‌های مختلف منتقل می‌کند. نویسنده با استفاده از استعاره‌هایی چون قلعه، رودخانه و باغ، و بازاندیشی رابطه انسان با طبیعت، تأکید می‌کند که روایت‌های بومی و زیباشناسی فرهنگی می‌توانند در بازسازی پیوند معنوی با زمین نقش کلیدی داشته باشند. کاربرد مضمون‌هایی مانند شعربوم‌شناختی، نوشته‌های قدسی طبیعت و جشن‌های زیستی در مقاله حاضر، با این دیدگاه همراستا بوده و بیانگر ظرفیت تربیتی و رسانه‌ای طبیعت از منظر معنوی و فرهنگی است، اما مهمترین نوآوری پژوهش حاضر در طرح مفهوم حکمرانی معنویت محیط‌زیستی است، مفهومی که در نوشته‌های علمی کمتر به‌صورت نظری و نظام‌مند بررسی شده است. مقاله Abumoghli (2023) با تمرکز بر نقش ارزش‌های دینی، اخلاق معنوی و مسئولیت‌پذیری فرهنگی، نشان می‌دهد که ورود آموزه‌های معنوی به سیاست‌گذاری محیط زیست می‌تواند حکمرانی زیستی را دگرگون کند. این مقاله، ضمن واکاوی نقش نهادهای دینی و سنت‌های معنوی در برآوردن هدف‌های توسعه پایدار، تأکید می‌کند که مفهوم‌هایی چون رهبری معنوی، عدالت بوم‌شناختی، اقتصاد معنوی و مشارکت بین دینی می‌توانند بسترهایی برای بازطراحی حکمرانی محیط‌زیست در سطح محلی و جهانی فراهم سازند. مضمون پنجم بررسی حاضر نیز با این دیدگاه همراستا بوده و نشان می‌دهد که حکمرانی معنوی می‌تواند به عنوان چهارچوبی اخلاق‌محور برای رویارویی با بحران‌های محیط‌زیستی عمل کند.

در جمع‌بندی پایانی، می‌توان گفت که در پژوهش حاضر معنویت محیط‌زیستی زیر مفهومی سیال و چندبنیاد تعریف شد که توانایی تلفیق عنصرهای تجربی، خداشناسی، فلسفی و زیباشناختی را دارد. تلفیق این مضمون‌ها با نظریه‌های بین‌المللی، اعتبار تفسیر یافته‌ها را افزایش داد و مسیرهایی برای نظریه‌پردازی بومی فراهم ساخته است. همچنین، توسعه مفهوم حکمرانی معنوی محیط‌زیستی می‌تواند زمینه‌ساز الگوسازی اخلاقی-سیاسی برای رویارویی با بحران‌هایی چون تغییر اقلیم و تقویت رفتارهای مسئولانه در جامعه باشد.

1. Nietzsche 2. Camus 3. Marcel

منابع

مفاخری، عبدالله. (۱۴۰۱). هوش معنوی و نگرش‌های محیط‌زیستی. *فصلنامه جامعه‌شناسی آموزش و پرورش*، ۲(۲)، ۱۵۳–۱۴۴.

میرعظیمی، سیدحمیدرضا؛ سیدقریشی، مریم؛ احمدپور، علی. (۱۳۹۸). تأملی بر نقش معنویت در حل بحران محیط‌زیست از دیدگاه سید حسین نصر. *فصلنامه فلسفه و حکمت تطبیقی* ۳(۱۶)، ۴۵۷–۴۳۳.

Abumoghli, I. (2023). The role of religions, values, ethics, and spiritual responsibility in environmental governance and achieving the sustainable development agenda. *Religion & Development*, 2(3), 485-500.

Adow, A.H.A., Safeer, M.M., Mohammed, M.G.H., Alam, M.S. & Sulphey, M.M. (2024). A synthesis of academic literature on eco-spirituality. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(4), 2163-2178.

Bennett, F. (2021). The Cosmopolitical Applications of the "spiritual" in animist cultures and their relevance to the environmental humanities today. *Das Questões*, 13(1), 149-164.

Conradie, E.M. (2020). The four tasks of Christian ecotheology: Revisiting the current debate. *Scriptura*, 119(1), 1-11.

Elo, S. & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107-115

Ferguson, R. (2019). The Findhorn Foundation and Eco-Spirituality. In: *The Bloomsbury Handbook of Religion and Nature*. Bloomsbury Publishing, London, UK, 360 p.

Gosetti-Ferencei, J.A. (2022). Towards an existentialist ecology. *Modern Language Notes (MLN)*, 137(5), 1067-1089.

Grim, J. & Tucker, M.E. (2014). *Ecology and Religion*. Washington, DC: Island Press, USA, 280 p.

Irshad, S., Parveen, S. & Khan, A. (2021). Eco-Spirituality: A Qualitative Analysis in Diverse Faith. EPRA *International Journal of Multidisciplinary Research*, 7(10), 1087-1102.

Kimmerer, R.W. (2012). The fortress, the river, and the garden: A new metaphor for cultivating ecological consciousness. *Minding Nature*, 5(1), 28-36.

Messias, M. (2024). From ecotheology to ecospirituality in laudato sí—ecological spirituality in a transreligious perspective. *Religions*, 15(1), 1-15.

Mickey, S. (2020). Spiritual Ecology: on the way to ecological existentialism. *Religions*, 11(11), 580.

Omoyajowo, K., Danjin, M., Odipe, O., Mwadi, B., May, A., Ogunyebi, A. & Rabie, M. (2023). Exploring the interplay of environmental conservation within spirituality and multicultural perspective: insights from a cross-sectional study. Environment, *Development and Sustainability*, 26, 16957-16985.

Sponsel, L. E. (2012). *Spiritual Ecology: A Quiet Revolution*. Santa Barbara, CA: Praeger, USA, 285 p.

Sponsel, L. E. (2025). *Spiritual Ecology and the Future of Conservation*. Springer Handbook of Environmental Anthropology. eBook ISBN: 978-3-031-38971-9

Vears, D.F. & Gillam, L. (2022). Inductive content analysis: A guide for beginning qualitative researchers. Focus on Health Professional Education: *A Multi-Professional Journal*, 23(1), 111-127.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):155-164 (2026)

An Analysis of the Concepts and Themes of Environmental Spirituality

Mahmoudi, B.[1, 2]

Environmental spirituality, as an interdisciplinary approach, can play a significant role in redefining the human-nature relationships and promoting bioethics. This study, aiming to explain the dimensions of the environmental spirituality approach through micro- and macro- themes, utilized the inductive qualitative content analysis method. By reviewing international literature, 106 sub-themes were extracted and categorized into five main thematic groups: 1- Ecological sanctification, 2- Ecological religiosity, 3- Meaning-oriented nature contemplation, 4- Spiritual symbolism of nature, and 5- Governance of environmental spirituality. The findings revealed that environmental spirituality is a multifaceted concept interpretable through its interaction with religion, philosophy, aesthetics, and policymaking. Conceptual analysis of the themes indicates that inner human experiences in nature including meditation, intuition, indigenous narratives, and religious activism play a crucial role in shaping ethical and environmental behaviors. By integrating conceptual data and theoretical approaches, the present study provides an analytical model for understanding and promoting environmental spirituality. This model is applicable in educational, cultural, and environmental policymaking contexts and can contribute to shaping future discourses on eco-spirituality.

Key words: Ecological sanctification, Human-nature relationship, Spiritual ecology.

1. Corresponding author's email: mahmoudi@sku.ac.ir
2. Associate Professor of University of Shahrekord, Shahrekord.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۶۵ تا ۱۸۴ (۱۴۰۵)

رویکردی نوآورانه برای تغذیه پایدار طیور و اقتصاد چرخشی با بهره‌گیری از حشره‌های خوراکی[1]

میترا ملائی پروری، علیرضا زهرائی رمضانی[2]، سید داود شریفی و مصطفی صوفی زاده[3]

چکیده

افزایش جمعیت جهان، نگرانی‌های محیط‌زیستی، محدودیت سهم پروتئین دریافتی، از یک سو و نیاز به تولید و عرضه مواد غذایی از سوی دیگر، ضرورت یافتن منابع جایگزین و پایدار برای تغذیه دام و طیور را بیش از پیش برجسته ساخته است. صنعت مرغداری در ایران پس از نفت و پتروشیمی، بزرگترین حجم سرمایه‌گذاری را در بخش کشاورزی دارد و تأمین خوراک طیور برای امنیت غذایی کشور ضروری است. با این حال، در شرایط کنونی، کمبود منابع خوراکی از مهمترین دشواری‌های این صنعت است. قیمت منابع خوراکی مانند سویا و ذرت، رو به افزایش است و دسترسی به آن‌ها برای پرورش‌دهندگان در آینده محدودتر خواهد شد. در این میان، حشره‌های خوراکی به دلیل دارا بودن پروتئین زیاد، اسیدآمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب مفید و توانایی تولید در مقیاس صنعتی با ردپای محیط‌زیستی کم، به‌عنوان یک گزینه نوآورانه مطرح شده‌اند. بهره‌گیری از حشره‌ها در جیره طیور نه تنها می‌تواند رشد، ایمنی و کیفیت محصول‌های طیوری را بهترکند، بلکه با بهره‌برداری از پسماندهای آلی در فرایند پرورش، به برآوردن اصول اقتصاد چرخشی و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی کمک می‌کند. با این حال، چالش‌هایی همچون استانداردسازی فرایند تولید، ایمنی میکروبی و شیمیایی، پذیرش بازار و الزام‌های قانونی همچنان باقی است. این مقاله مروری با تمرکز بر ظرفیت‌های تغذیه‌ای، سودمندی‌های محیط‌زیستی و اقتصادی و همچنین چالش‌های موجود، به بررسی نقش حشره‌های خوراکی در جیره غذایی طیور، به عنوان رویکردی سبز و پایدار برای صنعت طیور در چارچوب اقتصاد چرخشی، می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: ارزش تغذیه‌ای حشره‌ها، اقتصاد چرخشی، حشره‌های خوراکی، خوراک طیور.

مقدمه

مصرف‌کنندگان در سراسر جهان بیش از پیش از تأثیر چشمگیر مصرف مواد غذایی بر محیط زیست آگاه شده‌اند و همین موضوع موجب افزایش سریع تقاضا برای غذاهای پایدار شده است. بنابراین، جهان با سه چالش بزرگ افزایش جمعیت، تغییر اقلیم و کمبود منابع پروتئینی روبه‌رو است و حل هر یک، نیازمند توجه همزمان به دیگر موردها است. در این مقاله تلاش شده است نگاهی جامع، اما مختصر به اهمیت موضوع (افزایش جمعیت، تغییر اقلیم و کمبود پروتئین)، نقش حشره‌ها به‌عنوان منبع

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۲۳

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: azahraei@tums.ac.ir

۳- به ترتیب، پژوهشگر پسادکتری دانشگاه علوم پزشکی تهران و استاد دانشگاه علوم پزشکی تهران، استاد دانشگاه تهران، تهران و دانشیار دانشگاه ارومیه، ارومیه.

پایدار در صنعت خوراک دام و طیور، همراه با فرایند پرورش آن‌ها، تأثیرهای محیط‌زیستی استفاده از حشره‌ها و همچنین جایگاه آن‌ها در اقتصاد چرخشی و قانون‌ها و شرکت‌های فعال در بخش تولید حشره‌های خوراکی ارائه شود.

افزایش جمعیت

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به مرز ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید که پروتئین مورد نیاز این جمعیت حدود ۶۰ میلیون تن خواهد بود (Poore & Nemecek, 2018). با توجه به افزایش جمعیت همراه با تغییر الگوی مصرف، فشار بر سیستم غذایی زیاد خواهد شد. بدیهی است که با محدودیت‌های منابع غذایی در آینده، زنجیره‌های تامین دچار دشواری خواهند شد. براساس برآورد سازمان ملل، بیش از ۱/۴ میلیارد تن مواد غذایی یعنی حدود ۳۳٪ از کل مواد غذایی تولیدی هدر می‌رود (Poore & Nemecek, 2018). برای تولید این مقدار مواد غذایی به تقریب حدود ۱۴ میلیون کیلومتر مربع زمین و ۲۵۰ کیلومترمکعب آب سطحی و زیرزمینی مورد نیاز است (Van Deb Bos Verma *et al*., 2020). با براوردهای انجام شده، هدررفت مواد غذایی سالانه مسئول انتشار حدود ۳/۳ میلیارد تن دی‌اکسیدکربن که معادل ۲۶ تا ۳۰٪ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان است.

تغییرهای اقلیمی

افزایش دانش و آگاهی درباره تغییرهای اقلیمی، زمینه را برای درک بهتر چالش‌های پیش‌رو و توسعه راهکارهای مؤثر برای کاهش پیامدهای آن بر امنیت غذایی، کیفیت غذا و سلامت انسان فراهم می‌کند. از آغاز انقلاب صنعتی تا کنون، غلظت دی‌اکسیدکربن رو به افزایش است و از ۲۸۰ قسمت در میلیون به بیش از ۴۱۰ قسمت در میلیون در جوّ زمین رسیده است (Gerber *et al*., 2013). با توجه به افزایش جمعیت جهان، ضروری است روند افزایش بهره‌وری کشاورزی تسریع شود، زیرا تغییر اقلیم بر بهره‌وری کشاورزی تأثیر فراوانی دارد. افزایش دمای زمین موجب تغییر الگوی دما و بارش و پیامدهایی منفی بر بهره‌وری کشاورزی شده است. افزایش بیش از حد دی‌اکسید کربن در گیاهان، افزون بر تحریک رشد، می‌تواند با افزایش تولید کربوهیدرات‌هایی مانند قند و نشاسته، موجب کاهش نسبی غلظت پروتئین و ریزمغذی‌ها شود. این شرایط از دیدگاه امنیت غذایی برای آینده، بسیار مهم است. بنابراین، تغییر اقلیم (تغییر الگوی بارش و افزایش دما) تأثیرهای مستقیمی بر امنیت غذایی دارند و کشاورزی را با چالش‌های جدی روبه‌رو می‌سازند. برخی از این اثرها شامل کاهش کیفیت محصول‌ها، کاهش منابع آب شیرین و محدودیت آبیاری، گسترش آفت‌ها و بیماری‌های جدید، کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش تولید پروتئین حیوانی است. از سویی، دامداری‌ها نیز مسئول انتشار گازهای گلخانه‌ای، جنگل‌زدایی و از بین رفتن گوناگونی زیستی در بخش کشاورزی هستند و حدود ۱۴/۵٪ تولید گازهای گلخانه‌ای جهان مربوط به پرورش دام و طیور است. همچنین صنعت پرورش دام و طیور ۳۰٪ سطح کره زمین یا ۷۵٪ زمین‌های کشت‌پذیر را به خود اختصاص داده است. حدود ۸٪ آب شرب انسانی صرف آبیاری گیاهانی می‌شود که مصرف دامی دارند (Gerber *et al*., 2013). سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد افزایش مصرف فراورده‌های حیوانی تا سال ۲۰۵۰ را ۶۰ تا ۷۰٪ اعلام کرده است که بخش عمده آن نیازمندی‌های کشورهای در حال توسعه است (FAO, 2011). بنابراین، با توجه به افزایش جمعیت، نیاز به منابع پروتئینی زیادی است که تهیه آن با توجه به محدودیت منابع گیاهی، تغییرهای اقلیمی، رقابت به‌خاطر استفاده از این منابع برای تولید غذای انسان، خوراک دام و سوخت با چالش‌های بزرگی روبه‌رو است.

با توجه به چالش‌های محیط‌زیستی ناشی از تولید پروتئین حیوانی، توجه به روش‌های پایدار تأمین پروتئین اهمیت فزاینده‌ای دارد. از مهمترین راهکارها می‌توان به پروتئین‌های گیاهی مانند حبوبات، پنیر سویا[1] و مغزها اشاره کرد که ردپای محیط‌زیستی کمتری دارند. همچنین گوشت کِشت‌شده یا تولید گوشت که از افزایش یاخته‌های حیوانی در محیط آزمایشگاهی به دست می‌آید، گزینه‌ای برای کاهش فشار بر منابع طبیعی است. پروتئین‌های تخمیری حاصل از میکروارگانیزم‌هایی مانند مخمر و جلبک نیز با نیاز اندک به زمین و انرژی، راهکاری کارآمد به شمار می‌روند. در پایان، حشره‌های خوراکی به عنوان منبعی غنی از پروتئین که مصرف آب و زمین کمی دارند، می‌توانند نقش مهمی در تأمین پایدار پروتئین داشته باشند که موضوع این مقاله می‌باشد.

حشره‌ها، منبع غذایی پایدار

حشره‌ها منبع غذایی بسیار مغذی و سالم با چربی زیاد همراه با پروتئین، ویتامین، فیبر و مواد معدنی هستند. ارزش غذایی حشره‌های خوراکی به‌دلیل تنوع گونه‌ای آن‌ها بسیار متغیر است و در گونه‌های یکسان، بسته به مرحله زیستی، زیستگاه و رژیم غـذایی، متفـاوت است. برای نمونه، ترکیب‌های غیـراشبـاع امگا ۳ و امگا ۶ اسیـد چـرب در لاروها قابل مقایسـه با مقدارهای موجـود در ماهی است و بیشتر از گوشت گاو و خوک است (Van Huis *et al*., 2013).

حشره‌ها با چندین میلیون گونه شناخته شده، گوناگون‌ترین گروه جانوری روی زمین هستند. از این شمار، به تقریب ۲۰۰۰ گونه به عنوان گونه خوراکی شناخته شده‌اند. بیش از ۲۰۰۰ سال است که تغذیه از حشره‌ها بین مردم آفریقا و آسیا رایج است. امروزه، حدود دو میلیارد نفر از جمعیت کل جهان از حشره‌ها به عنوان منابع پروتئینی کم و بیش استفاده می‌کنند. از گذشته تاکنون، انسان شمار محدودی از گونه حشره‌ها از جمله زنبور عسل و کرم ابریشم را به خاطر فراورده‌های آن‌ها (عسل و ابریشم) اهلی کرده است. در دهه‌های گذشته گرایش به پرورش برخی از گونه‌های حشره‌ها از جمله کرم آرد[2] و مگس سرباز سیاه[3] به عنوان خوراک حیوان‌های خانگی، دام، طیور و آبزیان افزایش یافته است.

تاریخچه مصرف حشره‌ها

تاریخچه مصرف حشره‌های خوراکی در اروپا به دوره باستان (یونان و رم) بر می‌گردد و ارسطو (چهار قرن پیش از میلاد) در کتاب تاریخ حیوان‌ها از مصرف لاروهای زنجرک واران (زنجره‌های سیکادا[4]) و لارو بعضی زنبورهای خانواده وسپیده[5] گزارش داده است. پلینی بزرگ[6] (قرن یک میلادی) در تاریخ طبیعی به مصرف لارو سوسک‌ها توسط رومی‌ها اشاره کرده است (Bodenheimer, 1951)، اما در دوران نوین (قرن ۲۱)، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۲۱، تغذیه از کرم آرد[7] را به عنوان اولین حشره خوراکی تأیید کرد و کشورهای هلند، بلژیک و فرانسه در تولید محصول‌های با حشره‌های خوراکی (مانند محصول‌های پروتئینی که دارای پودر جیرجیرک است) فعال شدند (Lähteenmäki-Uutela *et al*., 2021). در دوران پیش از کشف قاره آمریکای مرکزی، حشره‌های آبزی[8] و تخم مگس Ahuautle[9] (موسوم به خاویار مکزیکی) در غذاهای خود استفاده می‌کردند. در آمریکای شمالی، در قبیله‌های بومی ناواهو[10]، از ملخ‌ها به‌عنوان منبع پروتئین استفاده می‌شد (Ramos-Elorduy, 2009). در ایالات متحده امریکا و کانادا از سال ۲۰۱۰، شرکت‌هایی مانند Chapul و Entomo Farms تولید آرد جیرجیرک و محصول‌های پروتئین را آغاز کردند. در مکزیک، چاپولین[11] (ملخ‌های سرخ شده) در برخی از

1. Tofu
2. Mealworm (*Tenebrio molitor*)
3. *Hermetia illucens*
4. *Cicada* spp.
5. Vespidae
6. Pliny the Elder
7. Yellow mealworm
8. Axayácatl
9. *Corisella*
10. Navajo
11. Chapulin

رستوران‌های لوکس برای تغذیه عرضه می‌شوند (Van Huis, 2020). در آسیای شرقی (چین باستان) کتاب بن‌تسائو گانگمو[1] (قرن ۱۶) لی شیژن[2] از سودمندی‌های دارویی کرم‌های ابریشم و زنبورهای خوراکی نوشته است. در سلسله تانگ[3] (۶۱۸ تا ۹۰۷ میلادی) مصرف لارو زنبورها و سوسک‌های گوزنی[4]، رایج بود (Feng *et al*., 2018). در چین نوین و آسیای شرقی مانند تایلند جیرجیرک‌های سرخ شده و کرم بامبو[5] در بازارهایشان یافت می‌شوند. در ژاپن و بعضی دیگر از کشورهای شرق آسیا لاروهای پشه‌های جنس *Stenopsyche*[6] به عنوان خوراکی لذیذ با نام محلی زازاموشی مصرف می‌شود. در کره جنوبی، از شفیره های بوداده شده کرم ابریشم[7] به‌عنوان یک میان وعده غذایی محبوب استفاده می شود (Hanboonsong *et al*., 2013). در دیگر منطقه‌های آسیا، از جمله برخی از قبیله‌ها در هند (ایالت آسام) از کرم‌های ابریشم وحشی استفاده می‌کنند. اندونزیایی‌ها سوسک‌های‌گوزنی را به صورت کبابی مصرف می‌کنند. در ویتنام، ازکرم‌های بامبو در تهیه غذاهای محلی استفاده می‌شود (Meyer-Rochow, 2017). از این نظر، ایران تاریخچه محدود، اما رو به رشدی دارد، در ایران باستان مدرک‌های پراکنده‌ای وجود دارند که برخی از تاریخ‌نویسان به آن‌ها اشاره کرده‌اند در منطقه‌های کویری در زمان قحطی، مردم از روی ناچاری از ملخ‌ها تغذیه می کردند. در طب سنتی، در برخی از متن‌های قدیمی، عسل زنبورهای وحشی و پودر ملخ برای درمان برخی از بیماری‌ها توصیه شده است. در سال‌های اخیر، توجه به پرورش حشره‌های خوراکی صنعت دام و طیور در ایران افزایش یافته و برخی از پژوهشگران امکان استفاده از حشره‌های به‌عنوان منبع پروتئین جایگزین را بررسی کرده‌اند (Talaei *et al*., 2022).

ترکیب‌های مغذی حشره‌ها

حشره‌ها به خاطر خون‌سرد بودن و ضریب تبدیل غذایی مناسبی که دارند، می‌توانند پسماندهای غذایی و کشاورزی را به زیست‌توده با ارزش و پروتئینی با کیفیت زیاد تبدیل کنند. حشره‌ها در میانگین ۴۰ تا ۷۵٪ پروتئین (بر پایه وزن خشک) دارند. جیرجیرک خانگی[8] ۶۵ تا ۷۰٪ (Rumpold & Schlüter, 2013)، کرم آرد ۴۵ تا ۵۵٪ (Sandra & Bukkens, 2005) و ملخ مهاجر[9] ۶۰ تا ۷۵٪ پروتئین دارند (Van Huis, 2013). از نظر چربی‌های سالم، کرم ابریشم ۴۹٪ (Longvah *et al*., 2011) و موریانه‌ها ۳۵ تا ۴۵٪ چربی (Ekpo & Onigbinde, 2005) دارند. پروفایل اسیدهای چرب (نسبت امگا ۳ به امگا ۶) در کرم کرم آرد به نسبت ۱:۵ (همسان ماهی) می‌باشد (Paul *et al*., 2017) و مقدار آهن در موریانه‌ها ۲۰ تا۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن ماده خشک است (Christensen *et al*., 2006) که بیشتر از اسفناج است. غلظت عنصر روی در ملخ ۱۲ تا ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و ماده خشک است (Latunde-Dada *et al*., 2016) که همسان گوشت گاو است. همچنین، غلظت ویتامین B_{12} در لارو مگس سرباز سیاه ۱ تا ۵/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک می باشد. (Schmidt *et al*., 2019) و ریبوفلاوین (B_2) در جیرجیرک ۱/۵ تا ۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک (۵ برابر شیر) گزارش شده است. افزون بر این، کیتین موجود در پوشش حشره‌ها ویژگی پروبیوتیک دارد (Kouřimská & Adámková, 2016) و پپتیدهای مشتق از پروتئین حشره‌ها، مانع افزایش فشار خون می‌شوند (Vercruysse *et al*., 2005).

1. Bentso Gangmo 2. Li Shizhen 3. Tang Dynasty 4. *Rhynchophorus ferrugineus* 5. Bamboo worm
6. *Zaza-mushi* 7. *Bombyx mor*i 8. *Acheta domesticus* 9. *Locusta migratoria*

بهره‌گیری از حشره‌ها در صنعت خوراک دام و طیور

کمبود مواد خوراکی، مهمترین دشواری و عامل محدودکننده در مسیر پیشرفت صنعت‌های پرورش دام و طیور در بیشتر جاهای جهان است. صنعت خوراک برای تامین دیگر مواد غذایی این شایستگی را دارد که برای رفع چالش‌های موجود در این صنعت، راه حل‌های هدفمند ارائه دهد. امروزه، این صنعت با چالش‌های بزرگی برای تامین خوراک طیور دارد، اما این چالش‌ها از سوی مصرف‌کنندگان، سیاستگذاران و تمام بخش‌هایی که مرتبط با این صنعت هستند، می‌توانند با استفاده از سیستم های نوین، نیاز تغذیه‌ای را تامین و اثرهای منفی تغییرهای اقلیمی را با کاهش استفاده از زمین و آب کمتر کند. هدف اصلی صنعت خوراک دام و طیور، تامین نیازهای بازار، بهینه‌سازی هزینه‌ها، بازدهی عملکرد خوراک و حفظ محیط زیست می‌باشد. این صنعت در سال‌های اخیر، بیش از گذشته بر موضوع محیط زیست تمرکز دارد. موضوع‌های مهم محیط‌زیستی که باید مورد توجه قرار گیرند شامل ماده‌های خام مورد استفاده، فرایند تولید و تاثیر مصرف خوراک دام و طیور است.

امروزه، جنگل‌زدایی و تاثیر تغییر کاربری زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای، بزرگترین دشواری در بخش مصرف مواد خام خوراک دام و طیور (دانه سویا و روغن پالم) است (Kayhani & Rafiei, 2022). صنعت‌های پرورش دام و طیور، ۳۰٪ از کل زمین (به جز سرزمین قطبی) یا ۷۵٪ زمین‌های کشت‌پذیر (برای کشت بقولات، غلات و مرتع‌ها) و ۸٪ آب آشامیدنی، صرف آبیاری گیاهانی می‌شود که مصرف دامی دارند (Schlink *et al*., 2010).

با وجود گوناگونی بسیار زیاد حشره‌ها، همه آن‌ها برای مصرف در خوراک دام یا تولید در مقیاس صنعتی مناسب نیستند و تنها چند گونه به‌طور ویژه برای استفاده در جیره دام پرورش داده می‌شوند. برای نمونه، می‌توان به کرم زرد آرد، لارو مگس سرباز سیاه، جیرجیرک‌های و همچنین ملخ‌های زرد و سبز اشاره کرد که به دلیل ارزش غذایی بالا و پرورش آسان، بیشترین کاربرد را در صنعت خوراک دام دارند (Van Huis, 2016). استفاده از لاروهای مگس سرباز سیاه در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تأثیر مثبتی بر جامعه میکروبی متانوژنیک[1] دارد و موجب افزایش فراوانی *Methanobrevibacter woesei* در روده[2] این پرندگان شده است، عاملی که می‌تواند بر بهبود فرایندهای گوارشی و کارکرد روده اثرگذار باشد (Mahayri *et al*., 2025). همچنین، اثرهای مفید لاروهای درشت –کرم آرد از سوسک‌های خانواده تنبریونیده[3] بر بلدرچین‌های ژاپنی مشاهده شده است (Al-Khalaifah *et al*., 2025). در پژوهشی نشان داده شد که لارو مگس خانگی[4] به‌عنوان منبعی غنی از پروتئین می‌تواند نقش چشمگیری در تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار داشته باشد. نتایج این پژوهش نشان دادند که استفاده از ۱۰ تا ۱۵٪ لارو مگس خانگی در جیره، موجب کاهش مصرف خوراک و همچنین بهبود ضریب تبدیل خوراک، نسبت کارایی پروتئین و کارایی انرژی می‌شود (Salehizadeh *et al*., 2025).

فراورده‌های حاصل از حشره‌ها مانند دیگر ترکیب‌های غذایی باید بدون آلودگی شیمیایی و میکروبی باشند. از آن‌جایی‌که ترکیب‌های تشکیل‌دهنده بدن هر جانوری بر اساس مرحله‌های رشد، نوع بستر پرورش، نیازهای تغذیه‌ای، مقدار اسیدهای چرب، ریزمغذی‌ها و پروفایل اسیدهای آمینه متفاوت است (Kim *et al*., 2019)، برای جلوگیری از انباشت زیستی این آلودگی‌ها در زنجیره غذایی (دام و انسان)، عامل‌هایی مانند کیفیت بستر پرورش و نوع تغذیه آن‌ها باید کنترل شود (Diener *et al*., 2015). حشره‌های خوراکی (خشک‌شده یا زنده) جیره کاملی برای خوراک طیور است، اما نباید بیش از حد مجاز از آن‌ها استفاده شود، تا سلامت طیور به خطر نیافتد و اثر مثبتی بر بازدهی داشته باشند. برای

1. Methanogenic 2. Ceca 3. Tenebrionidae (*Zophobas morio*) 4. *Musca domestica*

نمونه، پروفایل اسیدهای آمینه حشره‌ها برای حیوان‌های تک معده‌ای مناسب است، چون عکس نشخوارکنندگان، توانایی تولید همه اسیدهای آمینه ضروری را ندارند. لوسین، ایزولوسین، والین، فنیل الانین، ترئونین، متیونین، تریپتوفان و لیزین از اسیدهای آمینه ضروری هستند. پروتئین خام حشره‌ها بین ۴۱ تا ۶۳٪ (بر پایه ماده خشک) متغیر است. اما کیفیت پروتئین به مقدار اسید آمینه ضروری و غیرضروری (آلانین، آسپارژین، آسپارتیک اسید، سیستئین، گلوتامین، گلوتامیک اسید، گلیسین، پرولین، سرین، تیروزین و آرژنین) و توانایی گوارش یا دسترسی زیستی بستگی دارد. بنابراین، هنگام بررسی منابع نوین پروتئین برای مصرف در خوراک دام و طیور باید موردهای یاد شده در نظر باشند. متیونین و سیستئین از اسیدهای آمینه ضروری برای خوراک دام‌اند که مقدارشان در حشره‌ها، پودر ماهی و کنجاله سویا همسان است (Kayhani & Rafiei, 2022). آرژنین که برای طیور ضروری است، با سوخت و ساز طیور تامین نمی‌شود و باید به جیره آن‌ها اضافه شود. از این رو، حشره‌ها منبع مناسبی از اسیدهای آمینه هستند. هر شش گونه حشره‌ای که در بخش‌های پیشین معرفی شدند، شامل کرم زرد آرد ، مگس سرباز سیاه ، جیرجیرک راست بال، ملخ زرد و ملخ سبز ، به‌جز مگس خانگی، از نظر مقدار پرولین غنی هستند و از این نظر می‌توانند، همسان کنجاله سویا و پودر ماهی، به‌عنوان منابع مناسب این اسیدآمینه در تغذیه مورد توجه قرار گیرند.

یکی از موضوع‌های مهم در رابطه با جیره طیور، وجود عامل‌های ضد تغذیه‌ای مانند مهارکننده تریپسین است (که به پروتئین مانند تانن‌ها متصل می‌شود) و به مقدار زیادی در پروتئین های گیاهی وجود دارد و بر توانایی گوارش پروتئین تاثیر منفی دارد.

کیتین ماده‌ای سخت و مقاوم (پلی‌ساکارید طبیعی) است که بخش اصلی اسکلت خارجی حشره‌ها را تشکیل می‌دهد. کیتین موجود در حشره‌ها، توانایی اتصال به پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه را دارد و می‌تواند به عنوان یک عامل ضدتغذیه‌ای در حشره‌ها (مانند جیرجیرک خانگی) عمل کند و توانایی گوارش و جذب روده‌ای در حیوان را کاهش دهد (Rathore & Gupta, 2015). روغن حشره‌ها یک منبع چربی طبیعی و دارای اسیدهای چرب اشباع، غیراشباع، تری‌گلیسیرید و مقدار کمی مواد زیست فعال است. مقدار روغن شش گونه (لارو سوسک آرد، لارومگس سرباز سیاه، جیرجیرک‌ها و همچنین ملخ‌های زرد و سبز) از حشره‌ها بین ۱۹ تا ۳۸٪ (بر پایه وزن خشک) متغیر است (Jongema, 2012). بیشترین مقدار اسید چرب مربوط به لارو سوسک آرد و کمترین مقدار در لارو مگس خانگی است. در مقایسه با کنجاله سویا (۲/۴٪ چربی) و پودر ماهی (۱۰٪ چربی)، مقدار چربی حشره‌ها از این مواد بیشتر است. اولئیک اسید (C18:1)، لینولئیک اسید (C18:2) و پالمتیک اسید (C16:0) از مهمترین اسیدهای چرب در حشره‌ها است. در پژوهشی مشخص شد که اسیدهای چرب اشباع حشره‌ها با زنجیره متوسط دارای ویژگی‌های ضدباکتریایی هستند و می‌توانند برای بهبود سلامت دستگاه گوارش خوکچه هندی در خوراک آن به کار روند (Jongema, 2012). چربی کنجاله حشره‌ها از تری‌اسیل‌گلیسرول[1] تشکیل شده است (Kouřimská & Adámková, 2016) و باید بر اساس نیازهای غذایی حیوان‌ها استخراج شود.

فیبر خام در حشره‌ها بیشتر از کیتین نامحلول تشکیل شده است و دارای ویژگی‌های آنتی اکسیدانی و ضد التهابی است (Van Huis *et al*., 2013). مقدار فیبر خام در شش گونه از حشره‌ها لارو سوسک آرد، مگس سرباز سیاه، جیرجیرک‌ها و همچنین ملخ‌های زرد و سبز) بین ۳ تا ۷٪ (بر پایه وزن خشک) متغیر است. هرچند پژوهش‌هایی نشان داده‌اند که حشره‌ها فیبر خام دارند، اما در برخی از گزارش‌ها، فیبر حشره‌ها را ترکیبی از فیبر شوینده اسیدی[2] و فیبر شوینده خنثی[3] معرفی کرده‌اند. مقدار فیبر در حشره‌های خوراکی مانند لارو مگس سرباز سیاه (بر پایه وزن خشک) از

1. Triacylglycerol 2. Acid detergent fiber 3. Neutral detergent fiber

۱۳٪ تا ۲۹٪ فیبر شوینده اسیدی و ۷/۹ تا ۱۵٪ فیبر شوینده خنثی تشکیل شده است، درحالی‌که کنجاله سویا دارای ۱۴٪ فیبر شوینده خنثی و ۸/۴٪ فیبر شوینده اسیدی است (Campbel *et al*., 2020).

ارزش ماده غذایی از نظر مواد معدنی، کیفیت و ایمنی خوراک طیور با آزمون خاکستر ارزیابی می‌شود. مقدار خاکستر حشره‌های خوراکی بین ۳ تا ۱۶٪ وزن خشک متغیر است. بیشترین مقدار در لارو مگس سرباز سیاه و کمترین در کرم آرد استد. مقدار آن در حشره‌ها به دلیل اسکلت کلسیفید[1] (اسکلتی که کلسیم روی آن رسوب کرده باشد) کمتر از پودر ماهی است (Fenke & Oonnincx, 2017). با توجه به محتوای مواد معدنی، حشره های می‌توانند بخش چشمگیری از نیازهای حیوان‌ها به عنصرها معدنی را تأمین کنند. مقدار کلسیم در گونه‌های مختلف حشره‌ها متفاوت می‌باشد. برای نمونه، مقدار کلسیم در لارو مگس سرباز سیاه ۹۳۴۰ و در لارو مگس خانگی ۷۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. مقدار منیزیم، ید و منگنز در لارو مگس سرباز سیاه بیشتر از لارو مگس خانگی است (Feng, 2013). فسفر که در مواد خوراکی گیاهی بیشتر به صورت فیتات است و اغلب در حیوان‌های تک معده‌ای در دسترس نیست، در حشره‌ها دسترسی زیستی دارد. بنابراین، حشره‌ها منبع مناسبی از مواد معدنی، پروتئین و فیبرند.

تجزیه آنزیمی پروتئین‌های بدن حشره‌ها زنجیره‌های کوچکی از اسیدهای آمینه به نام پپتید را تولید می‌کند که می‌توانند به عنوان افزودنی به خوراک دام اضافه شوند. این پپتیدها افزون بر منبع پروتئین، دارای ویژگی ضد میکروبی هستند و می‌توانند ویروس‌ها، تک یاخته‌ها، باکتری‌ها و قارچ را از بین ببرند (Wu *et al*., 2018). در پژوهشی، از پپتید ضدمیکروبی سیکروپین[2] حشره‌ها برای بهبود سیستم ایمنی خوکچه هندی استفاده شد که موجب کاهش بیماری‌های دستگاه گوارش آن شد (Wu *et al*., 2012). سیکروپین به بهبود بازده مواد مغذی در جیره جوجه‌های گوشتی کمک می‌کند (Wen *et al*., 2012). از این رو، کاربرد حشره‌ها در جیره دام، کمترین اثرهای منفی را به همراه دارد، چون بیشتر مواد مغذی آن‌ها شناخته شده است و افزودن حشره‌ها در تغذیه دام و طیور ممکن است به کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها نیز کمک کند.

پرورش حشره‌ها و اقتصاد چرخشی

اقتصاد چرخشی، الگوی اقتصاد اجتماعی است که هدف آن بازتعریف رشد با تمرکز بر سودمندی‌های بیشتر و به کارگیری منابع است. اقتصاد چرخشی رو به روی اقتصاد خطی قراردارد که امروز در بیشتر جاهای جهان جریان دارد و بر پایه چرخه ساده (گرفتن، ساختن، مصرف‌کردن و دورانداختن) عمل می‌کند. امروزه با افزایش خطرهای ناشی از اقتصاد خطی (دشواری‌های محیط‌زیستی و اقلیمی) و استفاده از سوخت فسیلی برای تولید انرژی، پیدایش الگوی اقتصاد چرخشی برای دستیابی به پایداری محیط‌زیستی و حفظ تعادل بوم‌شناختی، اجتناب‌ناپذیر شده است. در این زمینه، به پیروی از هدف‌های توسعه پایدار سازمان ملل[3]، پرورش حشره‌ها به‌عنوان جایگزین صنعتی برای حمایت از تولید خوراک دام، محصول‌های خوراکی و غیرخوراکی معرفی شده است. از دیدگاه اقتصاد چرخشی، استفاده از پسماند غذایی یکی از مهمترین موردها در پرورش حشره‌ها می‌باشد. پسماند سالانه مواد غذایی در اتحادیه اروپا حدود ۸۸ میلیون تن برآورد شده است که ارزش اقتصادی آن نزدیک به ۱۴۰ میلیارد یورو است. در ایران نیز مقدار پسماند مواد غذایی حدود ۳۵ میلیون تن در سال برآورد شده که ارزش اقتصادی آن حدود ۱۵ میلیارد دلار تخمین زده شده است (Kayhani & Rafiei, 2022). براساس گزارشی که سازمان ملل[4] در مورد همکاری بخش حشره‌های اتحادیه اروپا برای بهبود دوام و پایداری محصول

1. Calcifiedskeleton 2. Cecropin 3. United Nations Sustainable Development Goods (SDGs)
4. International Platform of Insect for Food and Feed (IPIFF)

از کشتزار تا سفره ارائه کرده است، تا یک سوم از پسماندهای غذایی را می‌توان برای پرورش صنعتی حشره‌ها به‌کار برد. در سال ۲۰۱۷، کمیسیون اروپا هفت گونه حشره از جمله لارو سوسک آرد، مگس خانگی و مگس سرباز سیاه را به عنوان حشره‌های پرورشی معرفی کرده است (آیین نامه شماره ۲۰۱۷/۸۹۳۰). در اتحادیه اروپا، حشره‌های خوراکی نیز مشمول الزام‌های عمومی ایمنی و بهداشت مواد غذایی هستند. این الزام‌ها بر اساس قانون عمومی مواد غذایی (Regulation (EC) No. 178/2002) و مقررات مربوط به بهداشت مواد غذایی، از جمله Regulation (EC) No. 183/2005، اعمال می‌شوند. بنابراین، تولید، فراوری و عرضه حشره ها برای مصرف غذایی یا استفاده در خوراک دام و طیور باید برابر با الزام‌های قانونی و بهداشتی مربوط انجام شود. برای نمونه، از مواد غذایی دورریز که دارای گوشت و ماهی هستند و پسماندهای رستورانی، نمی‌توان به عنوان خوراک حشره‌ها استفاده کرد (آیین نامه شماره ۷۶۷/۲۰۰۹، European Commission, 2009) و بر اساس قانون‌های مربوط به بازاریابی خوراک حیوان‌ها، کودهای حیوانی (خوک) برای تغذیه حشره‌ها ممنوع است. از دیدگاه ایمنی خوراک و مواد غذایی، برخی از گونه‌های حشره ها، مناسب برای پرورش صنعتی دارای ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی ویژه‌ای هستند که می‌تواند چالش‌هایی را برای اجرای الزام‌های نظارتی و کنترل‌های بهداشتی در اتحادیه اروپا و سایر جاهای جهان ایجاد کند. ازاین‌رو، رعایت الزام‌های ایمنی در تمامی مرحله‌های پرورش، فراوری و استفاده از حشره ها در زنجیره تولید غذا و خوراک ضروری است. در پژوهش Lalander, *et al*. (2019) گزارش شده است که لارو مگس سرباز سیاه می‌تواند موجب کاهش مقدار میکروارگانیزم‌های بیمارگر[1] در بستر پرورش حشره‌ها شود. که این پدیده را ناشی از فعالیت زیاد آنزیمی در روده لارو مگس سرباز سیاه و تفاوت در اسیدیته دستگاه گوارش که بین ۲ و ۸ متغیر است، دانستند. همچنین، کودهای دامی که به عنوان بستر پرورش حشره‌ها به کار می‌روند دارای آنتی‌بیوتیک‌ها و باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک هستند با وجود این، استفاده از لارو مگس سرباز سیاه موجب افزایش تجزیه تتراسایکلین در بستر می‌شود (Cai *et al*., 2018) و تجزیه مایکوتوکسین‌ها (Bosch *et al*., 2017) همچنین، توانایی این حشره در تجزیه و کاهش برخی از آلاینده‌های موجود در بستر پرورش و فرایند زیست‌پالایی آن گزارش شده است. از سوی دیگر، توانایی لارو این حشره در جذب و انباشت برخی از فلزهای سنگین نیز در بررسی‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، استفاده از بسترهای آلوده برای پرورش این حشره می‌تواند موجب انتقال و تجمع آلاینده‌ها، به‌ویژه فلزهای سنگین، در زیست‌توده لارو شود (Proc *et al*., 2020). از دید توانایی زیستی، لارو مگس خانگی و لارو سوسک آرد همسان یکدیگر هستند (Nordentoft *et al*., 2017). بنابراین، برای پایداری و حمایت از اقتصاد چرخشی، حشره‌ها می‌توانند به‌عنوان یک مهره مهم در سیستم تولید خوراک دام و طیور و تبدیل پسماندهای کشاورزی و غذایی به پسماندهای آلی، نقش چشمگیری داشته باشند. برای دست‌یافتن به عملکرد زیاد سیستم تولید حشره‌ها، باید عامل‌های کلیدی مانند رطوبت، اسیدیته، مقدارارزش تغذیه‌ای بستر پرورش و دما که از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند، مورد توجه قرار بگیرند. بنابراین، طراحی یک سیستم با شرایط مناسب برای افزایش مقیاس پرورش صنعتی حشره‌ها بسیار مهم است. در پژوهشی از پسماندهای مختلف کشاورزی به‌عنوان ماده خوراکی برای تغذیه لارو مگس سرباز سیاه استفاده و مشخص شد که با گزینش یک بستر مناسب، می‌توان در مقیاس نیمه‌صنعتی به طراحی یک خوراک ترکیبی با نرخ تبدیل خوراک ۲/۵ (بر پایه خشک) و بازدهی زیاد رسید (Heckmann & Gligorescu, 2019). در پژوهشی که برای تولید نیمه صنعتی لارو مگس سرباز سیاه با استفاده از پسماند آلی خانگی انجام شد، برای تولید پایدار این حشره، ابتدا تراکم لاروها، حجم

1. Pathogen

خوراک و شمار بارهای تغذیه لاروها بهینه‌سازی گردید. در دوره یک‌ساله، با تغذیه هر دسته لارو با ۵۸ کیلوگرم پسماند آلی خانگی، ۲۵ دسته لارو در شرایط نیمه‌صنعتی تولید شد (Fischer *et al.*, 2018).

به‌منظور دست یافتن به شایستگی اقتصاد چرخشی باید یکی از فراورده‌های جانبی در پرورش صنعتی حشره‌های خوراکی، یعنی کود (مدفوع) آن‌ها، مورد توجه قرار بگیرد. کود حشره‌ها در مقیاس صنعتی، بخش چشمگیری از فراورده‌های جانبی را شامل می‌شود که باید از آن بهره‌گیری شود. پژوهش‌هایی در زمینه استفاده از مدفوع حشره‌ها، به‌عنوان کود زیستی در رشته‌های باغبانی و کشاورزی و کاربرد آن در تولید بیوگاز[1] انجام شده است. استفاده از مدفوع حشره‌ها به‌عنوان کود در بخش کشاورزی و باغبانی اهمیت زیادی دارد، چون بیشتر حشره‌ها در مرحله جوانی (لاروی و شفیرگی) بسترهای آلی و در حال فساد را به مدفوع تبدیل می‌کنند. این مدفوع مانند کودهای حیوانی سرشار از مواد مغذی است که برای تغذیه گیاهان به زیست‌بوم برمی‌گردد. بنابراین، استفاده از مدفوع حشره‌ها از سودمندی‌های محیط‌زیستی و اقتصادی برخوردار می‌باشد. به‌هرحال، باید بررسی‌های بیشتری درباره شایستگی کامل کود حشره‌ها به عنوان فراورده جانبی انجام شود. در نتیجه، اقتصاد چرخشی، پسماندهای بازیافت شده را به شکل‌های سودمندی تبدیل می‌کند و تا حدی جایگزین مصرف منابع طبیعی با تأثیر محیط‌زیستی کمینه هستند.

تأثیرهای محیط‌زیستی حشره‌ها

در نخستین کتابی که در زمینه مصرف حشره‌ها به عنوان خوراک دام منتشر شد (Linder, 1919) از لارو سوسک آرد و لارو مگس خانگی نام برده شده است و همچنین، دیدگاه و اصول تبدیل برخی از منابع به ترکیب‌های مفید به کمک حشره‌ها در این کتاب مطرح شده‌است. پرورش حشره‌ها در مقیاس صنعتی، مدت‌های زیادی به‌عنوان جایگزین پایدار برای فراورده‌های سنتی حیوانی مطرح شده است (Oonincx, 2015).

امروزه، انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان محرک تغییر اقلیم مورد توجه است. گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن می‌باشند که گاز متان نسبت به دیگر گازها از نظر محیط‌زیستی زیانبارتر است. برخی از حشره‌ها مانند سوسک‌های حمام و موریانه‌ها دارای باکتری‌های تولیدکننده متان هستند. مقدار تولید این گاز در این حشره‌ها متفاوت است. متان (CH_4) و اکسید نیتروس (N_2O) که در فرایندهای میکروبی تولید می‌شوند، به‌ترتیب دارای پتانسیل گرمایش جهانی حدود ۲۱ و ۳۱۰ برابر بیشتر از دی‌اکسیدکربن هستند. (Kery *et al.*, 2014). باکتری‌ها و قارچ‌های بستر پرورش مگس سرباز سیاه، سهم مهمی در تولید گازهای گلخانه‌ای دارند. برای نمونه، در پرورش لارو سوسک خورشیدی[2] حدود ۹۲/۵٪ از کل تولید دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری‌شده به تنفس بستر و خوراک نسبت داده شد. نویسندگان احتمال داده‌اند که حضور مقدار زیادی زیست‌توده قارچی در بستر و خوراک، عامل اصلی این سهم بالا بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، به‌ظاهر، مقدار تولید گازهای متان و دی اکسید نیتروژن توسط حشره‌ها بسیار کمتر از انتشار این گازها توسط دام‌های سنتی است (Oonincx *et al.*, 2010).

برای تولید یک کیلوگرم کرم آرد، مصرف انرژی تنها ۳۳/۶۸ مگاژول و انتشار دی‌اکسیدکربن۲/۶۵ کیلوگرم گزارش شده است. همچنین، سطح زمین موردنیاز برای تولید این مقدار کرم آرد ۳/۶۵ مترمربع است که در مقایسه با منابع متعارف

1. Biogas
2. *Pachnoda marginata*

تولید پروتئین، مقدار به نسبت اندکی محسوب می‌شود. این رقم با تولید شیر، گوشت مرغ و گاو قابل قیاس نیست. مصرف آب برای تولید کرم آرد خیلی کمتر از مقدارآب مصرفی برای پرورش دام است (Miglietta *et al*., 2015).

یکی از راه‌های کاهش اثرهای زیست‌محیطی تولید حشره ها، استفاده از مواد دورریز، مانند پسماندهای خانگی و کودهای دامی، که به‌عنوان بستر پرورش حشره ها است. زیرا این مواد قابلیت بالایی برای تبدیل به زیست‌توده حشره‌ها دارند. خوراک‌های آلوده، چه به روش سنتی و چه صنعتی که برای تغذیه دام و طیور استفاده نمی‌شوند، می‌توانند برای تولید حشره‌ها به‌کار روند. برای نمونه، غلات آلوده به مایکوتوکسین که مناسب تغذیه دام نیستند، اما مانع رشد برخی از حشره‌ها نمی‌شوند را می‌توان به‌کار برد، زیرا مایکوتوکسین توسط حشره‌ها تجزیه می‌شود و در فراورده نهایی انباشته نمی‌شوند (Bosch *et al*., 2017). همچنین، برخی از حشره‌ها زیر تاثیر فلزهای ویژه‌ای که در خوراک‌های آلوده هستند، قرار نمی‌گیرند. مواد آلوده به کادمیوم را می‌توان به عنوان خوراک کرم زرد آرد و مواد آلوده به آرسنیک را برای لاروهای مگس سرباز سیاه به کار برد (Van der Fels-Klerx *et al*., 2016). از فراورده‌های جانبی یا پسماند کارخانه‌های صنعت‌های غذایی نیز می‌توان به عنوان ترکیب‌هایی در جیره غذایی حشره‌ها استفاده کرد و اثرهای محیط‌زیستی صنعتی را کاهش داد.

کود و سایر فراورده‌های حاصل از پرورش حشره ها می‌توانند به‌عنوان بستر مناسبی برای گوارش بی‌هوازی و تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند (Bulak *et al*., 2020). در فرایند گوارش بی‌هوازی، مواد آلی موجود در مدفوع و پسماند حشره ها توسط گروه های میکروبی تجزیه شده و بخشی از آن به متان تبدیل می‌شود. بر اساس گزارش‌ها، از هر گرم مدفوع لارو مگس سرباز سیاه، جیرجیرک و کرم آرد، ۲۰۸ تا ۲۵۹ میلی‌لیتر متان تولید شده است. با این حال، تفسیر این مقدار باید با توجه به مدت زمان گوارش و پایه اندازه‌گیری، انجام شود. استفاده از بیوگاز حاصل از گوارش بی‌هوازی مدفوع حشره ها می‌تواند بخشی از نیاز به سوخت‌های فسیلی را تأمین کرده و در نتیجه، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی را کاهش دهد. افزون بر این، مدفوع حشره ها دارای عنصرهای غذایی ضروری گیاه، از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم هستند و از این رو می‌توانند به‌عنوان کود آلی در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند. کاربرد این فراورده‌ها در خاک می‌تواند با افزایش دسترسی به مواد آلی و عنصرهای غذایی، به بهبود فعالیت و زیست‌توده میکروبی خاک کمک کند. همچنین، برخی از میکروارگانیزم‌های مرتبط با دستگاه گوارش حشره ها، از جمله باکتریودنت‌ها[1]، باکتری‌های پروتئینی[2]، تریکوسپورون[3]، ژئوتریکوم[4]، پرووِیدنسیا[5]، آنتروباکتری‌ها[6] و آکتینوباکتری‌ها[7] هستند که موجب گوارش دامنه گسترده‌ای از مواد زائد می‌شوند (Zhu *et al*., 2015). حشره‌هایی مانند سوسک حمام[8] و باکتری‌های آن‌ها، با راندمان زیاد، اوریک اسید را به اسیدهای آمینه تبدیل می‌کنند (Sabree *et al*., 2009).

از دیگر سودمندی‌های بهره‌گیری از مدفوع حشره ها، مشارکت در فرایند تبدیل زیستی پسماندهای آلی توسط حشره‌ها است که با کاهش حجم پسماند و بازگرداندن مواد مغذی به چرخه زیستی، می‌تواند به پایداری محیط‌زیست کمک کند. تولید کمپوست بی‌هوازی پسماندها، فرایندی هزینه‌بر و زمان‌بر (حدود ۹۰ روز) می‌باشد، اما تبدیل زیستی با حشره‌هایی مانند کرم آرد، لارو مگس سرباز سیاه و لارو مگس خانگی به ترتیب ۳۰ تا ۴۵ روز، ۱۴ تا ۲۵ روز و ۴ تا ۷ روز می‌باشد. همچنین مقدار فسفر، پتاسیم و کلسیم در مدفوع حشره‌ها در تولید زیستی آن‌ها بیشتر است، (Bloukounon-Gubalan, 2019). اگر پرورش حشره‌ها در مقیاس بزرگ و صنعتی انجام شود با تولید حجم زیاد کود

1. Bacteriodetes
2. Proteobacteria
3. Trichosporon
4. Geotrichum
5. Providencia
6. Enterobacteriaceae
7. Actinobacteria
8. *Periplaneta americana*

حشره‌ها همراه خواهد بود که استفاده از آن‌ها موجب کاهش مصرف کودهای معدنی، شیمیایی، آفت‌کش‌ها و قارچکش‌ها و تولید پایدار خوراک و غذا خواهد شد.

قانون‌ها

گرچه حشره‌ها منبع مغذی برای برخی از گروه‌های دام و طیور هستند، اما همزمان چالش‌هایی پیش‌روی تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان مواد حاصل از حشره‌ها قرار دارد. با توجه به دشواری‌هایی که در زمینه ایمنی مواد غذایی در بریتانیا و اتحادیه اروپا رخ داد، بازنگری کلی بر کنترل ایمنی غذا و خوراک ضروری است. طرح تضمین کیفیت خوراک، مجموعه‌ای از مقررات را برای اطمینان از تولید و تأمین مواد اولیه و خوراک دام ایمن و باکیفیت در برمی‌گیرد. در اتحادیه اروپا، قانون‌هایی در رابطه با بیماری‌های قابل انتقال، ایمنی خوراک و مدیریت فراورده‌های جانبی با منشأ حیوانی، الزام‌های ویژه‌ای را برای تولید و استفاده از پروتئین حشره ها تعیین کرده‌اند. این الزام‌ها، به‌ویژه بر منابع تغذیه حشره ها، شرایط پرورش و فراوری، بهداشت و ایمنی زیستی و اطمینان از نبود عامل های بیمارگر در محصول‌های نهایی تأکید دارند. ازاین‌رو، رعایت ضابطه های بهداشتی و ایمنی خوراک یکی از چالش‌های مهم در توسعه تولید و مصرف پروتئین حشره ها به شمار می‌رود. بااین‌حال، مقررات مربوط به حشره‌ها در کشورهای مختلف متفاوت است و نمی‌توان معیار اتحادیه اروپا را به طور مستقیم به شرایط ایران تعمیم داد. در ایران نیز افزون بر ضابطه های عمومی مرتبط با بهداشت، ایمنی خوراک و سلامت دام و آبزیان و الزام‌های غذای حلال باید در تدوین چارچوب قانونی تولید و مصرف فراورده‌های حاصل از حشره ها مورد توجه قرار گیرد (European Commission, 2016; European Commission, 2009; European Commission, 2011). در قانون‌های بریتانیا و اروپا، پروتئین حشره‌ها به‌عنوان پروتئین حیوان‌های فراوری‌شده هستند. پروتئین حیوانی فراوری‌شده، فراورده‌ای است که در اثر گرم‌کردن، خشک‌کردن و آسیاب‌کردن کل یا قسمتی از اندام حیوان‌های خشک‌زی به‌دست می‌آید و چربی آن‌ها تا مقداری استخراج یا به صورت فیزیکی جذب شده است (Kayhani & Rafiei, 2022). محصول‌های حاصل از حشره ها که می‌توانند در تغذیه دام، طیور و سایر حیوان‌های پرورشی، از جمله نشخوارکنندگان، مورد استفاده قرار گیرند، شامل فراورده‌های حاوی چربی، پروتئین حشره های هیدرولیزشده و ترکیب‌های حاصل از تجزیه پروتئین‌ها، از جمله پلی‌پپتیدها، پپتیدها و اسیدهای آمینه هستند. همچنین، برخی از حشره‌ها و سایر بی‌مهرگان خاکزی زنده یا مرده، در صورت رعایت الزام‌های ایمنی و نداشتن اثرهای نامطلوب بر سلامت دام و گیاه، می‌توانند به‌عنوان منابع خوراکی استفاده شدند. در حال حاضر، بریتانیا، قانون‌های خوراک خود را با قانون‌های اتحادیه اروپا همسو کرده است (European Commission ,2001) و پیش‌نویس آئین‌نامه شماره ۹۹۹ مصوب سال ۲۰۰۹ در رابطه با اجازه مصرف فراورده‌های حشره‌ها در خوراک طیور، اجازه محدود مصرف فراورده‌های جانبی خوک در خوراک طیور و عکس آن و همچنین لغو ممانعت مصرف کلاژن نشخوارکنندگان و ژلاتین در خوراک غیرنشخوارکنندگان را در اکتبر سال ۲۰۲۰ منتشر کرده است. در کانادا، تمام مواد خوراکی و ترکیب‌های آن‌ها توسط آژانس بازرسی مواد غذایی بازرسی می‌شوند (Kayhani & Rafiei, 2022). این آژانس در چهارمین قانون‌های خوراک مصوب سال ۱۹۸۳، اجازه مصرف لارو خشک‌شده و حشره کامل را در خوراک جوجه گوشتی صادرکرد. وزارت کشاورزی چین در سال ۲۰۱۳، قانون شماره ۱۷۷۳ از لیست مواد اولیه خوراک را اجرا کرد (MOA, 2012a) که تولید و مصرف مواد اولیه خوراک که در فهرست کاتالوگ مواد اولیه آمده است باید با تمام قانون‌های آورده شده در سندهای استاندارد بهداشتی خوراک و برچسب‌گذاری خوراکی انجام شود. سازمان غذا و دارو در ایالات متحده آمریکا مسئول

کنترل ایمنی مواد غذایی است. براساس قانون سازمان غذا و دارو، افزودن هر ماده به خوراک دام (مستقیم و یا غیرمستقیم) باید با قسمت افزودنی‌های غذایی همخوانی داشته باشد. بر پایه تعریف مواد تشکیل‌دهنده خوراک در نشریه رسمی انجمن مقام‌های کنترل خوراک آمریکا، تنها لارو مگس سرباز سیاه (به صورت خشک‌شده و کنجاله چربی‌زداشده) برای مصرف خوراک دام مجوز دریافت کرده است (Association of American Feed Control Officials, 2020).

اتحادیه اروپا، به‌منظور حفظ سلامت انسان‌ها و حیوان‌ها و افزایش اعتماد مصرف‌کنندگان به تولید مواد غذایی و کنترل بخش ایمنی غذا و خوراک دام، یک بازنگری کلی داشته است. در پایان سال ۲۰۱۹، کمیسیون اروپا قراردادی به‌عنوان پیمان سبز اروپا منتشر کرد و در سال ۲۰۲۰، راهبردی با عنوان از کشتزار تا سفره در رابطه با غذای پایدار منتشر گردید که بخشی از پیمان سبز اروپا را شامل می‌شود، در واقع بیانیه‌ای در رابطه با تغییر قانون‌های مربوط به فراورده‌های جانبی حیوانی، بازاریابی خوراک و انسفالوپاتی اسفنجی قابل سرایت، صادر کرده است که استفاده از مواد خوراکی پایدار از جمله پروتئین حشره‌ها راحتر شد. با توجه به آنچه گفته شد، هیچ استاندارد تضمینی که تولید حشره‌ها یا تغذیه دام با حشره‌ها را شامل شود، وجود ندارد. سکوی بین‌المللی حشره‌ها[1] با عنوان ماده غذایی و خوراک، یک شیوه‌نامه یا راهنمای روش‌های بهداشتی را برای تولیدکنندگان حشره‌ها (به عنوان ماده غذایی و خوراک) در اتحادیه اروپا در اختیار تولیدکنندگان قرار داده است.

ایمنی مواد غذایی و آلرژی

اگرچه استفاده از حشره‌ها و فراورده‌هایشان در غذا و خوراک دام و طیور به‌عنوان منابع جایگزین پروتئین، راهکاری نوین است، درباره ایمنی و ایجاد حساسیت با مصرف محصول‌های غذایی جدید که از حشره‌های خوراکی به دست می‌آیند، به‌ویژه در برخی از کشورها، از جمله ایران، که سابقه‌ای در زمینه مصرف حشره ها به‌عنوان غذا ندارند، نگرانی‌هایی وجود دارد. این نگرانی‌ها، خطرهای احتمالی زیستی و شیمیایی که ممکن است با حشره‌های پرورشی همراه باشند را در بر می‌گیرد که عبارتند از گونه حشره، مرحله برداشت، مرحله رشد، حشره‌های فراوری‌نشده و پرورش‌یافته روی بسترهای مختلف، روش تولید به کار گرفته شده و همچنین آلودگی محصول‌های غذایی/خوراکی با باکتری‌های دستگاه گوارش حشره‌ها و عامل‌های بیماری یا انگل‌هایی که ممکن است به سرعت گسترش یابند. از سویی، دانش کافی در مورد فراوری حشره‌ها برای تضمین ایمنی غذا در تولید آن در مقیاس صنعتی وجود ندارد (Schluter *et al*., 2017). روش‌های بهداشتی و منابع خوراکی ایمن برای تغذیه حشره‌های خوراکی، نقش مهمی در کاهش خطرهای میکروبی خواهند داشت. همچنین، تیمارهای گرمایی مانند جوشاندن، برشته‌کردن یا ترکیبی مناسب از این روش‌ها، همراه با خشک‌کردن و اسیدی‌کردن، می‌توانند با کنترل انتروباکتری‌ها و اندوسپورهای باکتریایی مرتبط با حشره ها، در افزایش ماندگاری و تأمین ایمنی حشره های خوراکی تاثیر داشته باشند (Klunder *et al*., 2012). بر اساس گزارش اخیر سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد[2]، قانون‌ها و مقررات ویژه‌ای برای تولید حشره‌ها، ارزیابی‌های خطر و اقدام‌های کنترل کیفی و تجاری‌سازی که از فروش حشره‌ها به عنوان غذا و خوراک پشتیبانی کند، وجود ندارد (FAO , 2021).

1. International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF)
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

ایمنی میکروبی

حشره‌های (پرورشی یا وحشی) ممکن است به بیمارگرهایی مانند باسیلوس[1]، کامپیلوباکتر[2]، میکروکوکس[3]، آسینتوباکتر[4]، پروتئوس[5]، اشریشیا[6]، سودوموناس[7]، انتروباکتر[8]، استافیلوکوکس[9]، ویروس، قارچ و تک یاخته‌ها آلوده باشند و منشا آن‌ها می‌تواند ناشی از شرایط غیربهداشتی محیط پرورشی باشد (Klunder *et al*., 2012). با این‌حال، به کارگیری روش‌های مؤثر می‌تواند به کنترل و کاهش فعالیت این عامل‌های بیمارگر کمک کند. در طول زنجیره غذایی ایجاد شده با حشره‌های خوراکی، آلودگی پس از فراوری، عامل مهمی در موضوع ایمنی غذایی است و این موضوع بیشتر به حشره‌های آماده مصرف برشته یا سرخ‌شده مربوط است. هرچند که برشته‌کردن و سرخ‌کردن می‌تواند به کاهش بروز بیمارگرها کمک کند، اما در صورت رعایت نکردن بهداشت در زمان بسته‌بندی و نگهداری، ممکن است این محصول‌ها دوباره آلوده شوند. باکتری‌های اندوسپورساز[10] در حشره‌های خوراکی یک عامل مهمی است، زیرا اسپورها در برابر گرما مقاوم هستند و ممکن است پس از روش‌های متداول گرمایی که اغلب برای حشره‌های خوراکی به‌کار می‌روند، همچنان فعال باقی بمانند. پسماند این اسپورها که جوانه می‌زنند و تولید سم می‌کنند را می‌توان با روش صحیح خنک‌کردن، پس از عملیات گرمایی در حشره‌های خوراکی فراوری شده، برطرف‌کرد. گزارشی در مورد وجود اسپورهای باکتریایی از باسیلوس سرئوس[11] و کلستریدیوم سوردلی[12] به عنوان آلاینده‌های میکروبی در حشره‌های فراوری‌شده گرمایی که به درستی خنک نشده بودند، وجود دارد (Osimani *et al*., 2018).

کپک‌ها و قارچ‌زهرها[13]- یکی از چالش‌های مهم در بحث ایمنی غذایی، انباشت قارچ‌زهرها در بدن حشره‌ها است. قارچ‌زهرها، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که توسط قارچ‌ها تولید می‌شوند. توانایی جذب، سوخت‌وساز یا دفع قارچ‌زهرها توسط برخی از حشره‌های خوراکی در آزمایش‌های تغذیه با بستر دارای قارچ‌زهرها بررسی شده است. در پژوهشی مشخص شد که حشره‌ها می‌توانند قارچ‌زهرهایی که بیشتر از جنس‌های *Fusarium*، *Aspergillus* و *Penicillium* تولید می‌شوند را متابولیزه کنند (Smith *et al*., 1994). بنابراین، ارتباط بین حشره‌ها و قارچ‌زهرها یک چالش دو سویی است. از یک سو، تهدیدی برای ایمنی محصول پایانی، و از سوی دیگر فرصتی برای کشف سازوکارهای زیستی حشره‌ها در تجزیه سم‌ها و استفاده از آن‌ها برای پاک‌سازی پسماندها هستند. قارچ‌زهرها ممکن است در بستر تغذیه‌ای که حشره‌های خوراکی در آن پرورش می‌یابند وجود داشته باشند (Schlüter *et al*., 2017). بنابراین، برخی از حشره‌های خوراکی می‌توانند به‌دلیل تأثیر حاد و مزمنی که می‌توانند بر سلامت انسان و حیوان داشته باشند (مانند آفلاتوکسین همراه با حشره‌های خوراکی)، از نگرانی‌های مهم ایمنی غذایی باشند.

شرایط فراوری غیربهداشتی، مانند قرارگیری حشره‌ها در محیط باز، خشک‌کردن در برابر آفتاب و عرضه آن‌ها به‌عنوان غذای خیابانی، می‌تواند موجب رشد کپک‌های تولیدکننده قارچ‌زهرها در حشره‌های خوراکی تازه و خشک‌شده شود. شدت آلودگی آفلاتوکسین در برخی از حشره‌های خوراکی مانند شب‌پره و موریانه، بیش از مقدار مجاز (بیش از ۱۰ مایکروگرم در کیلوگرم) است. بنابراین، مدیریت نامناسب در زنجیره محصول‌های حشره‌های خوراکی، به‌ویژه زمانی که به عنوان تنقلات/غذاهای آماده خیابانی مصرف می‌شوند، می‌تواند به ایجاد آفلاتوکسیکوز[14] کمک کند (Kachapulula *et al*., 2018). باتوجه به این‌که چندین گونه حشره در چندین کشور مصرف می‌شوند، خطرها و آلودگی‌های زیستی مانند باکتری‌ها،

1. Bacillus (Bac.)
2. Campylobacter (Camp.)
3. Micrococcus (M.)
4. Acinetobacter (Acin.)
5. Proteus (Pr.)
6. Escherichia (E.)
7. Pseudomonas (Ps.)
8. Enterobacter (Enter.)
9. Staphylococcus (Staph.)
10. Endospore-forming bacterium
11. *Bacillus cereus*
12. *Clostridium sordellii*
13. Mycotoxins
14. Aflatoxicosis

ویروس‌ها، قارچ‌ها، انگل‌ها و همچنین خطرهای شیمیایی از جمله قارچ زهرها، آفت‌کش‌ها، فلزهای سنگین، میکروب‌ها و خطرهای فیزیکی، خطرهای ایمنی ناشی از مصرف حشره های خوراکی را دارند (FAO, 2012). خطرهای ایمنی مصرف حشره‌های خوراکی به گونه، محیط پرورش یا روش جمع‌آوری، نوع تغذیه حشره‌ها و روش‌های تولید و فراوری بستگی دارد. ارزیابی خطرهای ایمنی این محصول‌ها می‌تواند در تعیین خط و مشی شیوه‌های بهداشتی و تولیدی خوب و فراوری مناسب برای زنجیره ارزش غذایی (مجموعه مرحله‌ها و فعالیت‌ها از تولید و پرورش حشره، فراوری و نگهداری، بسته‌بندی و توزیع تا عرضه به مصرف‌کننده) حشره های پایدار و استاندارد کمک کند و برای تمام بهره برداران در طول زنجیره فراورده‌های حشره‌های خوراکی به‌کارگرفته شود (FAO, 2012). برای کاهش خطر آلودگی به آفلاتوکسین‌ها در مواد غذایی با منشأ حشره های خوراکی، فراوری گرمایی می‌تواند در کنترل کپک‌های مولد سم مؤثر باشد، اما، آفلاتوکسین‌ها ترکیب‌هایی به نسبت پایدار در برابر گرما هستند و ممکن است هنگام فراوری گرمایی به‌طور کامل تخریب نشوند و در محصول نهایی باقی بمانند. (Bullerman & Bianchini, 2007). بیشینه سطح ایمنی آفلاتوکسین‌های تعیین‌شده توسط اتحادیه اروپا برای مواد غذایی با منشأ گیاهی، ۱۰ تا ۱۵ میکروگرم در کیلوگرم است (Commission Regulation (EC) 1881/2006).

انگل‌ها- با گسترش روز افزون صنعت پرورش حشره‌های خوراکی برای تأمین خوراک دام، طیور و انسان، ایمنی این محصول‌ها به نگرانی اصلی تبدیل شده است. یکی از این نگرانی‌ها، ارتباط بین حشره‌های خوراکی و انگل ها است. حشره‌ها، به ویژه در شرایط پرورش غیربهداشتی و متراکم، می‌توانند میزبان یا ناقل انواعی از انگل‌ها باشند. انگل‌های داخلی مانند برخی از نماتودها (کرم‌های لوله‌ای) و پروتوزواها[1] (تک‌یاخته‌ها) هستند که می‌توانند در دستگاه گوارش یا بافت‌های حشره‌ها زندگی کنند. نماتودها می‌توانند ناقل‌های زیستی تریپانوزومیاز[2] باشند، که خطر احتمالی در مصرف حشره‌ها است. انگل‌های خارجی مانند کنه‌ها به سطح بدن حشره‌ها می‌چسبند و از آن‌ها تغذیه می‌کنند. این آفت‌ها نه تنها به خود حشره‌ها آسیب می‌زنند، بلکه می‌توانند به‌عنوان ناقل ثانویه عامل‌های بیمارگر نیز عمل کنند. اگر بستر پرورش (مانند پسماندهای کشاورزی) به تخم انگل (مانند تخم نماتود) آلوده باشد، حشره می‌تواند آن را مصرف کند و به میزبان میانی انگل تبدیل شود (Grabowski & Klein , 2017).

نتیجه‌گیری

با توجه به نیازهای تغذیه‌ای، روندهای جمعیتی و شرایط اقلیمی، انتظار می‌رود که توسعه آینده پرورش انبوه حشره‌ها بیش از پیش به سمت تولید منابع غذایی و خوراک دام، به‌ویژه خوراک طیور، حرکت کند. در این رویکرد، تمرکز اصلی بر مقدار زیست‌توده تولیدشده، به‌جای شمار حشره ها پرورش‌یافته، خواهد بود. با این وجود، فناوری‌ها و دانش فنی موجود برای تولید انبوه حشره ها هنوز در بسیاری از کشورها به اندازه‌ای توسعه نیافته‌اند که بتوانند پاسخگوی تقاضای فزاینده برای محصول‌های حشره ها باشند. بسیاری از فناوری‌های مرتبط با پرورش، برداشت، خشک‌کردن، پایدارسازی و فراوری حشره ها نیز همچنان ظرفیت چشمگیری برای بهبود و بهینه‌سازی دارند.

در ایران، توسعه پرورش حشره ها خوراکی می‌تواند به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین برای تأمین بخشی از نیاز صنعت خوراک طیور به منابع پروتئینی و چربی مورد توجه قرار گیرد. استفاده از گونه‌هایی مانند کرم آرد و مگس سرباز سیاه، به‌ویژه در شرایطی که امکان استفاده از محصول‌های جانبی کشاورزی و صنایع غذایی برای پرورش آن‌ها وجود داشته

1. Protozoa
2. Trypanosomiasis

باشد، می‌تواند فرصت مناسبی برای ایجاد یک زنجیره ارزش جدید در کشور فراهم کند. بااین‌حال، گزینش گونه مناسب باید بر اساس ضریب تبدیل بستر به زیست‌توده، ترکیب غذایی، ایمنی، قابلیت پرورش در مقیاس صنعتی، هزینه تولید و سازگاری با شرایط اقلیمی ایران انجام شود.

از دیدگاه فراوری، توسعه روش‌های مناسب خشک‌کردن، آسیاب‌کردن، استخراج یا تفکیک پروتئین و چربی و همچنین فراوری گرمایی می‌تواند نقش مهمی در افزایش پایداری، قابلیت گوارش، کیفیت تغذیه‌ای و ایمنی محصول‌های حشره ها داشته باشد. در این زمینه، به کنترل خطرهای زیستی و شیمیایی، ازجمله آلودگی‌های میکروبی، قارچ زهرها، فلزهای سنگین و سایر آلاینده‌ها، باید هم‌زمان با توسعه فناوری پرورش و فراوری توجه شود.

از نظر کاربرد در صنعت طیور ایران، یکی از مسیرهای پژوهشی مهم، بررسی امکان جایگزینی بخشی از منابع پروتئینی متداول، به‌ویژه کنجاله سویا، با پودر حشره‌ها و ارزیابی اثر آن بر عملکرد رشد، ضریب تبدیل خوراک، سلامت روده، جمعیت میکروبی، کیفیت گوشت و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی است. همچنین، بررسی سطح‌های مختلف مصرف، ترکیب حشره ها با سایر منابع پروتئینی و گیاهی، اثر فراوری بر ارزش تغذیه‌ای و تعیین سطح بهینه مصرف در سن‌های مختلف طیور می‌تواند زمینه را برای کاربرد عملی این منابع در صنعت خوراک کشور فراهم کند.

در همین راستا، پژوهش انجام‌شده توسط نویسندگان این مقاله ۲۰۲۶ (با تمرکز بر توسعه و ارزیابی مکمل فیتو سین بیوتیک)[1] رویکردی نوین برای استفاده از کرم آرد در کنار منابع گیاهی و پسماند کارخانه های صنایع غذایی سایر ترکیب‌ها در تغذیه جوجه‌های گوشتی ارائه کرده است. این پژوهش با بررسی اثر سطح‌های مختلف مکمل بر عملکرد رشد، کیفیت گوشت، ویژگی‌های لاشه، جمعیت میکروبی روده، شاخص‌های بیوشیمیایی خون، پاسخ ایمنی و ویژگی‌های بافت‌شناختی، ظرفیت این رویکرد را برای توسعه خوراک‌های نوآورانه و چندمنظوره در تغذیه طیور مورد ارزیابی قرار داده است.

در مجموع، توسعه صنعت حشره‌های خوراکی در ایران، در کنار فرصت‌هایی مانند تولید پروتئین جایگزین، استفاده از محصول‌های جانبی کشاورزی و صنایع غذایی، ایجاد ارزش افزوده و حرکت به سوی اقتصاد چرخشی، با چالش‌هایی همچون هزینه اولیه فناوری، نبود استانداردهای جامع، الزام‌های ایمنی، پذیرش مصرف‌کننده، ثبات کیفیت محصول و نبود زیرساخت‌های کافی برای تولید صنعتی روبه‌رو است. بنابراین، آینده این بخش در ایران به همکاری میان دانشگاه‌ها، مرکزهای پژوهشی، صنعت خوراک دام و طیور، بخش کشاورزی و نهادهای تنظیم‌گر وابسته است. انجام پژوهش‌های کاربردی، تدوین استانداردهای ایمنی و کیفی و ارزیابی همزمان جنبه‌های تغذیه‌ای، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌تواند مسیر استفاده هدفمند و پایدار از حشره ها را در صنعت خوراک طیور ایران هموار سازد.

منابع

Association of American Feed Control Officials. (2020). *AAFCO Official Publication*. West Lafayette, In: Association of American Feed Control Officials, Inc.

Al-Khalaifah, H., Ahmad, Z., Ullah, R., Islam, Z., Sultan, A. *et al*. (2025). Effects of *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* larvae meal supplementation on growth performance, carcass traits, and gut histomorphology in Japanese quails. *Poultry Science*, 104, 105803.

Bodenheimer, F. S. (1951). Insects as human food. Junk Publishers. : A Chapter of the *Ecology of Man*. The Hague, The Netherlands: W. Junk Publishers.

1. Phytosynbiotic supplement (PSS)

Bosch, G., Van der Fels-Klerx, H.J., de Rijk, T.C. & Oonincx, D.G.A.B. (2017) Aflatoxin B1 tolerance and accumulation in black soldier fly larvae and yellow mealworms. *Toxins*. 29(6):185.

Bulak , P., Proc, K., Pawłowska, M., Kasprzycka, A., Berus, W. (2020) Biogas generation from insects breeding post production wastes. *Journal of Cleaner Production*. 244. 118777.

Bullerman, L.B. & Bianchini, A. (2007). Stability of mycotoxins during food processing. *International Journal of Food Microbiology,* 119(1–2), 140–146.

Christensen, M., Orech, F., Mungai, M.N., Larsen, T. & Friis, H. (2006) Entomophagy among the Luo of Kenya: a potential mineral source? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. V 25.

Cai, M., Ma, S., Hu, R., Tomberlin, J.K., Yu, C. *et al.* (2018). Systematic characterization and proposed pathway of tetracycline degradation in solid waste treatment by *Hermetia illucens* with intestinal microbiota. *Environmental Pollution,* 242, 634–642.

Commission Regulation (EC) No 1881/2006. (2006). Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union,* L 364, 5–24.

Diener, S., Zurbrügg1, C.& Tockner, K. (2015) Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, Hermetia illucens and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 261-270.

Ekpo, K.E. & Onigbinde, A.O. (2005) Nutritional potentials of the larva of Rhynchophorus phoenicis (F). *Pakistan Journal of Nutrition.* 4(5). 287-290.

European Commission. (2001). Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies. *Official Journal of the European Communities*, L 147, 1–4.

European Commission. (2009). Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002. *Official Journal of the European Union*, L 300, 1–33.

European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption. Retrieved from: https://eurlex.europa.eu./legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX: 02011R014220200630&qid=1597757737702&from=EN (accessed 1 november 2020).

European Commission (2016) Regulation (EC) 2016/429 on transmissible animal diseases and amending and repealing certain acts in the area of animal health (Animal Health Law Retrieved from: https://eurlex.europa.eu./legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02016R042920191214&qid=1597414227373&from=EN (accessed 1 november 2020)

Feng, Y., Chen, X.M., Zhao, M., Zhao H., Sun, L. *et al.* (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science,* 25(2), 184-198.

Feng, M.D. (2013). Complete nutrition content of four species of feeder insects. *Zoo Biology*, 32(1), 27-36.

Fenke, M. & Oonnincx, D.G.A.B. (2017). Nutrition content of insect. In: Van Huis, A. and Tomberlin. J.K. *Insect as Food and From Production to Consumption*. Wegningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. P 291-316.

FAO. (2011). World Livestock 2011: *Livestock in food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. Retrieved from: http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf.

FAO/WUR. (2012). Expert consultation meeting: *Assessing the potential of insects as food and feed in assuring food security.* In: Vantomme, P., Mertens, E., van Huis, A., and Klunder, H. (Eds), Summary report, 23–25 January 2012, FAO, Rome. Italy.

FAO (2021). *Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective*. Challenges and Opportunities for the Sector, Rome. Retrieved from: https://doi.org/10.4060/cb4094en.

Fischer, C.H., Heckmann, L.H., Dahl, M., Hannemann, P. & Wagner Jensen, J. (2018) WICE-waste, *Insect and circular Economy*. Final report under the Econnovation program by the Danish. *Environmental Protection Agency (in Danish).* Copenhagen, Denmark.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C. *et al.* (2013). *Tackling climate change through livestock* – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. Retrieved from: http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf

Grabowski, N.T. & Klein, G. (2017). Microbiology of processed edible insect products – Results of a preliminary survey. *International Journal of Food Microbiology*, 243, 103-107.

Hanboonsong, Y., Jamjanya, T. & Durst, P.B. (2013). Six-legged livestock: Edible insect farming, collecting and marketing in Thailand. RAP Publication 2013/03. Bangkok, Thailand.

Heckmann, L. & Gligorescu, A. (2019) *Bioconversion of Guldorgsund Municipalitys residual Substractes. Insect Meal.* Report from the Interreg (European Regional Development Funf) project BIOCAS. Aarhus, Denmark.

Hall, H., Fitches, A. & Smith, R. (2022). I*nsects as Animal Feed: New Ingredients for Use in Livestock, Poultry, Aquatic Animals and Pets* (A. Kayhani and H. Rafiei, translators). Tehran: Agricultural Education and Natural Resources Research Institute (TAK)

Jongema, Y. (2012). *List of Edible Insects' Species of the World*. Wageningen Laboratory of Entomology, Wageningen University, Wageningen.

Kachapulula, P.W., Akello, J., Bandyopadhyay, R. & Cotty, P.J. (2018). Aflatoxin contamination of dried insects and fish in Zambia. *Journal of Food Protection*, 81, 1508–1518.

Kim, S. W., J. F. Less, Wang, L., Yan, T., Kiron. V. *et al.* (2019). Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy. *Annual Review of Animal Biosciences.* 7, 221–243.

Kery, V., Masera, O., Blanford, G., Bruckner, T., Cooke, R. *et al.* (2014). Annex 2 –Metrics and memethodology. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona. (eds) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.Cambrigde.* University Press.1281-1328.

Klunder, H.C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J.M. & Nout, M.J.R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631.

Kouřimská, L. & Adámková. A. (2016) Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal.* 4, 22-26.

Lähteenmäki-Uutela, A., Marimuthu, S.B. & Meijer. N. (2021). EU legislation on insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 715-728.

Lalander, C., Diener, S., Zurbrugg, C. & Vinneras, B. (2019). Effect of feedstock of larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production,* 208, 211-219.

Linder, P. (1919). Extraction of fat from small animals *(Zur Fettgewinung aus Kleintieren). Zootechnica Biologica* 7, 213-220.

Latunde-Dada, G.O., Yang, W. & Vera Aviles, M. (2016). *In Vitro* Iron availability from Insects and Sirloin Beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 64(44), 8420–8424. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03286

Longvah, T., Mangthya, K. & Ramulu, P. (2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chemistry.* 128, (400-403).

Meyer-Rochow, V.B. (2017). Therapeutic arthropods and other, largely terrestrial, folk-medicinally important invertebrates: a comparative survey and review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13, 9. https://doi.org/10.1186/s13002-017-0136-0

Miglietta, P.P., De leo, F., Ruberti, M. & Massari, S. (2015) Mealworms for food: A water footprint perspective. *Water* 7(11), 6190-6203.

MOA (Chinese Ministry of Agriculture) (2012a) MOA-1773 *Feed Ingredient Catalogue* part III. Chapter 9.

Mahayri, T.M., JAzek. J.M., Bovera. F., Piccolo,. Murgia, G.A. *et al.* (2025). The inclusion of insect meal from *Hermetia illucens* larvae in the diet of laying hens (Hy-line Brown) affects the caecal diversity of methanogenic archaea. *Poultry Science.* 104(5), 105037. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105037

Nordentoft, S., Fischer, C., Bjerrum, L., Heckmann, L. H. L. & Halad, B. (2017). Reduction of *Eschercia coli*, Salmonella enteritidis and *Campylobacter jejuni* in poultry manure by rearing of *Musca domestica* fly larvae. *Journal of Insect as Food and Feed*, 3, 145-153.

Osimani, A., Milanović, V., Garofalo, C., Cardinali, F., Roncolini, A. *et al*. (2018) Revealing the microbiota of marketed edible insects through PCRDGGE, metagenomic sequencing and real-time PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 276, 54–62.

Oonincx, D.G. (2015). *Insect as food and feed: Nutrient composition and environmental impac*. PhD thesis. Wageningen the Netherlands.

Oonincx, D.G., Van ltterbeek, J., Heetkamp, M., Van den Brand M.J., *et al*. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLOS ONE* 5(12), e14445.

Poore, J. & Nemecek, T. (2018). Reducing foods environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

Proc¸K., Bulak, P., D. & Bieganowski, A. (2020). *Hermetia illucens* exhibits bioaccumulative potencial for 15 different elements-implication for feed and food production. *Science of the Total Environment* 723, 138125.

Paul, A., Frederich, M., Megido, R.S. & Alabi, T. (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology.* 20, 337-340.

Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271-288.

Rumpold, B.A. & Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.

Rathore, A.S. & Gupta. R.D. (2015) Chitinases from bacteria to human: Properties, applications, and future perspectives. *Hindawi Publishing Corporation Enzyme Research*. Volume 2015, Article ID 791907, 8 p.

Smith, J.E., Lewis, C.W., Anderson, J.G. & Solomons, G.L. (1994). *Mycotoxins in Human Nutrition and Health*. EEC, Luxembourg, 22.

Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R.F. *et al.* (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(6), 1600520.

Sandra G.F. & Bukkens. (2005). Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects. In: *Ecological Implications of Minilivestock:* Potential of insects, rodents, frogs and snails. pp. 545–577. Science Publishers, India.

Sabreea, Z.L., Kambhampatic, S. & Moran, N.A. (2009). Nitrogen recycling and nutritional provisioningby Blattabacterium, the cockroach endosymbiont. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America* 106(46), 19521-19526.

Schmitt, Belghit, I., Johansen, J. & Leushuis, R. (2019). Growth and safety assessment of feed streams for black soldier fly larvae: a case study with aquaculture sludge. *Animal*, 9(4), 189.

Salehizadeh, A., Torki, M., Darbemamieh, M. & Sharifi, S.D. (2025). Diet inclusion of housefly larvae and frass supplemented by Rayabold (enzyme and probiotic) on performance of laying hens and egg quality. *Poyltry Science*, 104(10), 105544.

Schlink, A.C., Nguyen, M.L. & Viljoen, G.J. (2010). Water requirements for livestock production: A global perspective. *OIE Scientific and Technical Review*, *29*(3), 603–60.

Talaei, B., Alizadeh, I., Aghaei Afshar, A., Seyedi, F. & Gorouhi, M. A. (2022). Status of edible insects as an alternative source of food in Iran: A review. *Journal of Entomological Research*, 46(2), 420–427.

Van Deb Bos Verma, M., de Vreede, L., Achterbosch, T. & Rutten, M.M. (2020). Consumers discard a lot more food than widely believed: Estimates of global food waste using an energy gap approach and affluence elasticity of food waste. *PLoS ONE*, 15(2), 1-14.

Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.

Van Huis, A. (2016). *Edible insects are the future?* The Nutrition Society Summer Meeting 2015 held at University of Nottingham, Nottingham on 6–9 July 2015.

van den Bosch, T.J.M. & Welte, C.U. (2017). Detoxifying symbionts in agriculturally important pest insects. *Microbial Biotechnology*, 10(3), 531–540.

Van der Fels-Klex, H.J., Camenzuli, L., Van der lee, M.K. & Ooneincx, D.G.A.B. (2016) Uptake of cadmium., lead and arsenic by *Tenebrito molitor* and *Hermetia illucens* from contaminated substractes. *PLoS ONE*, 11(11), e0166186.

Van Huis, J. van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. (2013) *Edible insects: future prospects for food and feed security.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved from: http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf

Vercruysse, L., Van Camp, J. & Samggheace, G. (2005) Inhibitory peptides derived from enzymatic hydrolysates of animal muscle protein: A Review. *Agriculture and Food Chemistry*. 53, 8106−8115.

van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27–44.

Wen, L.F. & He, J.G. (2012). Dose-response effects of an antimicrobial peptide, a cecropin hybrid, on growth performance, nutrition utilization, bacterial counts in the digesta and intestinal morphology in broilers. *British Journal of Nutrition*, 108(10), 1756-1763.

Wu, S., Zhang, F., Huang, Z., Liu, H. & Xie, C. (2012). Effects of the antimicrobial peptide cecropin AD on performance and intestinal health in weaned piglets challenged with *Escherchia coli*. *Peptides*, 35(2), 225-230.

Wu, Q., Patocka, J. & Kuca. (2018). Insect antimicrobial peptides, amini review. *Toxins*, 10(11), 1-17.

Zhu, F., Yao, Y., Wang, S., Du, R., Wang, W. *et al.* (2015). Housefly maggot-treated composting as sustainable option for pig manure management. *Waste Management*, 35. 62–67.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):165-184 (2026)

An Innovative Approach to Sustainable Poultry Nutrition and the Circular Economy through the Use of Edible Insects

Molaee Parvarei, M., Zahraei Ramazani, A.R. [1], Sharifi, S.D. and Sofei Zadeh, M.[2]

The rapid growth of the global population, escalating environmental concerns, and increasing limitations in conventional protein sources have intensified the need to identify alternative and sustainable feed resources for livestock and poultry. The poultry industry is a key sector within the agricultural subsector, and the volume of investment in Iran's poultry industry is second only to the oil and petrochemical industry. Supplying poultry feed is considered part of the country's food security. Given the current conditions, one of the most significant problems facing the country's poultry industry is the shortage of necessary feed resources. Currently, one of the most pressing challenges faced by the poultry industry is the shortage and rising cost of essential feed ingredients such as soybean meal and corn, which may further limit producers' access in the near future. Edible insects have emerged as an innovative option due to their high protein content, essential amino acids, beneficial fatty acids, and the ability to be produced on an industrial scale with a low environmental footprint. Incorporating insects into poultry diets can not only improve growth performance, immune function, and product quality but also support circular economy principles by converting organic waste into high-value biomass, thereby reducing environmental pollution. Despite these advantages, several challenges remain, including the need for standardized production protocols, assurance of microbial and chemical safety, consumer acceptance, and compliance with regulatory frameworks.This review article examines the nutritional potential, environmental and economic benefits, and existing challenges associated with edible insects, highlighting their role as a green and sustainable strategy for the poultry industry within the framework of a circular economy.

Key words: Circular economy, Edible insects, Nutritional value, Poultry feed.

1. Corresponding author's Email: azahraei@tums.ac.ir
2. Postdoctoral Researcher of Tehran University of Medical Sciences, Professor of Tehran University of Medical Sciences, Professor of University of Tehran, Tehran and Associate Professor of Urmia University, Urmia, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۸۵ تا ۲۰۰ (۱۴۰۵)

نقش امنیت غذایی و توسعه پایدار کشاورزی بر تاب‌آوری در برابر تنش‌های جغرافیای سیاسی و جنگ[1]

امیرحسین خوشگفتارمنش[2] و بتول احمدی اسکندری[3]

چکیده

این نگاشته به بررسی جایگاه امنیت غذایی و نظام‌های تولید کشاورزی به‌عنوان هدف کلیدی در جنگ‌های نامستقیم و عامل برتری در جنگ مستقیم می‌پردازد. در واقع، پرسش اصلی پژوهش این است که بخش کشاورزی به‌عنوان منبع اصلی تولید غذا چه نقشی در ثبات نظام‌های سیاسی و تاب‌آوری در برابر تنش‌های جغرافیای سیاسی[4] دارد؟ پژوهش حاضر با استفاده از روش مروری و بررسی منابع علمی به روز انجام شده است. با بهره‌گیری از داده‌های سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد[5] و صندوق بین‌المللی پول[6] و نیز نظریه‌های اقتصادی-اجتماعی، نشان داده می‌شود که چگونه ایجاد اختلال هدفمند در زنجیره تأمین غذا به‌عنوان یکی از پایه‌های مهم اقتصاد کشور، می‌تواند به بی‌ثباتی سیاسی- اجتماعی کشیده شود. در این نگاشته، با بررسی مدرک‌های تجربی، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که امنیت غذایی نه‌تنها یک پایه مهم اقتصادی، بلکه ابزار مهم جغرافیای سیاسی است که کنشگران جهانی برای زیر فشار قراردادن حاکمان کشورها از آن بهره‌می‌گیرند. در پایان، راهکارهایی مانند تغییر برخی از نگرش‌ها درباره جایگاه کشاورزی، توسعه پایدار کشاورزی با تاکید بر خوداتکایی در محصول‌های راهبردی، رعایت ملاحظه‌ها در توسعه کشت محصول‌های غیرراهبردی، اصلاح سیاست‌های یارانه‌پردازی، تغییر الگوی صادرات محصول‌های کشاورزی و تقویت همکاری‌های هدفمند منطقه‌ای برای دستیابی به امنیت غذایی پایدار و تقویت ثبات سیاسی پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: امنیت غذایی، خوداتکایی، کشاورزی پایدار.

مقدمه

در جنگ‌های ترکیبی، رویارویی‌های مستقیم نظامی جای خود را به رویارویی کامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی داده‌اند. در این دیدمان نوین، امنیت غذایی به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین و حساس‌ترین سویگان جامعه، به سلاحی کارآمد و نامستقیم برای فشار به کشورهای مستقل و بی‌ثبات‌سازی سیاسی آن‌ها به‌کارگرفته شده است. گزارش اخیر سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2023) نشان می‌دهد که ۸۰٪ از کشورهای خاورمیانه به وارد کردن مواد

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۲۳

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: amirhkhosh@iut.ac.ir

۳- به ترتیب، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشجوی کارشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

4. Geopolitic 5. Food and Agricultural Organization (FAO) 6. International Monetary Fund (IMF)

غذایی وابسته‌اند و جنگ‌ها این وابستگی را تشدید می‌کنند. این نگاشته به این پرسش پاسخ می‌دهد که ناامنی غذایی چگونه زمینه‌ساز ناپایایی سیاسی و پدیده جنگ می‌شود و ایران چگونه می‌تواند با این ناامنی رویارویی کند؟

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا با مرور منابع علمی به روز دنیا از راه جستجو در پایگاه‌های داده معتبر مانند Google Scholar و Scopus و نیز آمار و سندهای سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد و مرکز آمار ایران، نظریه‌های مختلف در زمینه جایگاه امنیت غذایی و کشاورزی در بروز آشوب داخلی یا جنگ‌ها در منطقه‌های مختلف دنیا استخراج شد. سپس، داده‌های بین‌المللی با گزارش‌های مستند ملی واکاوی شدند.

ناامنی غذایی و زمینه بروز آشوب و جنگ

بدون حل مشکل ناامنی غذایی، برقراری صلح پایدار دشوار است. اکنون بیش از هر زمان دیگری روشن است که جهان در مسیر دستیابی به هدف صفر گرسنگی تا سال ۲۰۳۰ نیست (FAO, 2021). انسان در دنیایی پر از چالش‌ها و بحران‌ها زندگی می‌کند و سیستم‌های غذایی باید طوری بازطراحی شوند که بتوانند در برابر این چالش‌ها مقاومت و تاب‌آوری داشته باشد. راه‌حل‌های مناسب برای مقابله با گسترش گرسنگی و بدی تغذیه در بین مردم جهان وجود دارد، اما مشکل اصلی این است که اراده سیاسی و منابع برای اجرای این راه‌حل‌ها وجود ندارد (FAO, 2021).

ریشه اصلی درگیری‌ها و تنش‌های سیاسی و اجتماعی جامعه‌ها، مشکل‌های اقتصادی به ویژه کاهش ناتوانی در تامین نیازهای غذایی است (Hendrix & Brinkman, 2013). نتایج پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهند که قیمت کالاهای اساسی به ویژه مواد غذایی، از عامل‌های مؤثر بر ناآرامی اجتماعی هستند. هنگامی که مردم در بحران‌های سیاسی به رویارویی با دولت می‌پردازند، ریشه اصلی آن، اغلب اقتصادی است. هرگونه اختلال در تأمین غذای مورد نیاز جامعه (با تولید داخل یا واردات) می‌تواند موجب کمبود یا گرانی غذا و به دنبال آن نارضایتی عمومی و بروز اعتراض‌های اجتماعی شود. نمونه بارز این موضوع، قیام نان در مصر در سال ۲۰۱۷ پس از قطع یارانه‌های گندم است (Hendrix & Brinkman, 2013).

مدل علمی، غذا برابر با ثبات

واکاوی داده‌های جمع‌آوری شده از ۱۴۰ کشور جهان در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که کاهش ۱۰ درصدی تولید کالری سرانه، احتمال بروز جنگ داخلی را ۳٪ افزایش می‌دهد (Hendrix & Haggard, 2015). براساس این نتایج، کشورهایی که امنیت غذایی کمی دارند، خطر جنگ داخلی پنج برابر بیشتر است. از سوی دیگر، در هر ۱۰۰۰ کالری کاهش سرانه مصرف غذا، احتمال اعتراض‌های خیابانی را ۱۲٪ افزایش می‌دهد (Hendrix & Brinkman, 2013).

قیمت مواد غذایی، یکی از شاخصه‌های کلیدی اقتصاد سیاسی است. در ایران، در سال ۱۴۰۱، حدود ۳۵٪ از درآمد خانوارهای شهری و ۴۵٪ از درآمد خانوارهای روستایی صرف خوراک شده است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲الف). بنابراین، هرگونه تغییر در قیمت مواد غذایی تأثیر چشمگیری بر وضعیت اقتصادی و سطح رفاه مردم دارد (مرکز آمار ایران. ۱۴۰۲الف). نتایج پژوهش صندوق بین‌المللی پول (IMF, 2022) نشان می‌دهند که در کشورهای در حال توسعه، ۵۰٪ از نوسان‌های تورم زیر تأثیر قیمت محصول‌های کشاورزی است. در ایران، خشکسالی و کاهش تولید گندم در سال ۱۴۰۱ از جمله عامل‌هایی بودند که موجب شدند تورم نقطه‌ای مواد غذایی به ۸۵٪ برسد (پژوهشگاه مطالعات خلیج فارس ۱۴۰۱). بر پایه گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2023) و نیز مدل‌سازی‌های بانک جهانی (IMF, 2022)، یک تکانه یک درصدی در شاخص

قیمت جهانی غذا می‌تواند به افزایش ۱۰ میلیون نفری جمعیت در فقر مطلق بیانجامد، زیرا سهم هزینه خوراک در سبد خانوارهای فقیر بسیار زیاد است. بنابراین، افزایش ۱۰۰ درصدی قیمت گندم، می‌تواند ۵٪ از جمعیت را به زیر خط فقر بکشاند (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۲). بر اساس برآوردهای طرح مطالعات رفاه اجتماعی مرکز آمار ایران (۱۴۰۰ب)، تکانه‌های قیمتی در کالاهای اساسی مانند نان و گندم، به‌دلیل سهم زیاد آن در سبد هزینه خانوارهای کم‌درآمد، یکی از مهمترین عامل‌های تشدید فقر در ایران است. بر پایه یافته‌های پژوهشی، افزایش قیمت گندم و محصول‌های مرتبط با آن، تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر نرخ فقر دارد، به‌طوری که برآورد می‌شود افزایش دو برابری قیمت این کالا می‌تواند موجب افزایش ۳ تا ۶٪ جمعیت زیر خط فقر شود (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰الف). کاهش تولیدهای کشاورزی ناشی از خشکسالی یا تحریم‌ها، به‌طور مستقیم به اعتراض‌های خیابانی دامن می‌زند. داده‌های سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد و صندوق بین‌المللی پول نشان می‌دهند که هرگونه اختلال در زنجیره تأمین غذا (از تولید تا توزیع) می‌تواند به سرعت به بحران‌های اجتماعی-سیاسی تبدیل شود (von Grebmer *et al.*, 2023). بنابراین، کشاورزی تنها یک بخش اقتصادی نیست، بلکه زیربنای امنیت ملی است.

خوداتکایی یا پایه امنیت غذایی

براساس بررسی‌های سازمان ملل و نتایج ارائه‌شده در مجمع عمومی غذا (۱۹۹۵)، کشورها برای دستیابی به امنیت غذایی پایدار باید راهبرد خوداتکایی در تولید محصول‌های غذایی را در پیش بگیرند (خوش‌گفتارمنش، ۱۴۰۳). برهمین اساس، بررسی‌ها نشان می‌دهند که کشورهای منطقه خلیج فارس در پاسخ به نگرانی‌های امنیت غذایی، راهبردهای بلندمدتی برای کاهش وابستگی به واردات محصول‌های کشاورزی کلیدی در پیش گرفته‌اند. این راهبردها شامل توسعه فناوری‌های کشاورزی پیشرفته و سرمایه‌گذاری در کشاورزی پایدار است (پژوهشگاه مطالعات خلیج فارس، ۱۴۰۱). بحران‌های جغرافیای سیاسی اخیر از جمله جنگ روسیه و اوکراین که هر دو از تامین‌کنندگان اصلی غلات جهان هستند، به طور مشخص آسیب‌پذیری زنجیره تأمین جهانی غذا را آشکار ساخت و ضرورت توجه به راهبردهای امنیت غذایی را برای کشورهای واردکننده، به یک اولویت فوری تبدیل کرد (FAO, 2022a).

عامل‌های تهدیدکننده امنیت غذایی در سطح جهانی

ارزیابی‌های شاخص جهانی گرسنگی[1] در سال ۲۰۲۳ هشدار می‌دهند که روند مبارزه با گرسنگی در سطح جهان به طور خطرناکی از مسیر دستیابی به هدف‌های توسعه پایدار ۲۰۳۰ منحرف شده است. در صورت ادامه روندهای کنونی، امکان کاهش شاخص جهانی گرسنگی تا سطح مورد نظر در سال ۲۰۳۰ وجود ندارد (von Grebmer *et al*., 2023). عامل‌های اصلی تهدید کننده امنیت غذایی عبارتند از:

الف- جنگ

بررسی‌های نهادهای بین‌المللی نشان می‌دهند که درگیری‌های مسلحانه و تحریم‌های اقتصادی با ایجاد اختلال در زنجیره تأمین جهانی غذا، به کمبود کالاهای اساسی و تشدید ناامنی غذایی دامن می‌زنند (von Grebmer *et al*., 2023). این وضعیت از یک سو با ایجاد تکانه تورمی، ارزش پول ملی را زیر تأثیر قرار می‌دهد و از سوی دیگر با کاهش قدرت خرید و دستمزد واقعی خانوارها، پیش‌نیازهای گسترش فقر را فراهم می‌آورد (UNSC, 2022). اثرهای تکانه‌های جغرافیای

1. Global Hunger Index (GHI)

سیاسی بر امنیت غذایی بیشتر فرامرزی است (IMF, 2022). برای نمونه، جنگ در اوکراین موجب اختلال شدید در زنجیره تأمین گندم گردید. بر اساس پایش بازارهای جهانی مواد غذایی توسط سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO)، در پی این جنگ، شاخص غلات در بازارهای خاورمیانه در بازه مارچ تا می ۲۰۲۲ نسبت به سه ماهه مشابه سال پیش، نزدیک به ۳۰٪ افزایش یافت (FAO, 2022a). تکانه بی‌سابقه قیمت مواد غذایی در سال ۲۰۲۲ که از پیامدهای جنگ در اوکراین بود، موجب بازنگری فوری در راهبردهای کلان امنیت غذایی در بسیاری از کشورها شد. در پاسخ به این بحران، کشورهای اروپایی از جمله لهستان، مجارستان و رومانی با اتخاذ سیاست‌های حمایتی و یارانه‌پردازی، افزایش تولید داخلی محصول‌های راهبردی کشاورزی و کاهش وابستگی به واردات نهاده‌های کلیدی مانند کود و غلات را در صدر اولویت‌های خود قرار دادند (European Commission, 2023). در دوران جنگ تحمیلی عراق به ایران، تامین کمبود گندم یکی از مشکل‌های کشور بود و دشمن به کشتی‌های گندم که به سوی مرز ایران می‌آمدند حمله می‌کرد با هدف این که جامعه را با مشکل کمبود مواد غذایی روبه‌رو کند (رضوی، ۱۴۰۰). در جنگ اسرائیل علیه مردم غزه، اسرائیل اجازه نمی‌داد مواد غذایی به مردم غزه برسد و حتی از انتقال کمک‌های موسسه‌های بین‌المللی به غزه جلوگیری می‌کرد تا مردم غزه را مجبور به تسلیم یا مهاجرت کند و بتواند غزه را اشغال کند (رحمتی، ۱۴۰۴).

ب- تغییر اقلیم

پیامدهای تغییر اقلیم بیش از پیش آشکار و پرهزینه شده‌اند، اما هیچ راهکار کارایی برای کاهش یا بازگرداندن آن در سطح جهان پیشنهاد نشده است (Masson-Delmotte *et al*., 2021). تغییر اقلیم با افزایش دما، تغییر الگوهای بارندگی و بروز پیوسته رخدادهای شدید اقلیمی، ناامنی غذایی را افزایش می‌دهند و اثرهای منفی آن‌ها، گسترده، سریع و در حال افزایش است (Mbow *et al.,* 2019). برهمین اساس، ناامنی غذایی و سطح گرسنگی در کشورهایی که کشاورزی آن‌ها بیشترین حساسیت را به بارش و دما دارد، به طور چشمگیری بیشتر است (FAO-WHO, 2021).

واکاوی‌ها نشان می‌دهند که تغییر اقلیم می‌توانند شمار افراد مزمن گرسنه در سال ۲۰۵۰ را در مقایسه با وضعیت کنونی تا ۷۸ میلیون نفر افزایش دهند (von Grebmer *et al*., 2023). سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه کشاورزی، مدیریت آب و زیرساخت‌های روستایی می‌تواند این افزایش گرسنگی را جبران کند، اما این نیازمند توجه کافی دولت‌ها به بخش کشاورزی و صرف هزینه‌های لازم برای رویارویی با محدودیت‌های تولید غذا است (von Grebmer *et al*.,2023). بی‌شک، کاهش اثرهای منفی ناشی از تغییر اقلیم بر تولید غذا و سازگاری با این تغییرها، نیازمند اراده سیاسی قوی است.

پ- همه‌گیری کووید-۱۹[1]

همه‌گیری کووید-۱۹ در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ به‌خوبی نشان داد که نظام‌های غذایی جهانی در برابر تکانه‌های خارجی چقدر آسیب‌پذیرند. بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO-WHO, 2021)، محدودیت‌های تردد، اختلال در زنجیره تأمین و کاهش درآمد خانوارها در این همه‌گیری، دسترسی به غذا را به‌طور جدی زیر تأثیر قرار داد و برآورد می‌شود حدود ۸۱۸ میلیون نفر با مقدارهای مختلفی از ناامنی غذایی روبه‌رو شده‌اند. پس از دهه‌ها کاهش، شیوع جهانی بدی تغذیه و شاخص گرسنگی (GHI) در حال افزایش است (FAO-WHO, 2021). شاخص جهانی گرسنگی یک گزارش سالانه است که با هدف سنجش و پایش جامع گرسنگی در سطح جهانی، منطقه‌ای و ملی تدوین شده است. هدف این شاخص، برانگیختن اقدام‌هایی برای کاهش گرسنگی در سراسر جهان است. در یک دهه گذشته شاخص

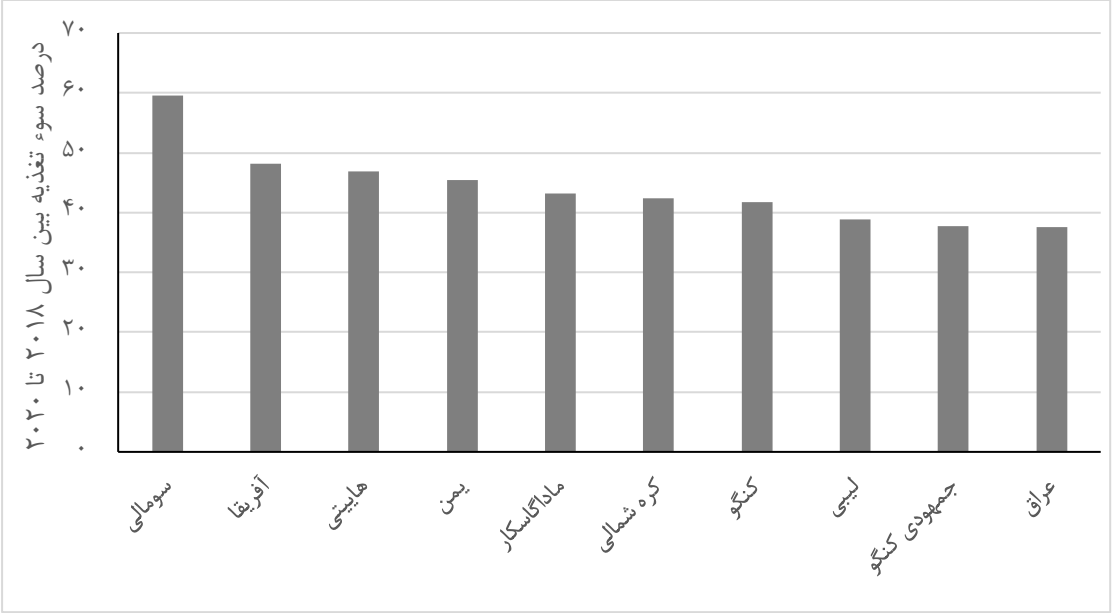
1. COVID-19

گرسنگی در برخی از کشورها روند افزایشی داشته است (جدول ۱). خوشبختانه این شاخص در ایران نیز در دو دهه گذشته (از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) روند کاهشی داشته، اما تغییرهای نظام سیاسی دنیا و تنش‌های اقلیمی و جنگ‌های اخیر، می‌توانند بر این روند کاهشی گرسنگی اثرهایی منفی داشته باشند. شکل ۱ کشورهای با بیشترین شاخص گرسنگی را در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. شکل ۲ نیز مقدار شاخص گرسنگی را در ایران در مقایسه با برخی از کشورهای آسیای غربی و شمال آفریقا نشان می‌دهد. شاخص گرسنگی در سطح جهان ۱۷/۹ و در غرب آسیا و جنوب آفریقا ۱۲/۷ است.

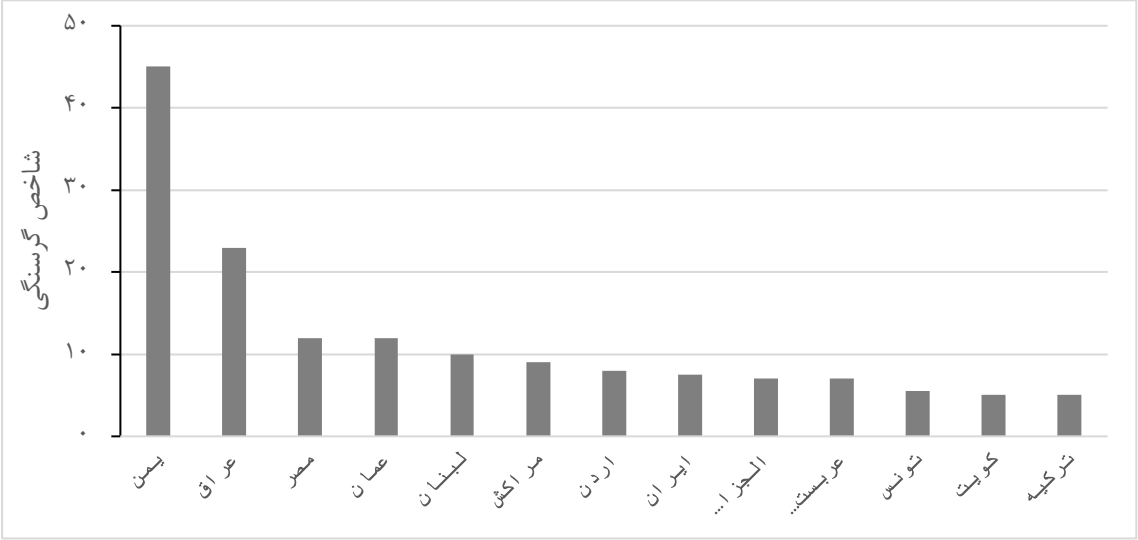
جدول۱- مقدار شاخص جهانی گرسنگی (GHI) در کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۲۱†.

رتبه	کشور	۲۰۰۰	۲۰۰۶	۲۰۱۲	۲۰۲۱	رتبه	کشور	۲۰۰۰	۲۰۰۶	۲۰۱۲	۲۰۲۱
	بلاروس	<۵	<۵	<۵	<۵	۱۹	آرژانتین	۶/۴	۵/۶	۵/۲	۵/۳
	بوسنی‌هرزگوین	۹/۳	۶/۷	<۵	<۵	۱۹	کاستاریکا	۷	۵/۵	<۵	۵/۳
	برزیل	۱۱/۵	۷/۴	۵/۵	<۵	۲۱	ازبکستان	۲۴/۳	۱۶/۶	۹/۵	۵/۹
	شیلی	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۲	تونس	۱۰/۳	۷/۸	۷	۶
	چین	۱۳/۳	۹	<۵	<۵	۲۳	بلغارستان	۸/۶	۸/۱	۷/۸	۶/۱
	کرواسی	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۳	مغولستان	۳۰/۲	۲۳/۴	۱۲/۸	۶/۱
	کوبا	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۵	آلبانی	۲۰/۷	۱۵/۹	۷/۸	۶/۲
کشورهای	استونی	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۵	روسیه	۱۰/۱	۷/۱	۶/۴	۶/۲
با شاخص	کویت	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۷	گرجستان	۱۲/۳	۸/۸	<۵	۶/۳
کمتر از	لاتویا	۵،۵	<۵	<۵	<۵	۲۸	قزاقستان	۱۱/۲	۱۲/۳	۸/۱	۶/۴
٪۵	لیتوانی	<۵	<۵	<۵	<۵	۲۹	عربستان	۱۱	۱۲/۱	۸/۲	۶/۸
	مونتنگرو	-	۶/۵	<۵	<۵	۲۹	اکراین	۱۳	۷/۱	۶/۹	۶/۸
	مقدونیه شمالی	۷/۵	۷/۷	<۵	<۵		الجزایر	۱۴/۵	۱۱/۷	۸/۹	۶/۹
	رومانی	۷/۹	۵/۹	۵	<۵	۳۱	ارمنستان	۱۹/۳	۱۳/۳	۱۰/۴	۷/۲
	صربستان	-	۶/۱	۵/۳	<۵	۳۲	آذربایجان	۲۵	۱۵/۹	۱۰/۶	۷/۲
	اسلواکی	۶	۵/۳	<۵	<۵	۳۳	پاراگوئه	۱۱/۷	۱۱/۶	۹/۵	۷/۵
	ترکیه	۱۰/۲	۶/۵	۵	<۵	۳۳	ایران	۱۳/۵	۸/۹	۸/۱	۷/۷
	اروگوئه	۷/۴	۶/۷	۵	<۵	۳۵					
						...					
						۸۶	عراق	۲۳/۹	۲۳/۹	۲۷/۵	۲۲/۸
						۹۲	پاکستان	۳۶/۷	۳۳/۱	۳۲/۱	۲۴/۷

† برگرفته از (von Grebmer *et al*., 2023).



شکل ۱- کشورهای دارای شاخص گرسنگی زیاد (von Grebmer *et al*.,2023).

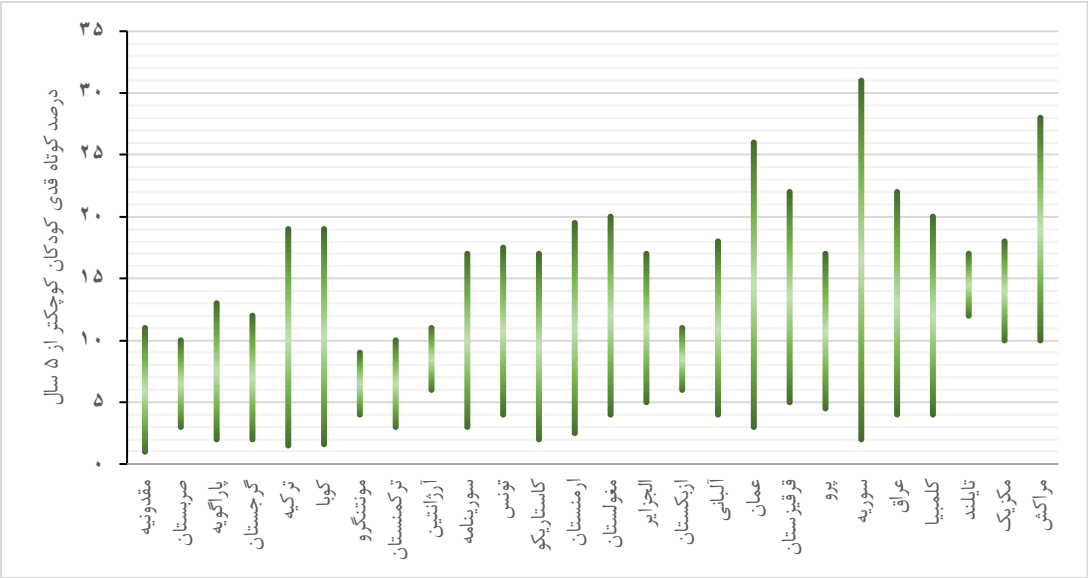


شکل ۲- مقایسه شاخص گرسنگی در ایران و برخی از کشورهای غرب آسیا و شمال آفریقا (von Grebmer *et al*.,2023).

توسعه عادلانه امنیت غذایی در منطقه‌های مختلف یک کشور

یکی از پایه‌های اساسی برنامه‌ریزی برای امنیت غذایی، برآوردن توسعه پایدار و عادلانه در سطح ملی است که در آن، شکاف‌های بین منطقه‌ای به کمینه برسد. با این وجود، نابرابری در وضعیت امنیت غذایی بین استان‌ها و منطقه‌های مختلف، همچنان به‌عنوان یک چالش عمده در بسیاری از کشورها از جمله ایران، مطرح است. برای نمونه، داده‌های مرکز آمار ایران (۱۴۰۰ب) نشان می‌دهند که شاخص‌های امنیت غذایی مانند دسترسی به منابع پروتئینی و تنوع غذایی، بین استان‌های توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته تفاوت معنی‌داری دارد. شکل ۳ نابرابری‌های داخلی در نرخ کوتاه‌قامت شدن

کودکان زیر پنج سال (به عنوان یکی از شاخص‌های گرسنگی) را در ۲۶ کشور نشان می‌دهد (von Grebmer *et al*.,2023). این شکل، دامنه نرخ کوتاه‌قامتی در استان‌ها یا منطقه‌های مختلف در برخی از کشورها (که داده در دسترس بوده است) را همراه با میانگین ملی نشان می‌دهد. هرچه خط سیاه بزرگتر باشد، تفاوت در نرخ کوتاه‌قامت شدن (یا نابرابری از نظر تأمین غذا در داخل کشور) بیشتر است. برای نمونه، در پاکستان، در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹، نرخ بدی تغذیه از ۱۲/۷٪ در استان خیبر پختونخوا[1] تا ۲۱/۵٪ در پنجاب و در ویتنام، شیوع بدی تغذیه در سال ۲۰۱۶ از ۸/۶٪ در منطقه جنوب شرق تا ۱۵/۶٪ در فلات مرکزی متغیر بوده است (von Grebmer *et al*.,2023). در برخی از کشورها میانگین‌های ملی، سطح زیاد یا بسیار زیاد بدی تغذیه کودکان را پنهان می‌کند. برای نمونه، در کامرون، میانگین ملی، نرخ بدی تغذیه کودکان در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ را برابر با ۱۴/۳٪ نشان داد ، اما در منطقه‌های اکسترم-نور و آداماوو (هر دو در شمال کشور) به ۱۰٪ رسیده بود. در مقابل، در منطقه‌های سود-اوست و اوست نرخ بدی تغذیه کودکان کمتر از ۱٪ بود (von Grebmer *et al*.,2023). منطقه‌های شمالی این کشور دارای سطح فقر بیشتری هستند، بیشتر زیر تاثیر درگیری‌ها قرار می‌گیرند، پذیرای شمار بیشتری پناهنده از کشورهای همسایه هستند و در برابر تغییر اقلیم آسیب‌پذیرتر از دیگر منطقه‌های کشورند (World Bank, 2023).



شکل ۳- نابرابری از نظر نرخ کوتاه‌قامت شدن کودکان (به‌عنوان شاخص گرسنگی) در منطقه‌های مختلف شماری از کشورهای دنیا. این آمار برای کشور ایران ارایه نشده است. برگرفته از von Grebmer *et al*.,2023.

ابزارهای اختلال در امنیت غذایی

همان‌گونه که مدرک‌های تاریخی نشان می‌دهند، امنیت غذایی پایدار به‌عنوان زیربنای ثبات سیاسی و عاملی کارا در افزایش توان چانه‌زنی بین‌المللی کشورها عمل می‌کند. در نقطه مقابل، هدف قراردادن نظام‌های غذایی به راهبردی متداول در درگیری‌های جغرافیای سیاسی معاصر تبدیل شده است. برای نمونه، گزارش‌های شورای امنیت سازمان ملل

1. Khyber Pakhtunkhwa

متحد (۲۰۲۲) از افزایش چشمگیر استفاده از سلاح گرسنگی در درگیری‌های اخیر حکایت دارد، جایی که تخریب عمدی کشتزارها، انبارهای غله و زیرساخت‌های آبیاری به منظور ایجاد بی‌ثباتی اجتماعی و زیر فشار قراردادن دولت‌ها به کار گرفته شده است.

الف- تضعیف بخش کشاورزی به‌عنوان پایه و اساس امنیت غذایی

یکی از سیاست‌های راهبردی قدرت‌های سیاسی برای ایجاد آشوب در دیگر کشورها، ایجاد وابستگی غذایی و تضعیف نظام‌های کشاورزی آن‌ها است. مصاحبه رمزی کلارک، دادستان کل اسبق امریکا با مجله سان[1] نمونه روشنی از این سیاست است که می‌گوید محور سیاست خارجی ما این بود که مانع خودکفایی و استقلال دولت‌ها و مردم در زمینه مواد غذایی شویم. ایران نمونه خوبی در این مورد بود. نظام کشاورزی که غذای چند هزاره ایران را تأمین کرده بود، رو به نابودی گذاشت و نتیجه به‌کارگیری سیاست‌های ما این شد که ایران مواد غذایی خود را وارد کرد. البته ایران تنها کشور خاورمیانه نیست که وابسته به واردات مواد غذایی است. امروز ۲۲ کشور عربی بیش از نیمی از مواد غذایی مورد احتیاج خود را وارد می‌کنند (خوش‌گفتارمنش، ۱۴۰۳).

ب- تحریم‌های تجاری، مالی و بانکی

در چارچوب درگیری‌های جغرافیای سیاسی، تحریم‌های تجاری و مالی به عنوان ابزاری برای ایجاد بی‌ثباتی از راه هدف قرار دادن امنیت غذایی به کار گرفته می‌شوند. مدرک‌های تاریخی نشان می‌دهند که در جنگ ایران و عراق، تحریم واردات گندم علیه ایران با هدف زیر فشار قرار دادن اقتصاد این کشور به کار گرفته شد (Hendrix & Haggard, 2015). در دوران کنونی نیز، محدودیت‌های بانکی و مسدودسازی درآمدهای ارزی، توانایی ایران برای تأمین کالاهای اساسی غذایی از بازارهای جهانی را با چالش رو به‌رو ساخته است. گزارش‌های سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2022b) نشانگر این است که چنین محدودیت‌هایی می‌توانند دسترسی به نهاده‌های اساسی کشاورزی و مواد غذایی را دچار مشکل کند و در بلندمدت بر تولید داخلی غذا نیز تأثیر منفی بگذارد.

پ- حمله‌های سایبری به زیرساخت‌های کشاورزی

بدافزار رایانه‌ای استاکس‌نت[2] که در سال ۲۰۱۰ کشف شد، نه تنها زیرساخت‌های هسته‌ای، بلکه سیستم‌های کنترل صنعتی در بخش‌های حیاتی از جمله مدیریت آب و کشاورزی را نیز هدف قرارداد (Falliere *et al.*, 2011). این حمله سایبری نشان می‌دهد که چگونه امنیت غذایی و زیرساخت‌های کشاورزی می‌توانند به‌عنوان هدف‌های راهبردی در درگیری‌های جغرافیای سیاسی مورد توجه قرارگیرند.

ت- جنگ روانی

در چارچوب رقابت‌های جغرافیای سیاسی، رسانه‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزاری برای شکل‌دهی به روایت‌های خاص از چالش‌های توسعه‌ای مورد استفاده قرار گیرند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که گفتمان‌سازی بزرگ‌نمایی‌شده درباره دشواری‌های حل‌نشدنی در بخش کشاورزی می‌تواند بر تصویرسازی بین‌المللی از امنیت غذایی یک کشور تأثیر بگذارد (O'Loughlin *et al.*,2020). این روایت‌پردازی‌ها در موردهایی می‌توانند با هدف تضعیف اعتماد به نفس ملی در خوداتکایی غذایی و تأثیرگذاری بر سیاست‌گذاری‌های کلان کشاورزی صورت پذیرند.

1. Sun
2. Stuxnet

ناامنی غذایی و شکل‌گیری شبکه‌های غیررسمی قدرت

تأمین نشدن کافی مواد غذایی توسط دولت، موجب ایجاد بازار سیاه و شبکه‌های قاچاق و رشد گروه‌های مافیایی قدرتمند از نظر اقتصادی و سیاسی می‌شود. این گروه‌ها به تدریج جایگزین نهادهای دولتی می‌شوند و با کسب درآمدهای هنگفت از راه قاچاق کالاهای ضروری مورد نیاز مردم، قدرت سیاسی پیدا کرده و در بدنه حاکمیت نفوذ می‌کنند. نفوذ این گروه‌ها در بدنه سیاسی کشور به تغییر سیاست‌های کشور در جهت تأمین سودمندی خود و عکس سودمندی عموم مردم، به ویژه قشرهای متوسط و کم‌درآمد، می‌انجامد. در واقع، این پدیده حاکمیت قانون را تضعیف می‌کند.

در صورت توقف یا کاهش تولید غذا در کشور، گروه‌های مافیایی با گروگیری از اساسی‌ترین نیاز مردم یا به عبارت دیگر، کنترل پایه و اساس ثبات و امنیت اقتصادی کشور، پایه‌های اقتدار سیاسی نظام را سست و آسیب‌پذیر می‌کنند. تسلیم دولت در برابر قدرت این گروه‌های مافیایی و تدوین سیاست‌های مورد نظر ایشان به فشار دو برابری بر قشرهای متوسط و کم‌درآمد جامعه و افزایش نارضایتی مردم از نظام می‌انجامد.

شوربختانه، بخش کشاورزی از وابسته‌ترین بخش‌های کشور به واردات است. برطرف کردن این وابستگی، کار بسیار سختی است، چون بخشی از این واردات مواد کشاورزی از خارج، سودمندی بسیار بزرگی برای گروه‌های مافیایی دارد. بی‌شک مبارزه با سودجویان کار سختی است، اما باید انجام شود.

آسیب‌پذیری ایران

اختلاف‌های داخلی و نارضایتی مردم موجب آسیب‌پذیری کشور در برابر تهاجم کشورهای دشمن می‌شود، اما نکته مهم این است که چه نارضایتی‌هایی هدف‌های دشمن را سریعتر برآورده می‌سازند. بی‌شک، اختلال در امنیت غذایی یکی از مهمترین عامل‌هایی است که می‌تواند به اعتراض‌ها دامن بزند (Hendrix & Brinkman, 2013). وابستگی غذایی و سهم هزینه‌کرد مواد غذایی از کل درآمد خانوار، دو شاخصه تاثیرگذار بر امنیت غذایی و در نتیجه، ثبات اقتصادی و سیاسی جامعه محسوب می‌شوند. از نظر وابستگی غذایی، آمار نشان می‌دهد که ۳۰٪ از گندم مصرفی ایران در ۲۰۲۳ از راه واردات تأمین شده است (USDA, 2024). از سوی دیگر، در همین سال، حدود ۳۵٪ از درآمد خانوارهای شهری ایرانی صرف خرید مواد غذایی شده است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲). بدیهی است هرگونه افزایش قیمت محصول‌های کشاورزی موجب افزایش سهم هزینه‌کرد مواد غذایی از کل درآمد خانوار شده و به دنبال آن، سطح رفاه مردم به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. رفاه خانوارها ارتباط تنگاتنگی با سطح قیمت مواد غذایی دارد، زیرا این متغیر هم به طور مستقیم بر قدرت خرید تأثیر دارد و هم به عنوان یکی از اجزای اصلی شاخص تورم، ثبات کلان اقتصادی را زیر تأثیر قرار می‌دهد. پژوهش صندوق بین‌المللی پول (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که در اقتصادهای در حال توسعه، حدود ۵۰٪ از نوسان‌های تورم توسط قیمت محصول‌های کشاورزی توضیح داده می‌شود. این رابطه در مورد ایران نیز درست است، به طوری که خشکسالی و کاهش تولید گندم در سال ۱۴۰۱، یکی از عامل‌های مهم در رسیدن تورم نقطه‌ای گروه خوراکی‌ها و آشامیدنی‌ها به رقم ۸۵٪ در بهمن‌ماه همان سال بود (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲ب).

یکی از شاخصه‌های مهم در ثبات سیاسی جامعه، رفاه مردم است. همچنان که پیشتر گفته شد، رفاه مردم وابسته به سهم هزینه‌کرد غذا از کل درآمد خانوار است. نظرسنجی‌های در خاورمیانه نشان می‌دهد در جامعه‌هایی که بیش از ۳۰٪ درآمد مردم صرف تهیه غذا می‌شود، رضایت مردم از دولت، ۴۰٪ کاهش می‌یابد (Arab Barometer, 2022). بنابراین،

نظام‌های سیاسی برای ثبات و ماندگاری خود لازم است در کنار امنیت دفاعی، به امنیت غذایی نیز توجه داشته باشند. با توجه به این که کشاورزی پایه اصلی امنیت غذایی است، توجه به توسعه پایدار و هدفمند کشاورزی راهبرد کلیدی است. این درحالی است که در ایران در دو دهه گذشته به دلیل بحران کم‌آبی از یک‌سو و بی‌توجهی به جایگاه کشاورزی در ثبات و اقتدار کشور از سوی دیگر، توجه کافی به موضوع تأمین پایدار غذا از راه توسعه دانش‌محور نظام‌های کشاورزی نشده است. در صورت بی‌توجهی به زمینه‌های تولید کافی محصول‌های راهبردی مانند گندم در کشور به ویژه در دوران پساجنگ، سهم چشمگیری از گندم مصرفی ایران باید از راه واردات تأمین شود (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰الف). با توجه به اهمیت نان در سفره مردم، تغییر قیمت این کالای اساسی (به واسطه افزایش نرخ ارز، اختلال در واردات گندم و کاهش درآمد ارزی کشور) موجب کاهش رفاه و تکانه بزرگی در سطح جامعه خواهد شد و زمینه‌ساز بروز نارضایتی مردم به ویژه قشرهای کم‌درآمد می‌شود. با وجود این که سند امنیت غذایی توسط شورای عالی انقلاب فرهنگی تهیه و تصویب شده است و تاکید رهبری بر تامین مواد غذایی به‌عنوان اولویت اول کشور است و دولت نیز بر تامین مواد غذایی جامعه به عنوان اولویت اول کشور تاکید دارد، اما در عمل اقدام چشمگیری صورت نگرفته است. اصلاح الگوی تولید در کشور با توجه به ظرفیت تولید در منطقه‌های مختلف در دستور کار جدی وزارت جهاد کشاورزی قرار نگرفته است و از قابلیت تولیدهای دریامحور و مرزهای جنوبی کشور استفاده نشده است. البته در این موضوع باید مشکل‌های دیگر از جمله نبود آب و نیاز به افزایش بهره روی و جنبه پایداری طبیعی برای جلوگیری از بحرانی های زیستی و طبیعی مانند فرونشست، تخریب منابع آب و تخریب سرزمین ناشی از افزایش فشار بر منابع تولیدی نیز مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

دلیل‌های اصلی ناامنی غذایی و زمینه‌های درگیری‌های سیاسی یا جنگ بین کشورها متفاوت است. به‌همین دلیل، راهکارهای برقراری امنیت غذایی تاب‌آور و جلوگیری از آشوب‌های داخلی یا بروز جنگ، در هر کشور، یگانه و اغلب پیچیده است. استفاده کامل از قابلیت سیستم‌های غذایی برای کمک به صلح و ثبات در کشور، نیازمند جمع‌آوری اطلاعات کافی از منطقه، بهره‌گیری از دانش و فناوری‌های نوین و همکاری بین فعالان مختلف دولتی و غیردولتی است. حتی در یک محیط پر از تنش و درگیری، می‌توان تلاش کرد تا از سیستم‌های غذایی پایدار و مقاوم برای پیشبرد صلح و ثبات بهره گرفت.

مدرک‌های تجربی گوناگونی از کشورهای مختلف، نقش حیاتی نظام‌های غذایی پایدار و تاب‌آور را در تقویت ثبات سیاسی و آسان‌سازی فرآیندهای صلح‌سازی نشان می‌دهند. یک نظام غذایی پایدار و عادلانه که از نظر محیط‌زیستی کم‌خطر و از دید جنبه‌های اجتماعی فراگیر باشد، می‌تواند موجب بهبود رفاه عمومی شود. چنین نظامی با افزایش تاب‌آوری جامعه در برابر چالش‌های چندگانه مانند تغییرهای اقلیمی و تکانه‌های اقتصادی، خطر بروز درگیری‌های خشونت‌آمیز را کاهش می‌دهد (Policy Link, 2021).

راهکارهای پیشنهادی

برخی از راهکارهای برقراری امنیت غذایی در کشور در ادامه آمده‌اند.

۱-تغییر نظام آموزش و پژوهش در رشته‌های کشاورزی

این واقعیت که نظام‌های غذایی، نظام‌های اجتماعی (همچنین نظام‌های طبیعی، کشاورزی و پشتیبانی) نیز هستند به‌این معنا است که تقویت آن‌ها به دانش و منابع فنی بیشتر از حد معمول نیاز دارد (von Grebmer *et al.*, 2023). دولت باید با ارائه سیاست‌های منطقی و بر پایه دانش روز دنیا، تاب‌آوری سیستم‌های غذایی را افزایش دهد. افزایش سطح تاب‌آوری و سازگاری نظام‌های تولید کشاورزی و تأمین غذا در برابر تغییر اقلیم و درگیری‌های سیاسی-اجتماعی برای تضمین امنیت غذایی پایدار، ضروری است. این کار نیازمند بهره‌گیری از دانش روز دنیا و فناوری‌های نوین بومی‌شده متناسب با هر منطقه است. با توجه به جایگاه دانشگاه‌ها در تولید علم و توسعه فناوری، توسعه دانش بومی کشاورزی در دانشگاه‌ها از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. لازمه این توسعه، فرهنگ‌سازی و ایجاد انگیزه در میان دانشجویان رشته‌های کشاورزی و جهت‌دادن به آموزش و پژوهش در این بخش، متناسب با نیازهای کشور است. یادگیری و پژوهش در بخش کشاورزی باید همانند برخی از کشورهای توسعه‌یافته، از ارزش اجتماعی زیادی برخوردار باشد. چنانچه پذیرفته شود که همچنان امنیت غذایی همطراز امنیت دفاعی است، باید برای دفاع از کشور، زیرساخت‌های کشاورزی کشور را مستحکم کرد و بنای آن را بر پایه دانش جوانان دانش‌آموخته قرار دهد. نظام آموزشی کشاورزی کشور باید در جهت آمادگی برای تامین مواد غذایی جامعه اصلاح شود و سازوکارهای به‌کارگیری دانش‌آموختگان کشاورزی در بخش کشاورزی توسط دولت تقویت و تشویق شود. البته طبق نظر برخی از متخصصان، این راهکار در ایران در بلند مدت مفید است، اما در کوتاه مدت و میان مدت کارایی لازم را ندارد.

۲- توسعه نیازمحور نظام‌های تولید کشاورزی

در منطقه‌های دارای شرایط ویژه مانند برخی از جزیره‌های جنوب کشور که به بازارهای گسترده جهت تأمین نیاز غذایی خود دسترسی ندارند، دولت و بخش‌های غیردولتی مرتبط باید شیوه‌های کشاورزی ویژه و به اصطلاح تاب‌آور در برابر تغییرهای اقلیمی را ترویج دهند و بازارهای محلی را تقویت کنند تا کارآفرینی در زنجیره ارزش غذایی ایجاد شود. بی‌شک این موضوع به اعضای جامعه اجازه می‌دهد که تولید خود را گوناگون سازند، درآمد خود را افزایش دهند و مصرف تغذیه‌ای و امنیت غذایی خود را بهبود بخشند. شناسایی منطقه‌های مشابه در استان‌های جنوبی مانند هرمزگان و سیستان و بلوچستان و بهره‌گیری از ظرفیت‌های بومی جهت توسعه نظام‌های دانش‌بنیان تولید غذا با رعایت محدودیت‌های زیست‌محیطی و منابع (آب و انرژی) از اولویت برخوردار است. استفاده از مرزهای آبی جنوب کشور و ساحل‌هایی که می‌شود با شیرین کردن آب دریای عمان شرایط تولید محصول های مناسب منطقه را تامین کرد باید در اولویت قرارگیرد. البته باید توجه داشت در استان های نامبرده شده، از منابع آبی کم و پرارزش برای تولید محصول‌های کشاورزی تجملی مانند موز و پاپایا استفاده می شود که در شرایط اقلیمی منطقه خیلی تناسبی ندارد.

۳- تغییر اساسی در سیاست‌های یارانه‌پردازی و بهبود نظام‌های تولید کشاورزی

اقدام های حمایت اجتماعی مانند کمک های نقدی و کالابرگ ضروری هستند تا تاب آوری اقتصادهای غذایی روستایی و خانواده هایی که زیر تأثیر تکانه ها و فشارها قرار گرفته اند را افزایش دهند. در این زمینه تمام کنشگران باید به لزوم شفافیت، پاسخگویی و مشارکت فراگیر افراد آسیب پذیر، توجه کنند. در ایران، شوربختانه شیوه‌های کنونی اختصاص یارانه‌پردازی گرفتاری های جدی همراه داشته است. برای نمونه، برخی از واردکنندگان نهاده‌های کشاورزی با دریافت ارز دولتی، به جای کمک به تولیدکنندگان برای تأمین به هنگام و ارزان‌قیمت نهاده‌های مورد نیاز خود، با پایش

شرایط بازار و نرخ ارز، کشاورزان را در شرایط فشار قرار می دهند و نهاده‌ها را با بیشترین نرخ ممکن به بازار عرضه می‌کنند. در برخی از موردها، تولیدکننده داخلی در برابر واردات محصول ها از چین و کشورهای دیگر قرار می‌گیرد و توان رقابت ندارد و کشورهای صادرکننده تلاش می‌کنند تا کشور را به محصول های خود وابسته کنند. واردکنندگان هم سودمندی خود را بر سودمندی جامعه و آینده کشور ترجیح می‌دهند. همچنان که پیشتر گفته شد، درآمدهای کلان ناشی از این تفاوت قیمت‌ها به ایجاد قدرت سیاسی برای برخی از گروه‌ها انجامیده و موجب چولگی قانون‌های بالادستی کشور برای سودمندی مافیای واردات و فشار بر قشرهای کم‌درآمد می‌شود. پیامد این وضعیت نیز بحران سیاسی و نارضایتی مردم و به دنبال آن، آسیب‌پذیری برای بروز جنگ است. یارانه‌پردازی نادرست آب، برق، سوخت و نهاده‌های کشاورزی به تولیدکنندگان محصول های غیرراهبردی و محصول های کم‌بازده از دشواری‌های دیگری هستند که باید با برنامه‌ریزی منطقی برطرف شود. یارانه‌ها را باید برای مردم کم برخوردار که توان تامین مواد غذایی خود را ندارند، جهت داد، در صورتی که در شرایط کنونی، استفاده از یارانه‌ها بر اساس نیاز افراد نیست و در خیلی از موردها، ثروتمندان بیشتر از نیازمندان یارانه دریافت می‌کنند.

۴- اولویت دهی به امنیت غذایی و به کارگیری دیپلماسی فعال در سیاست خارجی برای ایجاد یک همکاری با ثبات و بُرد - بُرد برای افزایش تاب‌آوری امنیت غذایی در بحران‌هایی مانند تحریم ها

شناسایی کشورهای هدف برای صادرات و واردات، تدوین برنامه‌های جامع تهاتر کالا با کشورهای هدف گذاری شده و برنامه‌ریزی طولانی‌مدت در جهت ثبات در تأمین نهاده‌های کشاورزی با ارائه سناریوهای جایگزین از راهکارهای پیشنهادی در این زمینه است. بهره‌گیری از پروژه های کشت فراسرزمینی در کشورهای هدف گذاری شده نیز ممکن است دغدغه های امنیت غذایی را کاهش دهد.

۵- بهره‌گیری از روش‌های الگوسازی از جمله هوش مصنوعی برای کاهش خطرپذیری سیاست‌های اجرایی در امنیت غذایی و توسعه کشاورزی با پیش‌بینی پیامدهای مختلف آن‌ها

بهره‌برداری از فناوری های نوین از جمله هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای الگو سازی تأثیر متغیرهای کلان (از جمله تغییر اقلیم، تحریم های بین المللی، بیماری‌ها همه‌گیر و نوسان های اقتصادی و سیاسی در سطح جهانی) بر امنیت غذایی بسیار سودمند است. این الگو سازی‌ها امکان ارائه سناریوهای مختلف برای شرایط گوناگون را فراهم می کند (Smith *et al.*, 2022). یکی از کاربردهای مهم هوش مصنوعی، الگوسازی سیاستی برای پیش بینی پیامدهای جانبی هر یک از سیاست‌های اتخاذی در زمینه امینت غذایی در کشور است.

۶- توسعه متوازن امنیت غذایی در منطقه های مختلف کشور و جلوگیری از بی‌عدالتی در حق دسترسی مردمان ساکن در روستاها و شهرهای دورافتاده به غذای کافی، سالم، گوناگون و ارزان

شناسایی منطقه های آسیب پذیر از نظر امنیت غذایی و سیاسی و طراحی برنامه های بوم سازگار برای تأمین پایدار غذا، یکی از اولویت های راهبردی در دستیابی به ثبات سیاسی است. بررسی موردی شمال شرقی نیجریه به خوبی این ارتباط را نشان می دهد. در این منطقه، بسیاری از جامعه ها زیر کنترل گروه های مسلح غیردولتی قراردارند و ساکنانی که موفق به فرار شده اند، بیشتر به اردوگاه‌های نظامی محصور در خندق، پناه برده‌اند. این افراد با از دست دادن معیشت سنتی خود، به کمک های غذایی خارجی وابسته شده اند و خطر قحطی به طور پیوسته در حال افزایش است. در پاسخ به این بحران، سازمان‌های بشردوستانه اقدام‌هایی در مقیاس کوچک برای افزایش تاب‌آوری محلی آغاز کرده‌اند. یکی از

این ابتکارها، امکان کشت محصول های غذایی در داخل خندق‌های دفاعی را فراهم می‌سازد. اگرچه بیشتر خانوارها هنوز به کمک‌های غذایی وابسته هستند، این اقدام به آن‌ها کمک می‌کند تا نیازهای غذایی فوری خود را تأمین کنند و از فرسایش دانش و مهارت های کشاورزی در گذر نسل ها جلوگیری کنند. این طرح در کنار حفظ کارآفرینی و تقویت احساس مشارکت اجتماعی، با ایجاد امید به معیشت بهتر، به عنوان عاملی بازدارنده در برابر جذب شدن مردم توسط گروه های مسلح غیردولتی عمل می‌کند (Delgado *et al*., 2021).

۷- افزایش بهره‌وری در زنجیره تولید تا مصرف غذا با دانش‌بنیان و فناورانه‌کردن کشاورزی

لازمه افزایش بهره‌وری تولید غذا، توسعه کشاورزی دانش‌بنیان است. شوربختانه بخش کشاورزی از عرصه دانش‌بنیان دورتر از بخش صنعت و دیگر بخش‌ها است. با افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان در بخش کشاورزی و به کارگیری دانش در اصلاح بذر، مدیریت آبیاری، توسعه شیوه‌های جدید تولید و الگوی کاشت، بهره وری مصرف آب، انرژی و خاک به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. با به کارگیری کشاورزی دانش‌بنیان در کنار ایجاد امنیت غذایی کشور، منابع آب حفظ شده و در همان حال، درآمد کشاورزان افزایش پیدا خواهد کرد. افزایش درآمد کشاورزان موجب دلگرمی ایشان و ادامه تولید خواهد شد. نکته مهم این که اولویت توسعه کشاورزی، محصول های راهبردی است. باید با توجه به محدودیت منابع به ویژه منابع آب و انرژی، از این امکان هایی که در کشور وجود دارند، در درجه اول مواد غذایی مهم و اساسی را تولید کرد.

۸- ملی‌نگری و پرهیز از سیاست‌زدگی در بحث های امنیت غذایی و کشاورزی پایدار

باید توجه داشت در صورت سیاست‌زدگی یا وارد کردن سودمندی گروهی یا منطقه‌ای در بحث های ملی کشاورزی و امنیت غذایی، ثبات و امنیت کشور به طور جدی به خطر می‌افتد. در این زمینه، فعال‌تر شدن نهادهای علمی تخصصی مانند انجمن‌های علمی و موسسه های پژوهشی و گروه‌های اجتماعی به ویژه شرکت‌های دانش‌بنیان برای مشاوره به سیاستگذاران بخش کشاورزی و پایش برنامه‌های اجرا شده مانند الگوی کاشت یا سلامت محصول های غذایی و کیفیت منابع آب و خاک، بسیار سودمند است. البته، باید دولت از پس مافیای آب و کسانی که آب را مایه سودمندی خویش کرده‌اند برآید و تصمیم حاکمان بر اصلاح امور در جهت سودمندی جامعه و آینده امیدوارکننده باشد.

جمع بندی

اگرچه تغییر اقلیم و خشکسالی تا حد زیادی اجتناب‌ناپذیر است، اما برخی از کشورهای پیشرفته که امکان های کمتری از ایران دارند به خاطر استفاده از علم در عمل و مدیریت درست امکان های تولید و به ویژه آب و با برنامه‌ریزی علمی و منطقی، موفق به کنترل و کاهش تأثیر این عامل‌ها بر تولید غذا شده‌اند. اگر راهکارهای دانش‌بنیان در بخش کشاورزی به درستی اجرا شود، چرخه نادرست ناامنی غذایی و آشوب (جنگ) می تواند به چرخه مطلوب امنیت غذایی و آرامش (صلح) تبدیل شود، عامل های درگیری را کاهش می دهد، همبستگی اجتماعی را تقویت می کند، اعتماد اجتماعی را بازسازی می‌کند و مشروعیت و توانمندی دولت را بهبود می‌بخشد. آن‌چه مهم است، این است که اولویت امنیت غذایی از حرف به عمل گراید و از علم و مدیریت علمی استفاده شود و دست رد به خواسته‌های افرادی زده شود که سودمندی نامشروع خویش را بر سودمندی مردم جامعه ترجیح می‌دهند. البته باید به این نکته مهم توجه داشت که حضور مافیا در بخش‌های مختلف کشور مانع از اجرایی شدن راهکارهای دانش‌بنیان می‌شود. بنابراین برنامه‌ریزی برای مقابله با این چالش بزرگ نیز ضرورت دارد.

منابع

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۲). *آمارهای تجارت خارجی*. اداره کل آمار اقتصادی.

پژوهشگاه مطالعات خلیج فارس. (۱۴۰۱). *راهبردهای امنیت غذایی در کشورهای عربی حوزه خلیج فارس*. تهران: انتشارات پژوهشگاه.

خوش‌گفتارمنش، امیرحسین. (۱۴۰۳). *آزمون خاک و مدیریت بهینه مصرف کودهای شیمیایی*. انتشارات دانشگاه تهران.

رضوی، سیدعباس. (۱۴۰۰). جنگ تحمیلی، *دانشنامه امام خمینی*، ۴، ۱۵۱–۱۷۴.

رحمتی، رضا. (۱۴۰۴). گرسنگی در غزه؛ قتلگاه حقوق بین الملل. *روزنامه وطن امروز*، ۲۷بهمن ۱۴۰۴، کد خبر: ۴۰۹۳۰۶.

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰الف). *گزارش بررسی هزینه و درآمد خانوارهای شهری و روستایی*. برگرفته از: https://www.amar.org.ir

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰ب). *گزارش نهایی طرح مطالعات رفاه اجتماعی. پروژه-های-آماری رفاه-اجتماعی*. برگرفته از: https://www.amar.org.ir/

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۲الف). *گزارش هزینه و درآمد خانوارهای شهری سال ۱۴۰۱*. برگرفته از: https://www.amar.org.ir

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۲ب). *شاخص قیمت مصرف کننده: بهمن ماه ۱۴۰۱*. برگرفته از: https://www.amar.org.ir

Arab Barometer. (2022). *Arab Barometer Wave VII: Report of Results*. Retrieved from: https://www.arabbarometer.org/

Delgado, C., Tschunkert, K. & Riquier, M. (2021). Humanitarian gardening in conflict zones: Building resilience in Northeast Nigeria. *World Development*, 145, 105531. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105531

European Commission. (2023*). Securing Food Supply Chains: EU Policy Responses to the Ukraine Crisis*. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Retrieved from: https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/.../en.pdf

Falliere, N., O'Murchu, L. & Chien, E. (2011). W32. *Stuxnet Dossier. Symantec Security Response*. Retrieved from: https://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/ media/securityresponse/whitepapers/ w32_stuxnet_dossier.pdf

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021: Transforming Food Systems for Food Security*, Improved Nutrition and Affordable Healthy Diets for All. FAO, Rome.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), United Nations Children's Fund (UNICEF), World Food Programme (WFP) and World Health Organization (WHO). (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Retrieved from: https://doi.org/10.4060/cb4474en

FAO. (2022a). *The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the war in Ukraine*. FAO, Rome.

FAO. (2022b). *The Impact of Sanctions on Food Security and Agriculture*. FAO, Rome.

FAO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, Agrifood Systems Transformation, and Healthy Diets across the Rural–Urban Continuum*. FAO, Rome.

Hendrix, C.S. & Brinkman, H. (2013). Food Insecurity and Conflict Dynamics: Causal Linkages and Complex Feedbacks. Stability: *International Journal of Security and Development*, 2(2), 1-18,

Hendrix, C.S. & Haggard, S. (2015). Global food prices, regime type, and urban unrest in the developing world. *Journal of Peace Research*, 52(2), 143–157.

International Monetary Fund. IMF. (2022). *World Economic Outlook:* War Sets Back the Global Recovery. Washington, DC: IMF.

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S. & Zhou, B. (2021). *Climate Change* 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L.G., Benton, T.G., Herrero, M. *et al*. (2019). *Food Security*. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. IPCC.

O'Loughlin, B., Boudeau, J. & Ajjawi, R. (2020). *Media and Geopolitics*: Informing and Shaping Foreign Policy. Routledge. Oxford Research Encyclopedia of Politics, Publisher: Oxford University Press.

Policy Link. (2021). *Equitable Food Systems and Community Resilience: Strategies for Peace and Stability*. Oakland, CA: Policy Link.

Smith, J., Johnson, M. & Chen, W. (2022). AI-driven scenario modeling for food security under geopolitical and climate risks. *Nature Food*, 3(5), 345-358.

United Nations Security Council (UNSC). (2022). *Report of the Secretary-General on the protection of civilians in armed conflict*. S/2022/729. Retrieved from: https://undocs.org/S/2022/729

U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA). (2024). *Grain*: World Markets and Trade. Retrieved from: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/ index.html#/app/downloads

von Grebmer, K., Bernstein, J., Wiemers, M., Schiffer, T., Hanano, A. *et al*. (2023). *2023 Global Hunger Index*: The Power of Youth in Shaping Food Systems. Welthungerhilfe and Concern Worldwide.

World Bank. (2022). *Food Security Update World Bank*. Washington, DC: World Bank.

World Bank. (2023). *World Development Report 2023*: Finance and Development. Washington, DC: World Bank. Retrieved from: https://www.worldbank.org/en/ publication/wdr2023

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):185-200 (2026)

The Role of Food Security and Sustainable Agricultural Development in Resilience against Geopolitical Stress and War

Khoshgoftarmanesh, A.[1] and Ahmadi Eskandari, B.[2]

This article describes the role of food security and agricultural production systems as a key objective in indirect wars and as a factor of superiority in direct warfare. In fact, the main research question was what role the agricultural sector, as the primary source of food production, plays in the stability of political systems and resilience against geopolitical stress. The present study has been conducted using a review method and by examining up-to-date scientific sources. Relying on data from international organizations such as the Food and Agriculture Organization (FAO) and the International Monetary Fund (IMF), as well as socio-economic theories, it demonstrates how targeted disruption of the food supply chain, as one of the critical pillars of a country's economy, can lead to political and social instability. The article argues, based on empirical evidence, that food security is not only an important economic pillar but also a vital geopolitical tool that global actors use to exert pressure on national governance. Finally, it proposes solutions such as changing certain perceptions regarding the role of agriculture, promoting sustainable agricultural development with an emphasis on self-sufficiency in strategic products, taking precautions in the cultivation of non-strategic crops, reforming subsidy policies, adjusting the pattern of agricultural exports, and strengthening targeted regional cooperation to achieve sustainable food security and enhance political stability.

Key words: Food security, Self-sufficiency, Sustainable agriculture, War.

1. Corresponding author's Email: amirhkhosh@iut.ac.ir
2. Professor of Isfahan University of Technology and M.Sc. Student of Isfahan University of Technology, Isfahan, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۲۰۱ تا ۲۲۴ (۱۴۰۵)

نظام نوآوری کشاورزی و چالش‌های آن در ایران[1]

اسکندر زند[2]، جهانفر دانشیان، کامبیز بازرگان، غلامعلی منتظر و سید محمدعلی ابراهیم‌زاده موسوی[3]

چکیده

نظام نوآوری کشاورزی[4] مجموعه‌ای منسجم از عنصرها، فرایندها و رابطه‌ها است که با هدف تولید، انتقال و بهره‌برداری کارا از دانش و فناوری، نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و پایداری بخش کشاورزی دارد. این نظام شامل اجزایی همچون آموزش و مهارت‌افزایی در علم و فناوری، پژوهش و توسعه، نوآوری و فعالیت‌های صنعتی مرتبط، خدمت‌های علمی و فنی، فعالیت‌های اداری و پشتیبانی در بخش علم و فناوری است. مهمترین کارکرد نظام نوآوری کشاورزی، حل دشواری‌های بخش کشاورزی و تبدیل آن‌ها به اثرهای روشن شامل افزایش بهره‌وری، بهبود سلامت محصول‌ها، بهبود درآمد تولیدکنندگان و پاسخگویی به چالش‌های محیط‌زیستی و اقلیمی است. نظام نوآوری کشاورزی ایران، با وجود فعالیت حدود یک صد ساله و نقطه‌های قوتی مانند شبکه گسترده دانشگاهی و پژوهشی، نیروی انسانی توانمند، شمار چشمگیر دانشجوی آموزش‌های تکمیلی، با چالش‌های گوناگونی مانند نبود نهاد سیاست‌گذار واحد و کل‌نگر، ضعف در پشتیبانی، نظام پایش و ارزیابی، تعامل‌های بین‌المللی، توان دانشی و مالی کشاورزان و شبکه انتقال فناوری روبه‌رو است که موجب کاهش رضایت‌مندی از آن شده است. در این مقاله بُعدهای و تاریخچه نظام نوآوری کشاورزی ایران و پرداختن به نقطه‌های قوت و ضعف هر یک از پایه‌های آن مورد واکاوی قرارگرفت و در پایان پیشنهادهایی برای بهبود این نظام از جمله: تقویت نگرش کل‌نگرانه، ایجاد نهاد سیاست‌گذار واحد، تقویت همکاری‌های بین بخشی، توسعه تعامل‌های بین‌المللی، ایجاد سازوکارهای کارا برای انتقال فناوری، تخصیص منابع مالی و حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان نوپا، گسترش حضور بخش خصوصی و اصلاح سیاست‌های دولتی با توجه به نیازهای واقعی بخش کشاورزی، ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: انتقال فناوری، بهره‌وری، توسعه پایدار، سیاست‌های کشاورزی، نوآوری ملی.

مقدمه

واژه‌هایی چون دانش، علم، پژوهش (تحقیقات)، آموزش، فناوری، نوآوری، ترویج، تجاری‌سازی ، نظام‌های نوآوری و نظام‌های ملی نوآوری از پرکاربردترین مفهوم‌ها در نوشته‌های علم و فناوری هستند، اما مرزهای مفهومی و ارتباط نظام‌مند

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۲۳

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: eszand@areeo.ac.ir

۳- به ترتیب، استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استاد دانشگاه تربیت مدرس و استاد دانشگاه تهران، تهران.

4. Agricultural innovation system

میان آن‌ها به روشنی تعیین نشده است، حال این که درک دقیق این مفهوم‌ها برای طراحی کارآمد نظام نوآوری، جهت‌دهی به پژوهش‌ها و پیوند میان تولید دانش و کاربرد آن ضرورتی بنیادین است.

دستورکار ۲۰۳۰، نوآوری را به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی برای برآوردن هدف‌های توسعه پایدار معرفی کرده و بر نقش آن در تسریع دستیابی به این هدف‌ها، تقویت همکاری‌های بین‌المللی، اشتراک‌گذاری دانش، توسعه و انتقال فناوری‌های سازگار با محیط زیست و ظرفیت‌سازی در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، تأکید دارد (FAO, 2018). نوآوری در کشاورزی نیز به معنای یادگیری انجام کارها به شیوه‌ای متفاوت، انجام کارهای متفاوت و انجام کارهای بیشتر و بهتر با منابع کمتر است و فرصتی برای سیستم‌های غذایی جهت پاسخ به تقاضاهای جدید و چالش‌برانگیز فراهم می‌کند (OECD, 2025).

نخستین رویکردهای نظری در نیمه قرن بیستم، نوآوری را فرایندی خطی و پیوسته از پژوهش بنیادی تا بازار تلقی می‌کردند که در قالب الگوی فشار فناوری و کشش بازار دسته‌بندی می‌شود. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، ناتوانی الگوهای خطی در تعیین پیچیدگی‌های فرایند نوآوری، موجب پیدایش مدل‌های تعاملی شد که بر تعامل چندسویه و بازخوردی میان صنعت، دانشگاه، دولت و بازار تأکید دارند (Dodgson *et al.*, 2014؛ میرعمادی، ۱۳۹۸). دگرگونی بعدی با شکل‌گیری مفهوم نظام نوآوری در دهه ۱۹۹۰ همراه بود که نوآوری را فرایندی نهادی، اجتماعی و شبکه‌ای در بستر ساختارهای حقوقی، اقتصادی، فرهنگی و سازمانی تعریف کرد. براین اساس، عملکرد موفق نوآوری به هم‌افزایی و هماهنگی میان نهادها، سازمان‌ها، چارچوب‌ها و رابطه‌های دو سویه در تولید، گسترش و به‌کارگیری دانش و فناوری وابسته است. گونه‌های مختلف این مفهوم، شامل نظام نوآوری ملی، بخشی، منطقه‌ای و فناورانه می‌شود (میرعمادی، ۱۳۹۸؛ حیدری، ۱۳۸۶).

نظام نوآوری، ساختار و کارکرد

در بررسی نظام نوآوری، افزون بر شاخص‌های نظام نوآوری و رابطه‌های بین آن‌ها ، توجه به درون و کارکردهای نظام، اهمیت دارد. در بالاترین سطح، مهمترین کارکرد نظام نوآوری، تولید، انتشار و استفاده از نوآوری‌ها است (نوروزی و طباطبایی، ۱۳۹۵). پژوهشگران دسته‌بندی‌های متفاوتی از کارکردهای نظام نوآوری ارائه داده‌اند، اما در همه آن‌ها، حضور سه بازیگر دولت، دانشگاه و صنعت مورد توجه قرارگرفته اند (جدول ۱).

نظام نوآوری کشاورزی

نظام نوآوری کشاورزی شبکه‌ای از بازیگران (شامل افراد، سازمان‌ها و شرکت‌ها) به‌همراه نهادها و سیاست‌های پشتیبان در بخش‌های کشاورزی و مرتبط است که محصول‌ها، فرایندها و اشکال سازمانی جدید را برای استفاده اجتماعی و اقتصادی به عرصه می‌آورند. سیاست‌ها و نهادها، شیوه تعامل، یادگیری و تولید، اشتراک‌گذاری و استفاده از دانش را شکل می‌دهند (IFPRI, 2019). این نظام با افزایش اثربخشی، رقابت‌پذیری و پایداری، به امنیت غذایی، توسعه اقتصادی و مدیریت پایدار منابع طبیعی کمک می‌کند.

نظام ملی نوآوری کشاورزی شامل سازمان‌های کشاورزی، مؤسسه‌های تأمین نهاده، فراوری و بازاریابی، نهادهای پژوهشی و آموزشی، مؤسسه‌های مالی، شرکت‌های مشاوره‌ای و خصوصی، واحدهای ترویجی و مرکزهای اطلاع‌رسانی است که در ایجاد، نشر و استفاده از فناوری جدید کشاورزی سهیم هستند. تعامل دوسویه میان این بازیگران، محیطی توانمند برای ظرفیت‌سازی نوآوری فراهم می‌کند (OECD, 2013). موفقیت این نظام، به کیفیت تعامل میان حلقه‌های زنجیره دانش، شامل دانشگاه، پژوهش، ترویج، بهره‌برداران، بازار و سیاست، وابسته است و بسیاری از کشورها نظام‌های

خود را برای افزایش ارتباط با تقاضای بهره‌برداران اصلاح کرده‌اند که از نظر تاریخی بسته به مقدار بلوغ و توسعه‌یافتگی، در پنج دوره تکوینی بررسی می‌شود (جدول ۲).

جدول ۱- مقایسه الگوهای مطرح کارکردهای درونی نظام ملی نوآوری†.

فعالیت‌ها و کارکردها	منبع
۱- سیاست‌گذاری **۲-** تأمین منابع مالی حمایت از پژوهش و نوآوری **۳-** پژوهش و نوآوری **۴-** آموزش نیروی انسانی **۵-** حمایت از کار آفرینی **۶-** انتشار فناوری **۷-** تولید کالا و خدمت‌ها†.	(OECD, 1999)
۱- خلق نیروی انسانی **۲-** جستجوی فناوری **۳-** شریک و بازار **۴-** خلق و انتشار فرصت‌های فناورانه **۵-** خلق بازار و انتشار دانش بازار **۶-** قانونی کردن شرکت‌ها و فناوری‌ها **۷-** آسان‌سازی تأمین مالی†.	(Rickne, 2000)
۱- پژوهش و توسعه **۲-** ایجاد توانمندی‌های انسانی **۳-** ایجاد بازار برای محصول‌های جدید **۴-** ایجاد و تغییر سازمان‌های مورد نیاز **۵-** شبکه‌سازی در زمینه دانش **۶-** ایجاد و تغییر نهادهای حمایتی یا مانع نوآوری **۷-** فعالیت‌های پرورشی و مرکز رشدی[1] **۸-** تأمین منابع مالی نوآوری **۹-** ارائه خدمت مشاوره‌ای†.	(Edquist, 2004)
۱- تولید دانش، انتشار دانش، هدایت و جهت‌دهی پژوهش و نوآوری، تأمین و آسان‌سازی منابع انسانی، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌گیری بازار و مشروعیت‌بخشی†.	(Rajalahti *et al*-, 2005)
۱- تولید دانش **۲-** تولید دانش جدید **۳-** تعیین مسیر فرایند پژوهش **۴-** آسان‌سازی شکل‌گیری بازار ۵- آسان‌سازی ایجاد ارزش اقتصاد بیرونی مثبت†.	(Bergek *et al*. ,2008)
۱- خلق دانش فناورانه **۲-** بیان تقاضا، اولویت‌بندی منابع عمومی و خصوصی **۳-** تنظیم و شکل‌دهی به بازارها **۴-** تبادل اطلاعات از راه شبکه‌ها **۵-** توسعه اتحادیه‌های حمایتی برای فرایندهای تغییر **۶-** تأمین منابع نوآوری†.	(Hekkert *et al*., 2007)
۱- توسعه و انتشار دانش **۲-** تأمین و تخصیص منابع **۳-** تأثیرگذاری بر جهت‌گیری پژوهش‌ها **۴-** فعالیت‌های کارآفرینانه **۵-** شکل‌دهی بازارها **۶-** قانون‌گذاری **۷-** توسعه صرفه‌های بیرونی مثبت†.	(Bergek *et al*., 2008)
۱- سیاستگذاری و راهبری **۲-** آسان‌سازی، هدایت و تأمین مالی فعالیت‌های پژوهش و توسعه **۳-** انجام فعالیت‌های پژوهش و توسعه **۴-** توسعه و بهبود منابع انسانی **۵-** انتقال و انتشار فناوری **۶-** ارتقای کارآفرینی بر پایه فناوری **۷-** تولید کالا و ارائه خدمت‌های نوآورانه.	(سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶)
۱- پژوهشی – توسعه‌ای **۲-** نهادی- ساختاری **۳-** قانونی و سیاستگذاری **۴-** کسب و کار و بازار **۵-** نوآورانه- فناورانه **۶-** مالی- اعتباری **۷-** ترویجی- آموزشی.	(ماقبل و همکاران، ۱۳۹۶)
۱- سیاست‌گذاری، جهت‌دهی، پایش و ارزیابی نظام **۲-** مشروعیت‌بخشی به نوآوری **۳-** آگاه‌سازی عمومی نسبت به دشواری‌ها **۴-** آموزش، توسعه و توانمندسازی سرمایه انسانی ۵- تأمین مالی پژوهش، توسعه فناوری و نوآوری **۶-** خلق دانش و انجام پژوهش و توسعه **۷-** انتشار دانش، همکاری و شبکه‌سازی **۸-** فعالیت‌های محرک تقاضا و بازار **۹-** فعالیت‌های کارآفرینانه **۱۰-** بهبود هوشمندی سیاستی راهبردی **۱۱-** انجام تغییرهای ساختاری و نهادی **۱۲-** شتاب‌دهی و تسریع رشد کسب و کارها.	(شیرزادگان و همکاران، ۱۴۰۴)

† برگرفته از کمیسیون تدوین و هماهنگی سیاست‌های علم و فناوری (۱۳۹۶).

ارتباط این مفهوم‌ها که از دانش آغاز و به نوآوری می‌انجامد در قالب یک زنجیره در شکل ۱ نشان داده شده است. در این الگو، دانش مفهومی فراگیرتر از علم دارد و محصول فلسفه، علم و هنر و شامل آگاهی‌های نظری، تجربی و شهودی است. فناوری بر پایه علم پدید می‌آید و کاربرد سازمان‌یافته دانش برای حل دشواری‌های واقعی به دو شکل فناوری سخت (ابزارها، ماشین‌آلات و فرایندهای فیزیکی) و فناوری نرم (نظام‌های مدیریتی، آموزشی، ارتباطی و اجتماعی) ارائه

1. Incubator

می‌شود. هر دو نوع فناوری مسیر تکاملی خود را از راه ترویج و تجاری‌سازی به بهره‌برداری می‌رساند. اگرچه فناوری سخت بیشتر نیازمند تجاری‌سازی و فناوری نرم نیازمند ترویج است، اما گاهی این مرزها تغییر می‌کند.

جدول ۲- روند شکل‌گیری نظام نوآوری کشاورزی در دنیا.

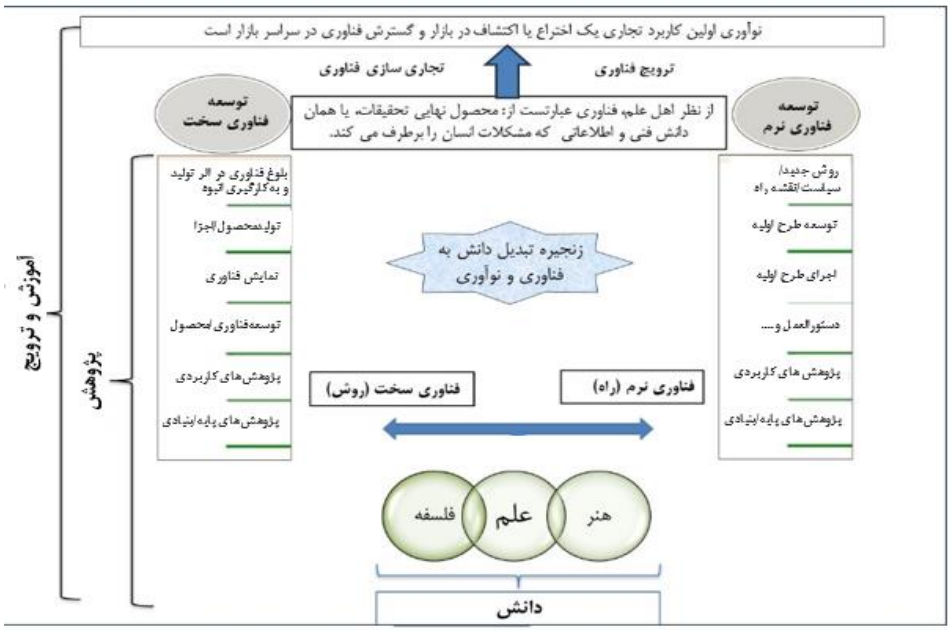
مرحله	ویژگی	دوره زمانی	نظام نوآوری	پژوهش و توسعه	ارتباط پژوهش، آموزش و ترویج	هدف پژوهش
آغازین (رغنایی و مرتضوی، ۱۳۸۹)	شکل‌گیری و رشد پژوهش‌ها	از دهه ۱۹۶۰	فرایند خطی نوآوری مبتنی بر فشار فناوری	ایجاد مؤسسه‌های پژوهشی دولتی و سازمان تحقیقات برای انسجام آن‌ها	خطی	عرضه محور، افزایش بهره‌وری و افزایش تولید
رشد (رغنایی و مرتضوی، ۱۳۸۹)	توسعه نظام‌های تحقیقات کشاورزی	دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰	پیدایش نظریه نو یعنی نوآوری بر پایه کشش بازار	ارتقای مأموریت دانشگاه‌ها از آموزش محوری (دانشگاه نسل اول) به آموزش و پژوهش (دانشگاه نسل دوم)، ورود بخش خصوصی	نبود هماهنگی کافی بین نهادهای فعال در پژوهش	عرضه محور، افزایش بهره‌وری و تولید برای پاسخگویی به نیازهای غذایی
توسعه (رغنایی و مرتضوی، ۱۳۸۹)	نظام دانش و اطلاعات کشاورزی[1]	دهه ۱۹۹۰	سازمان ملی تحقیقات کشاورزی	ایجاد سازمان یا مؤسسه ملی پژوهش[2]، پژوهش با شبکه‌ای از مرکزهای پژوهشی	همگرایی کشاورزان، کارشناسان، پژوهشگران، استادان دانشگاه و مروجان	ایجاد، انتشار و استفاده از هر فناوری جدید در بخش کشاورزی
گسترش	نظام نوآوری کشاورزی	دهه ۲۰۰۰	ایجاد نهاد سیاست‌گذاری با شورای ملی تحقیقات کشاورزی[3]	نظام ملی تحقیقات کشاورزی[4]	ارتباط بین سازمان ملی تحقیقات، دانشگاه‌ها، بخش دولتی و خصوصی	ارائه خدمت‌های پژوهشی و عرضه فناوری‌های مورد نیاز تولیدکنندگان و بهره‌برداران
بلوغ	نظام ملی نوآوری کشاورزی	۲۰۱۰ تا کنون	نهاد سیاستگذار واحد	بوم‌نظام‌های فناوری نوآوری	همه بهره‌برداران، بازتعریف جایگاه دانشگاه‌ها و گسترش نقش بخش خصوصی	تقاضا محوری، ایجاد، نشر و استفاده از فناوری جدید کشاورزی

ترویج، فرایند انتقال دانش و فناوری کاربردی به کاربران نهایی و کمک به اجرای آن است در حالی که تجاری‌سازی فرایندی است که فناوری را وارد بازار و امکان استفاده عمومی را فراهم می‌کند. نتیجه پایانی این زنجیره، نوآوری است که نخستین کاربرد تجاری یا اجتماعی یک اختراع یا اکتشاف در بازار تعریف می‌شود. نوآوری پلی میان علم و توسعه است و فرایند تبدیل دیدگاه به ارزش اقتصادی، اجتماعی یا فرهنگی را بازنمایی می‌کند.

آموزش به‌عنوان عامل کلیدی، فرایندی هدفمند و پیوسته برای انتقال دانش و کسب مهارت و نگرش است که در همه مرحله‌ها از شکل‌گیری دانش تا نوآوری نقش دارد. آموزش در مرحله نخست، تفکر فلسفی و پرسشگری را می‌پرورد، در مرحله علمی، روش‌شناسی پژوهش را آموزش می‌دهد. در مرحله فناوری، مهارت‌های تخصصی را منتقل می‌کند. و در مرحله نوآوری، روحیه کارآفرینی را تقویت می‌کند.

1. Agriculture Knowledge Information System (AKIS)
2. National Agricultural Research Organisation (NARO)
3. National Agriculture Research Council (NARC)
4. National Agriculture Research System (NARS)

این زنجیره درون نظام نوآوری شامل شبکه‌ای از افراد و سازمان‌ها (دانشگاه‌ها، صنایع، سرمایه‌گذاران، دولت و بازار) است. در سطح کلان‌تر، نظام ملی نوآوری چارچوبی جامع برای کل اقتصاد و جامعه شامل سیاست‌ها، زیرساخت‌ها، فرهنگ نوآوری و همکاری‌های بین‌المللی فراهم می‌کند. این الگو بر ارتباط نظام‌مند مفهوم‌ها تأکید دارد، اما فرایند نوآوری در دنیای واقعی غیرخطی، دارای حلقه‌های بازخورد گوناگون، تأثیرپذیری از محرک‌های بازار و نقش‌آفرینی بازیگران گوناگون است.



شکل ۱- ارتباط مفهومی و کارکردی بین دانش، علم، پژوهش، آموزش، فناوری، نوآوری، ترویج، تجاری‌سازی در زنجیره تبدیل دانش به فناوری و نوآوری.

نظام‌های نوآوری کشاورزی با چالش‌هایی مانند محدودیت‌های بودجه‌ای، اطلاعات ناهمخوان درباره اولویت‌های پژوهشی و فاصله زمانی طولانی بین پژوهش و پذیرش نتایج، روبه‌رو هستند. با این‌حال، فرصت‌هایی چون بازارهای قوی کالاهای کشاورزی و توجه بین‌المللی به امنیت غذایی پایدار وجود دارد. برخی از کشورها با بهبودهایی در جهت افزایش کارایی هزینه‌ای و پاسخگویی به نیازهای اجتماعی، بهبودهایی در ادغام نظام‌ها، حکمرانی، تعیین اولویت‌ها، تخصیص منابع، عملکرد بازارهای مالکیت فکری و همکاری‌های بین‌کشوری ایجاد کرده‌اند (OECD, 2013). دشواری‌های نظام نوآوری کشاورزی بیشتر به سه جزء ساختاری، زیرساخت‌ها، کنشگران و نهادها مربوط می‌شود که برای رفع آن‌ها به ابزارهای سیستمی برای تحریک سرمایه‌گذاری، توسعه توانمندی‌های کنشگران و انتقال نهادی به سمت کشاورزی منطقه‌محور و فرایندهای نوآوری تقاضامحور نیاز است (Minh, 2019). موفقیت در این زمینه نیازمند شناسایی و فعال‌سازی محرک‌های نوآوری و رفع سدهای فناورانه، اجتماعی، نهادی، سازمانی و سیاستی است. طراحی سیاست‌های کارا نیازمند واکاوی تجربه‌های موفق جهانی برای ایجاد نظام‌های نوآوری فراگیراست. گسترش نوآوری نیازمند مشارکت‌ها و الگوهای کسب و کار جدید و همکاری میان دولت، بخش خصوصی، جامعه مدنی و سازمان‌های کشاورزان است. دولت‌ها باید با همکاری بازیگران، توانمندی کشاورزان را تقویت و مشوق‌ها، پژوهش و خدمت‌های ترویجی لازم را فراهم کنند (FAO, 2018).

نهادهای مرتبط با نظام ملی نوآوری بخش کشاورزی

نظام نوآوری کشاورزی شامل شبکه‌ای از بخش‌های مختلف است که در همکاری دوسویه با یکدیگر قرار دارند. آموزش و پژوهش، کسب و کار، تقاضا، واسطه و میانجی و ساختارهای پشتیبانی و ارتباط دو سویه بین آن ها یک محیط توانمند برای ظرفیت نوآوری را فراهم می‌کند (World Bank, 2008). در چارچوب نظام نوآوری، تقویت و توانمندسازی بازیگران کلیدی، اولویت اصلی سیاست‌گذاری علم و فناوری کشور است (سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه، ۱۳۸۹) که با هدف افزایش نقش و سهم‌آفرینی هرچه بیشتر بخش غیردولتی و گسترش مشارکت نهادهای خصوصی و مردمی در فعالیت‌های علمی و فناوری جهت‌گیری کرده‌اند. حمایت از تأسیس و توسعه شهرک‌ها و پارک‌های علم و فناوری به‌عنوان بسترهای استقرار و همکاری بازیگران نوآور، نقشی محوری در گردهم‌آوری و هم‌افزایی ظرفیت‌های علمی و صنعتی دارد (سیاست‌های کلی علم و فناوری، ۱۳۹۳). توسعه علوم پایه و پژوهش‌های بنیادی همراه با نظریه‌پردازی و نوآوری، زمینه‌ساز تربیت نیروی انسانی متخصص و خلق دانش بنیادینی است که دیگر کنشگران نظام نوآوری برای حرکت به سوی فناوری‌های پیشرفته به آن نیازمندند (سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶). تفکر نظام نوآوری کشاورزی، به درک حکمرانی، همکاری بازیگران در نوآوری، سیاست‌های نوآوری و ساختارهای پشتیبانی از نوآوری مانند پژوهش و توسعه متمرکز است (Pigford, 2018). ارتباط دو سویه بین این اجزا (جدول ۳)، محیطی توانمند را فراهم می‌کند که به دلیل در نظر گرفتن همه کنشگران، نقطه قوت نظام نوآوری کشاورزی است (World Bank, 2008).

جدول ۳- نهادهای مرتبط با نظام نوآوری بخش کشاورزی.

کارکردها	نهادهای مرتبط
سیاست‌گذاری	مرکزهای بررسی‌های مشاوره و سیاست‌گذاری
تأمین منابع مالی، حمایت و آسان‌سازی نوآوری	صندوق های توسعه فناوری
انجام پژوهش و نوآوری	مؤسسه‌ها و مرکزهای پژوهشی دولتی، خصوصی و بین المللی
توسعه منابع انسانی (آموزش)	مرکزهای آموزش عالی، مهارتی و بهره‌برداران
پشتیبان کارآفرینی (حمایت)	پارک‌های علم و فناوری و مرکزهای رشد
انتشار فناوری	ترویج و مرکزهای انتقال فناوری
تولید کالا و خدمت‌ها	تولیدکنندگان بخش کشاورزی و خدمت‌های کشاورزی

برگرفته از: نوروزی و همکاران (۱۳۹۰)؛ ملونی و همکاران (۱۳۹۹).

نهاد سیاست‌گذاری

نهاد سیاست‌گذاری در نظام نوآوری کشاورزی نقشی محوری در جهت‌دهی کلان، تنظیم مقررات، تخصیص منابع و ایجاد هماهنگی میان بازیگرانی مانند مرکزهای پژوهشی، نهادهای آموزشی، دستگاه‌های ترویج، شرکت‌های فناور و بهره‌برداران دارد. سیاست‌ها در دو سطح کلان و بخشی عمل می‌کنند. سیاست‌های کلان با ایجاد زیرساخت‌های بلندمدت (آموزش، سلامت و مقررات شفاف) و بازارهای کارآمد، زمینه‌ساز سرمایه‌گذاری بخش خصوصی می‌شوند. سیاست‌های کشاورزی نیز با کاهش ناآرامی بازار، آسان‌سازی حقوق مالکیت، بهبود زیرساخت‌های روستایی و تقویت آموزش و ترویج، پذیرش نوآوری را در سطح کشتزار افزایش می‌دهند (OECD, 2013). دولت با ایجاد زیرساخت‌های دانشی، حمایت مالی از پژوهش‌های پایه، تقویت مالکیت فکری، مشارکت‌های دولتی- خصوصی و مشوق‌های مالی، نوآوری را هدایت می‌کند. بهبود حکمرانی در این نظام نیازمند هماهنگی بهتر بازیگران، تعریف روشن نقش دولت و بخش خصوصی، تقویت

برنامه‌ریزی و ارزیابی و یکپارچگی سیاستی است (OECD, 2013). اتحادیه اروپا با گنجاندن پژوهش و نوآوری در یک راهبرد بلندمدت، یکپارچگی و تأثیرگذاری این فعالیت‌ها را افزایش داده است (European Commission, 2016).

سیاست‌گذاری ملی علم و فناوری در ایران از چند راه اصلی انجام می‌شود که بخش کشاورزی نیز زیر تأثیر آن است. مهمترین این دستگاه‌ها عبارتند از: **۱-** مجلس شورای اسلامی در قالب قانون‌های خاص و قانون‌های برنامه‌های پنج ساله توسعه و پیشرفت کشور. **۲-** شورای عالی انقلاب فرهنگی در قالب نقشه جامع علمی کشور. **۳-** وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) از راه مصوبه‌ها و آیین‌نامه‌های بالادستی حاکم بر دانشگاه‌ها، مؤسسه‌ها و مرکزهای آموزشی. **۴-** معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری. **۵-** هیئت وزیران از راه مصوبه‌های بالادستی مرتبط. **۶-** وزارت جهاد کشاورزی به عنوان متولی اصلی سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت بخش کشاورزی. **۷-** شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری از راه کمیسیون تخصصی کشاورزی، امنیت غذایی، آب و منابع طبیعی و تدوین اولویت‌های علم و فناوری کشور.

در ایران، سندهای بالادستی بر ارتقای زیرساخت‌های دانش و فناوری تأکید دارند. از جمله در بخش‌های راهبردی مانند امنیت فضای تبادل اطلاعات (سیاست‌های کلی افتا، ۱۳۸۲) و توسعه علوم پایه (سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶). با این حال، رویکرد حاکم بر سیاست‌گذاری نوآوری در کشور بیشتر خطی و عرضه‌محور است و بخش مهمی از سیاست‌های بر پایه یادگیری و ارتباط با صنعت جامانده است (ایران‌نژاد رانکوهی و همکاران، ۱۴۰۰). هرچه کشوری توسعه‌یافته‌تر باشد، حضور بخش غیردولتی در کارکردهایی چون تأمین مالی پژوهش، نوآوری، کارآفرینی و انتشار فناوری پررنگتر می‌شود (باقری، ۱۳۸۲؛ نوروزی و طباطبایی، ۱۳۹۵).

استقرار و ارتقای زیرساخت‌های دانشی، فیزیکی و فناوری، بستر مادی و معنوی لازم برای ایجاد، گسترش و کاربست نوآوری را فراهم می‌کند. در این زمینه، سیاست‌های تدوین‌شده برای بهبود سطح دانش و ظرفیت‌های علمی، پژوهشی، آموزشی و صنعتی کشور متمرکز هستند تا توان بومی برای پاسخگویی به نیازهای فناورانه حیاتی افزایش یابد (سیاست‌های کلی امنیت فضای تولید و تبادل اطلاعات، ۱۳۸۲). همچنین، توسعه علوم پایه و پژوهش‌های بنیادی به‌عنوان مهمترین زیرساخت دانشی، پایه‌های تولید علم و فناوری‌های نوین را مستحکم و امکان نظریه‌پردازی و نوآوری‌های اصیل را فراهم می‌کند (سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶).

در این نوشتار فرصتی برای نقد و بررسی تفصیلی سیاست‌های این نهادهای سیاست‌گذار نیست، اما آن‌چه آشکار است، نخست این است که سیاست‌های مصوب این نهادها همه نظام نوآوری را شامل نمی‌شوند و در بیشتر موردها، بخش‌هایی از نظام را در بر می‌گیرند و دوم این که بین سیاست‌های اتخاذ شده نه تنها هماهنگی و ارتباط هم‌افزا وجود ندارد، بلکه گاهی یکدیگر را رد می‌کنند. در کشورهای توسعه‌یافته، ساختارهای سیاست‌گذار نوآوری در کشاورزی توسط یک نهاد با جایگاه تثبیت‌شده با وظیفه‌های مشخص و روشن انجام می‌شود (OECD, 2012). برای نمونه، در ایالات متحده، موسسه ملی کشاورزی و غذا[1] در زیر مجموعه وزارت کشاورزی، وظیفه سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری در پژوهش، آموزش و نوآوری کشاورزی را عهده‌دار است. از این رو، نخستین آسیب نظام نوآوری بخش کشاورزی ایران، نبود نهاد سیاست‌گذار ملی کارا و یکپارچه است. سیاست‌های مصوب اغلب بخشی‌نگر و ناهماهنگ هستند. به‌همین منظور، ایجاد شورای ملی نظام نوآوری کشاورزی با مسئولیت وزارت جهاد کشاورزی و مشارکت وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، معاون علمی ریاست جمهور و بخش خصوصی، می‌تواند زمینه‌ساز سیاست‌های یکپارچه، هم‌افزایی نهادی و افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های فناورانه شود.

1. National Institute of Food and Agriculture (NIFA)

نهاد تأمین مالی و آسان‌سازی نوآوری

نوآوری فناوری، نیروی محرکه رشد اقتصادی است، اما منابع مالی آن در کشاورزی محدود است و تنها بخشی از نیازها را برآورده می‌کنند. از این رو، تخصیص منطقی این منابع برای بیشینه‌سازی سودمندی‌های اقتصادی و اجتماعی ضروری است. حتی در کشورهای توسعه‌یافته مانند آمریکا و بریتانیا نیز تخصیص منابع فناورانه با نابرابری‌های منطقه‌ای همراه است (Wu *et al*., 2024). در نظام‌های پیشرو در نوآوری کشاورزی، نهاد تأمین مالی با تخصیص هدفمند منابع، انباشت اعتبارها، کاهش دغدغه‌های سرمایه‌گذاری و پشتیبانی از تجاری‌سازی فناوری، به‌عنوان آسان‌ساز پیوند میان بخش پژوهش، بخش خصوصی، دولت و نهادهای مالی عمل می‌کنند (World Bank, 2012). دولت‌ها، افزون بر تأمین مستقیم، سازوکارهای گوناگونی مانند تخفیف مالیاتی پژوهش و توسعه، ضمانت‌های اعتباری و سرمایه‌گذاری‌های مشترک را نیز به‌کار گرفته‌اند (OECD, 2013). در اتحادیه اروپا نیز انتقال دانش و بهبود بهره‌وری منابع، دو بخش اولویت‌دار برای تأمین مالی برنامه‌های پژوهش و نوآوری کشاورزی است (European Commission, 2016). در ایران، نهادهایی مانند صندوق نوآوری و شکوفایی و صندوق حمایت از تحقیقات کشاورزی فعال هستند، اما بخش دولتی همچنان منبع اصلی تأمین مالی پژوهش‌های کشاورزی است (عسگری بزایه و محمدزاده، ۱۳۹۸). مهمترین کاستی‌ها در این زمینه شامل مشخص نبودن وضع مطلوب تأمین مالی، نبود نظام تأمین مالی و ضعف همکاری با نهادهای مالی بین‌المللی است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶). نبود نهادی تخصصی و یکپارچه برای تأمین مالی و آسان‌سازی نوآوری در بخش کشاورزی، موجب پراکندگی و ناهماهنگی حمایت‌ها شده است. از این رو تأسیس صندوق تخصصی نوآوری کشاورزی با مأموریت تأمین مالی رقابتی، کاهش دغدغه‌ها و حمایت از تجاری‌سازی فناوری‌ها موضوعی راهبردی و اجتناب‌ناپذیر است.

هزینه پژوهش و توسعه کشاورزی در کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ اندکی بیشتر از اقتصادهای درحال توسعه بوده است. در بیشتر کشورها، دولت و مؤسسه‌های آموزش عالی به طور میانگین ۶۰٪ کل هزینه‌های پژوهش و توسعه کشاورزی را در سال ۲۰۱۵ بر عهده داشته‌اند (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۱۳۹۷). این درحالی است که سهم پژوهش و توسعه از تولید ناخالص داخلی ایران در سال ۱۳۹۱ تنها ۰/۴۱٪ و در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۱ بین ۰/۴۲ تا ۰/۷۵٪ نوسان داشته است (کاظم و همکاران، ۱۴۰۰).

نهاد پژوهشی

نوآوری در علم و فناوری کشاورزی، کلید نوسازی این بخش است. چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران، دستیابی به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در منطقه آسیای جنوب‌غربی را هدف گرفت و تبدیل به قطب علمی جهان اسلام و بهبود جایگاه جهانی را به عنوان هدف‌های میانی دانسته است (چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ (۱۳۸۲). سیاست‌های کلی علم و فناوری ۱۳۹۳؛ سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه ۱۳۹۶). همزمان، نرخ مشارکت پیشرفت علمی کشاورزی چین از ۵۴/۵۰٪ در سال ۲۰۱۲ به بیش از ۶۳٪ در سال ۲۰۲۳ رسیده است (Li & Zhang, 2024).

دولت‌ها افزون بر تأمین مالی پژوهش‌های عمومی، در حمایت از سرمایه‌گذاری خصوصی در پژوهش و توسعه کشاورزی نقش دارند. با این حال، سرمایه‌گذاری خصوصی در این بخش به دلیل ماهیت خرد مالکیت کشتزارها و صنایع غذایی، کمتر از دیگر بخش‌هاست و بیشتر به شرکت‌های بزرگ واردات، فراوری، تجهیزات کشاورزی و بذر گرایش دارد (OECD, 2015).

رفع چالش‌های نظام پژوهش‌های کشاورزی در سه سطح: توسعه کشاورزی (شامل ساختار، سیاست، منابع و خدمت‌های حمایتی)، نظام نوآوری کشور (شامل ظرفیت‌ها، سرمایه‌گذاری، مدیریت، بهره‌وری و شبکه‌سازی در پژوهش

و فناوری) و نظام نوآوری کشاورزی (شامل سیاست‌های پژوهش، اثربخشی، مدیریت یکپارچه، توسعه نهادی و همگرایی آموزش عالی و پژوهش) قابل پیگیری است (شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در این میان، کارکرد ایجاد و توسعه دانش نسبت به دیگر کارکردها از وضعیت بهتری برخوردار است (ظریفیان و همکاران، ۱۴۰۲).

مهمترین دشواری سیستمی، ناکارآمدی سیاست‌های مالیاتی و قانون‌های حمایت از مالکیت معنوی در جهت‌دهی به تجاری‌سازی، بهبود زیرساخت و ترویج فرهنگ نوآوری و کارآفرینی است. همچنین، پیشران‌های نوآوری تأثیر ضعیفی بر عنصرهای ساختاری دارند (باقری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). نهادهای مرتبط با پژوهش در نظام نوآوری بخش کشاورزی ایران، در چهار بخش اصلی و مجزا فعالیت می‌کنند که عبارتند از: **۱-** بخش دولتی وابسته به وزرات جهاد کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی). **۲-** بخش دولتی مستقل از وزارت جهاد کشاورزی (دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی و پژوهشی زیر مجموعه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و معاون علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری). **۳-** بخش غیردولتی (دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی غیردولتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و دیگر شرکت‌ها و بخش خصوصی. **۴-** بخش بین‌المللی (مانند فائو، مؤسسه‌های پژوهشی وابسته به گروه مشاوره تحقیقات بین‌المللی کشاورزی[1] و دیگر شرکت‌های مرتبط در بخش خصوصی. در ادامه این مقاله، این بخش‌ها معرفی خواهند شد.

الف- نهاد پژوهش‌های دولتی وابسته به وزرات جهاد کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) - در ایران، مرحله اول نهادی نظام پژوهش همزمان با دیگر کشورها آغاز شد و مؤسسه‌های پژوهشی دولتی بخش کشاورزی تا دهه ۱۳۵۰ شکل گرفتند. به منظور تمرکز، هماهنگی و توسعه فعالیت‌های پژوهشی در بخش کشاورزی و منابع طبیعی و بر اساس قانون مصوب مجلس، تشکیل سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی در سال ۱۳۵۳ و زیرمجموعه‌های آن، در اردیبهشت ۱۳۵۷ به تصویب رسید که اقدام مهمی برای ورود به مرحله دوم نهادی تشکیل نظام پژوهش بود، اما نظام پژوهشی کشاورزی کشور دوره گذار از مرحله اول نهادی به مرحله‌های دوم و نظام دانش و اطلاعات و نظام ملی نوآوری کشاورزی را به خوبی درک نکرد و به همین دلیل دانشگاه‌ها و بخش خصوصی فضای لازم را برای نقش‌آفرینی کارا در عرصه پژوهش‌های کاربردی پیدا نکردند. نهاد هماهنگ‌کننده بین دستگاهی و نظام دانش و اطلاعات شکل نگرفت و به‌دلیل‌های مختلف، نظام تقاضامحوری و مشتری‌مداری پژوهش به خوبی رشد نکرد.

در حال حاضر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (تات) به دلیل سابقه و تجربه‌های تاریخی، گستردگی بخش‌های کاری، پراکندگی گسترده جغرافیایی، نیروی انسانی متخصص و نزدیکی با بدنه اجرایی بخش کشاورزی کشور، به‌عنوان مهمترین بازیگر بخش پژوهش کشاورزی و منابع طبیعی کشور شناخته می‌شود. آیین‌نامه اجرایی ماده ۱۱ قانون (هیئت دولت) (۱۳۸۶) برای سازمان تات تکلیف شده که مهمترین آن‌ها در جدول ۴ آمده‌اند.

این سازمان برای انجام رسالت خود دارای زنجیره‌ای شش حلقه‌ای است. حلقه‌های این زنجیره شامل: **۱-** پژوهش، **۲-** آموزش، **۳-** ترویج، **۴-** نظارت، ارزیابی، پایش و ثبت محصول‌های فناورانه، **۵-** تولید نهاده‌ها و محصول‌های فناورانه و **۶-** حفاظت و مدیریت پایدار منابع ژنتیک و منابع طبیعی است. وظیفه‌های این حلقه‌ها نیز در قانون‌ها و سندهای بالادستی قانون تشکیل وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۷۹)، قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال (۱۳۸۹)،

1. Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)

قانون افزایش بهروری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (۱۳۸۹) آمده است. این وظیفه‌ها موجب می‌شود که سازمان تحقیقات به‌عنوان تأثیرگذارترین مجموعه پژوهشی در بخش کشاورزی کشور باشد (جدول ۵).

ب- <u>نهادهای پژوهشی دولتی خارج از وزارت جهاد کشاورزی</u>- این نهادها شامل دانشگاه‌ها، مؤسسه‌های آموزش عالی و پژوهشی زیرمجموعه وزارت عتف و مجموعه ساختارهای زیرمجموعه معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری می‌شوند. مهمترین بخش دولتی خارج از وزارت جهاد کشاورزی، دانشکده‌های کشاورزی زیرمجموعه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. این مجموعه با قدمتی نزدیک به یک قرن، به‌ویژه در دو دهه اخیر، گسترش زیادی پیدا کرده است و از سودمندی‌ها و کاستی‌هایی برخوردار است (جدول ۶).

جدول ۴- قانون‌های مرتبط با شرح وظیفه‌های وزارت جهاد کشاورزی.

آیین نامه شرح وظایف اساسی جهاد کشاورزی، مصوب هیئت دولت، ۱۳۸۱
• انجام پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای در زمینه‌های مختلف کشاورزی و منابع طبیعی
• اجرای آموزش‌های علمی-کاربردی و فنی حرفه‌ای برای شاغلان بخش کشاورزی و صنایع روستایی
• آموزش روش‌ها و فنون نوین کشاورزی به تولیدکنندگان
• ترویج نتایج پژوهش‌ها به کارکنان و بهره‌برداران بخش کشاورزی
• حفاظت، جمع‌آوری، ارزیابی، احیا و توسعه ذخیره‌های توارث ژنتیکی، گوناگونی زیستی گیاهی و ژرم‌پلاسم گیاهی، دامی، آبزیان، ریزانداموارهها[1] و حشره‌های مفید و زیانبار کشاورزی
قانون ثبت ارقام گیاهی و کنترل و گواهی بذر و نهال، مصوب مجلس شورای اسلامی ۱۳۸۲
• ساماندهی امر کنترل و گواهی بذر و نهال و حفظ حقوق مالکیت‌معنوی بهنژادگران، شناسائی و ثبت ارقام جدید گیاهی و کنترل و نظارت بر امور بذر و نهال کشور

جدول ۵- نهاد پژوهشی دولتی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی).

ویژگی و اثربخشی	کمبودها و کاستی‌ها
داشتن همه حلقه‌های زنجیره لازم برای پژوهش (از بانک ژن تا عرصه تولید)	ورود به همه عرصه‌های پژوهشی برای پاسخگویی به نیازهای بخش اجرا
داشتن شبکه گسترده ملی در سراسر کشور برای انجام آزمایش‌های لازم در اقلیم‌های مختلف	همکاری ناکافی با دانشگاه‌ها و مرکزهای بین‌المللی
داشتن تجهیزات و ابزارهای پیشرفته آزمایشگاهی و میدانی لازم	گستردگی ساختار و بزرگ شدن بدنه اجرایی که به چالاکی و اثربخشی مجموعه آسیب زده است. ضعف حلقه ترویج که انتقال فناوری را با کندی روبه‌رو کرده است
داشتن ارتباط مستقیم با بخش‌های اجرایی و تولیدی	
تمرکز بر پژوهش به عنوان کار اصلی	
توجه به تقاضا محوری	

دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی در تربیت پژوهشگر و کارشناس برای بخش اجرایی و پژوهش کشاورزی کشور موفق بوده‌اند، اما شوربختانه در انجام پژوهش‌های تأثیرگذار برای حل مشکل‌های کشور توفیق کمتری داشته‌اند. بخشی از این وضعیت به ضعف نظام نوآوری بخش کشاورزی مرتبط است که نتوانسته است دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی را در زنجیره نوآوری قراردهد و بخشی هم مربوط به خود دانشگاه است که نتوانسته خود را با پیشرفت‌ها و

1. Microorganisms

تغییرهای نظام نوآوری جهان همراستا کند. در شرایطی که دانشگاه‌های جهان تاکنون پنج نسل را تجربه کرده‌اند (زند و همکاران ۱۴۰۳)، دانشگاه‌های کشور هنوز از نسل دوم و سوم عبور نکرده‌اند.

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری به‌عنوان نهادی به نسبت نوپا، که بیش از دو دهه از عمر آن می‌گذرد، اقدام‌هایی برای کمک به نظام نوآوری بخش کشاورزی انجام داده است (جدول ۷). معاون علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان نیز در این سال‌ها در بخش کشاورزی نسبت به دیگر بخش‌ها نقش‌آفرینی جدی نداشته است و اندک فعالیت‌های انجام شده نیز به دلیل پراکنده‌کاری و تغییر راهبردها ناشی از تغییر مسئولان، اثربخشی معنی‌داری در بخش کشاورزی نداشت. به‌نظر می‌رسد یکی از راهبردهای اثربخش معاون علمی و فناوری در بخش کشاورزی، کمک به توسعه پژوهش‌های خصوصی در بخش کشاورزی است.

جدول ۶- سودمندی‌ها و کاستی‌ها و جایگاه دانشگاه‌ها و مرکزهای علمی زیر مجموعه وزارت عتف در نظام نوآوری بخش کشاورزی.

ویژگی و اثربخشی	کمبودها و کاستی‌ها
دارا بودن ظرفیت زیاد نیروی انسانی- آمار نشان می‌دهد شمار اعضای هیئت علمی مرتبط با رشته های کشاورزی در دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی کشور بیش از ۶۰۰۰ نفر است که ظرفیت بسیار خوبی است. **برخورداری از ظرفیت دانشجویان آموزش‌های تکمیلی**- در پایان دهه ۱۳۹۰ شمار دانشجویان کارشناسی ارشد، دکتری حرفه ای و دکتری تخصصی رشته کشاورزی در کشور به ترتیب حدود ۲۴۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ نفر بود که در مجموع به حدود ۴۵۰۰۰ نفر می رسد. هر چند در سال‌های اخیر، از این شمار کاسته شده است، اما هنوز این مجموعه ظرفیت بسیار خوبی برای توسعه پژوهش‌های کشاورزی است. **برخورداری از امکان‌های آزمایشگاهی و میدانی**- دانشکده‌های کشاورزی و به ویژه دانشکده های قدیمی تر و اصلی کشور از امکانات پژوهشی خوبی مانند کشتزار و گلخانه پژوهشی، آزمایشگاه و ابزار و ادوات لازم و حتی به روز، برخوردارند. **تربیت پژوهشگران و کارشناسان کیفی**- یکی از نقطه‌های مثبت دانشکده های کشاورزی در سال‌های گذشته تربیت پژوهشگران و کارشناسان برای بخش‌های پژوهشی و اجرایی کشور بوده است. بیشتر پژوهشگران و کارشناسان شاغل در مجموعه های تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی دانش آموختگان دانشگاه های درون کشور هستند که خوشبختانه از دانش کافی نیز برخوردار هستند.	**در اولویت نبودن پژوهش**- تا چند دهه گذشته در دانشکده‌های کشاورزی بیشتر آموزش اولویت داشت و حتی بر اساس برخی از مواد آیین نامه ارتقا، اگر فردی رکود علمی داشت، جریمه آن تبدیل از هیئت علمی آموزشی به پژوهشی بود. پژوهش در دانشگاه‌ها زمانی بیشتر رونق گرفت که دانشجویان آموزش‌های تکمیلی پذیرفته شدند. البته این ظرفیت هم به‌دلیل ماهیت آموزشی، بیشتر به سمت انتشار مقاله سوق داده شد. **جدایی از زنجیره تأثیرگذاری پژوهش**- دانشکده‌های کشاورزی به حلقه‌های پیشین و پسین پژوهش مانند منابع ژنتیکی، ترویج و حضور در عرصه‌های میدانی دسترسی کافی ندارند و اغلب فعالیت پژوهشی آن‌ها از تقاضای بهره‌وران دور است. بنابراین، یافته‌های پژوهشی دانشگاهی کمتر به عرصه راه پیدا کرد و بنابراین از زنجیره اثر گذاری پژوهش کشاورزی جدا افتاده است. **نقش کمرنگ در حل دشواری‌های کشور**- به‌دلیل‌های مختلف، دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی نتوانسته‌اند نقش پر رنگی در حل دشواری‌های کشور داشته باشند. در ابتدای تأسیس دانشکده‌های کشاورزی (دهه‌های ۱۳۲۰ تا ۱۳۴۰) ارتباط دانشکده‌های کشاورزی با بخش‌های اجرایی کشور بیشتر بود، برخی از دانشکده‌ها فعالیت‌های خوبی برای حل دشواری‌های کشاورزی کشور انجام دادند، اما به مرور زمان، ارتباط‌های با بخش‌های اجرایی وزارت جهاد کشاورزی و کشاورزان کم شد و از اثربخشی آن‌ها در میدان عمل کاسته شده است. **توسعه کمی و اُفت کیفی**- رشد فزاینده شمار دانشگاه‌ها و دانشکده‌های کشاورزی دولتی و کمبود منابع و امکانات مورد نیاز از یک سو و محدودیت بازار کار برای دانش آموختگان رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی از سوی دیگر، موجب کاهش کیفیت تدریس و پژوهش در برخی از جنبه‌ها شده است. **هدفمند نبودن پایان نامه‌ها و رساله‌ها**- بیشتر ظرفیت دانشجویان آموزش‌های تکمیلی به سمت حل دشواری‌های کشور سوق داده نشده است، البته در موردهایی که پایان نامه‌ها و رساله‌ها با مشارکت پژوهشگران بخش دولتی اجرا شد و یا در موردهایی که استادان دانشگاه به دلیل ارتباط‌های شخصی با بخش‌های اجرایی مرتبط بودند، دانشجویان را به انجام پژوهش‌های کاربردی و مورد نیاز تشویق کردند، اما شمار این دسته از پژوهش‌ها چشمگیر نیست.

پ- نهاد پژوهش‌های غیردولتی- در کشورهای پیشرفته، پژوهش‌های کشاورزی بخش خصوصی نقشی کلیدی دارند که بیشتر ناشی از حمایت دولت‌ها و وجود نظام نوآوری هدفمند است. دولت‌ها با تخصیص بودجه عمومی به برنامه‌های رقابتی، شرکت‌ها را به همکاری تشویق می‌کنند. نمونه‌هایی مانند صندوق پژوهش و توسعه کشاورزی دو ملیتی یا مرکزهای رقابتی در آمریکا و سرزمین‌های اشغالی فلسطین، گویای این رویکرد است (OECD, 2018). در مقابل، در ایران بخش خصوصی حضور چندانی در پژوهش‌های کشاورزی ندارد که از دلیل‌های آن می‌توان به جنبه‌های زیر اشاره کرد: **۱-** ضعف بخش کشاورزی کشور و نداشتن توجیه اقتصادی، **۲-** نداشتن قدرت رقابت با شرکت‌های بزرگ بین‌المللی و نهادهای پژوهشی دولتی داخلی، **۳-** نبود حمایت دولت از بخش خصوصی، **۴-** بی‌ثباتی مدیریتی و زیاد بودن دغدغه‌های پژوهش‌های کشاورزی، **۵-** پرهزینه و زمان‌بر بودن پژوهش‌های کشاورزی و نبود زمینه مناسب برای ورود به زنجیره و جدا افتادن از زنجیره اثرگذاری پژوهش‌ها، **۶-** کوچک بودن واحدهای کشاورزی و ناتوانی کشاورزان برای حمایت از این بخش.

جدول ۷- جایگاه معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری در نظام نوآوری بخش کشاورزی.

ویژگی و اثربخشی	کمبودها و کاستی‌ها
تشکیل کانون‌های هماهنگی دانش و صنعت- این کانون‌ها در ابتدای دهه ۱۳۸۰ شکل گرفت و تا حدودی به صورت گسترده برای بسیاری از موضوع‌های مهم کشاورزی تشکیل شد. کانون‌ها در سال‌های اول بسیار قوی شروع شدند و تا مرحله تدوین سندها، خوب پیش رفتند. **راه‌اندازی ستادهای تخصصی**- چندین ستاد تخصصی مرتبط با بخش کشاورزی و منابع طبیعی از جمله نانوفناوری، زیست‌فناوری و گیاهان دارویی و همچنین امنیت غذایی و کشاورزی سعی در انتقال و تجاری‌سازی فناوری را در بخش کشاورزی دنبال می کنند. ستادهای اقتصاد دانش بنیان در پایان دهه ۱۳۹۰ ایجاد شدند. **حمایت از طرح های کلان**- این طرح‌ها در پایان دهه ۱۳۸۰ شروع و در دهه ۱۳۹۰ نیز ادامه پیدا کرد. توجه به دشواری‌های کلان بخش کشاورزی و امنیت غذایی از هدف‌های تصویب آن‌ها بود. **تشکیل شرکت‌های دانش بنیان**- در دهه ۱۳۹۰ ایجاد شرکت‌های دانش بنیان یکی از کارهای مهم و مورد حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری بود. در این دوران شمار شرکت‌های دانش بنیان کشور رشد خوبی یافت و مرکزهای رشد و پارک های علمی و فناوری توسعه یافتند. در بخش کشاورزی نیز این توسعه به طور همسانی رخ داد که در برخی از بخش‌ها مانند تولید بذر، واکسن و داروهای دامی دستاوردهایی را کسب کرده‌اند.	**کارایی نامناسب کانون‌های هماهنگی دانش و صنعت**- در بخش کشاورزی به‌دلیل نبود قدرت اجرایی و منابع مالی لازم به تدریج از جایگاه آن‌ها کاسته شد، به‌گونه‌ای که در حال حاضر از برخی از آن‌ها تنها پوسته‌ای باقیمانده است. **نداشتن خروجی مشخص در ستادهای اقتصاد دانش بنیان بخش کشاورزی**- فعالیت‌های ستادها در مقابل نیازهای بخش کشاورزی به‌قدری ناچیز است که اثرگذاری آن در کشاورزی کشور بسیار محدود است. **کارایی نامناسب طرح‌های کلان**- مبنای حمایت از این گونه طرح‌ها، نبود وابستگی مجریان آن‌ها به بخش‌های دولتی بود و بخش پژوهش‌های غیردولتی نیز در بخش کشاورزی متناسب با نیاز، توسعه نیافته بود (که در ادامه درباره آن بحث خواهد شد). در عمل، ظرفیت‌های لازم برای جذب این‌گونه منابع وجود نداشت. از این رو، جریان طرح های کلان نیز به جز در موردهایی بسیار اندک، نتوانست به حل دشواری‌های بخش کشاورزی کمک زیادی کند. محدود بودن حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان بخش کشاورزی- این حمایت‌ها هیچگاه از ۵٪ بالاتر نرفت. **دشواری‌های برخی از شرکت‌های دانش‌بنیان**- ادامه فعالیت برخی از شرکت‌های دانش‌بنیان به دلیل کم‌بودن قدرت رقابت با شرکت‌های خارجی و محصول‌های وارداتی.

پژوهش‌های کشاورزی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: **۱-** پژوهش‌هایی که در نظام نوآوری کارآمد برای بخش خصوصی سودمندی اقتصادی چشمگیر دارند. مانند پژوهش‌های بخش دام و طیور، صنایع غذایی، گیاهان دارویی، تولید محصول‌های زراعی و باغبانی، رقم‌های دورگه (به ویژه سبزی و صیفی)، واکسن و دارو، کود و آفت‌کش، مکانیزاسیون و ماشین‌آلات، سلامت محصول و پایداری محیط زیست. **۲-** پژوهش‌هایی که به‌طور ذاتی برای بخش خصوصی جذابیت

اقتصادی ندارند و باید توسط دولت حمایت شوند. مانند گیاه‌پزشکی، شناسایی و حفاظت از منابع پایه (جنگل‌ها، مرتع‌ها، خاک و آب)، منابع ژنتیکی و آبخیزداری.

در ایران، دسته دوم (پژوهش‌های دولتی) نسبت به دسته اول پیشرفت داشته است، اما دسته اول که باید توسط بخش خصوصی انجام شود، به دلیل ورود نکردن دولت به بخش‌های سوددار یا حمایت نادرست از واردات، توسعه نیافته است. دو کم‌کاری عمده در این زمینه مشاهده می‌شود. نخست، نبود حمایت از پژوهش‌های سوددار در بخش خصوصی. دوم، ادامه فعالیت دولت در بخش‌هایی که برای بخش خصوصی جالب هستند که یا مانع ورود بخش خصوصی شده یا به دلیل حمایت دولتی، قدرت رقابت را از آن گرفته است. ازاین‌رو، توسعه نهاد پژوهش‌های خصوصی در قالب نظام نوآوری ضروری است. این موضوع بر اساس بند نهم از بخش الف ماده دوم قانون وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، از وظیفه‌های این وزارتخانه است. همچنین، وزارت جهاد کشاورزی به‌عنوان دستگاه اصلی سیاست‌گذار، باید با مشارکت نهادهایی مانند معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، برنامه‌ای ویژه برای توسعه پژوهش‌های بخش خصوصی تدوین و از اجرای آن حمایت کند. هرچند فعالیت‌هایی در قالب توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان و مرکزهای رشد آغاز شده، اما به دلیل گستردگی نیازهای بخش، این اقدام‌ها بسیار محدود و کم‌اثر بوده است و بخش خصوصی همچنان نیازمند حمایت و توسعه جدی است.

ت- <u>نهاد پژوهش‌های بین‌المللی</u>- همکاری‌های بین‌المللی نقش کلیدی در شتاب جریان دانش و فناوری و افزایش اثربخشی نظام‌های نوآوری دارند. براین اساس، سندهای بالادستی کشور بر گسترش همکاری با مرکزهای معتبر جهانی و بهره‌گیری از تجربه‌های موفق بین‌المللی تاکید کرده‌اند (سیاست‌های کلی علم و فناوری، ۱۳۹۳. سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶). توسعه تجارت محصول‌های دانش‌بنیان نیز به‌عنوان راهبردی برای پیوند نظام نوآوری با بازارهای منطقه‌ای و جهانی دنبال می‌شود.

دولت‌ها نقش مهمی در آسان‌سازی همکاری‌های پژوهشی منطقه‌ای و بین‌المللی دارند. همکاری در پژوهش و توسعه به کشورها امکان بهینه‌سازی منابع داخلی و بهره‌گیری از تخصص و سرریزهای پژوهش‌های جهانی را می‌دهد (OECD, 2013). برای ایران با گوناگونی اقلیمی و محصولی زیاد، پژوهش در همه زمینه‌ها غیرممکن و غیرضروری است. بسیاری از کشورها قطب‌های تخصصی برای محصول‌های ویژه ایجاد کرده‌اند که می‌توان از دستاوردهای آن‌ها بهره برد. استفاده از پژوهش‌های بین‌المللی ضمن کاهش هزینه‌ها، به بهبود کیفیت پژوهش‌های داخلی و جلوگیری از موازی‌کاری کمک می‌کند. در برخی از بخش‌ها مانند دام و طیور، باغبانی، بذرهای دورگه و صنایع غذایی، ورود فناوری موفق بوده، اما در دیگر زمینه‌ها، عملکرد ضعیفی داشته است. البته، به تازگی طرح پژوهشی برای شناسایی فناوری‌های جریان‌ساز و دگرگون‌ساز و معرفی آن‌ها برای استفاده در بخش‌های مختلف کشور انجام شده که اگر از یافته‌های آن‌ها بهره‌گیری شود، کمک زیادی به توسعه فناوری در بخش کشاورزی کشور خواهدکرد (جوادی و همکاران، ۱۴۰۲). مهمترین نهاد بین‌المللی در این بخش، گروه مشورتی پژوهش‌های بین‌المللی کشاورزی است که با ۱۵ مرکز پژوهشی، بر کاهش فقر روستایی، امنیت غذایی و مدیریت پایدار منابع متمرکز است. ایران از نخستین و فعالترین اعضای این گروه است و پیش از تحریم‌ها، سه مرکز (سیمیت، ایکاردا و ایری) در ایران نمایندگی داشتند. شوربختانه، از سال ۱۴۰۰، تحریم‌ها ارسال ژرم‌پلاسم به ایران را با مشکل روبه‌رو کرده است که به امنیت غذایی کشور آسیب می‌زند.

ارتباط دانشگاه‌های ایران با مرکزهای خارجی بیشتر محدود به انتشار مقاله است و اثربخشی چندانی در بخش کشاورزی نداشته است. تقویت همکاری پژوهشگران و مؤسسه‌های کشاورزی از راه قراردادهای پژوهشی مشترک، انتقال

فناوری و فرصت‌های مطالعاتی برای شبکه‌سازی علمی ضروری است (شریف‌زاده، ۱۳۹۳). توسعه بخش خصوصی در زمینه پژوهش و تولید محصول‌های فناورانه در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، بستری برای ارتباط با نهادهای غیردولتی ایران فراهم کرده، اما تاکنون از این ظرفیت استفاده مطلوب نشده است. هرچند بخش خصوصی در واردات فناوری بدون نهادینه‌سازی آن نقش دارد، اما این رویکرد موجب بومی‌سازی دانش نشده است.

نهاد توسعه منابع انسانی (آموزش)

نخستین مدرسه کشاورزی در ایران در سال ۱۲۷۹ خورشیدی به نام مدرسه فلاحت مظفری، درقریه چهاردانگه تهران تأسیس شد. پس از تغییرهای متعدد در سال ۱۳۰۲ به مدرسه عالی فلاحت و صنایع روستایی تغییر نام داد و در سال ۱۳۱۹ به دانشکده کشاورزی تغییر نام داد و در سال ۱۳۲۸ از وزارت کشاورزی جدا شد. از دهه ۱۳۳۰ دانشکده‌های کشاورزی در دیگر شهرهای بزرگ و از دهه ۱۳۶۰ به بعد، دانشکده‌های کشاورزی در واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی ایجاد شد. همچنین، از دهه ۱۳۶۰ مرکزهای آموزش عالی کشاورزی شکل گرفتند (حسینی روح الامین، ۱۴۰۰). در حال حاضر، فعالیت‌های آموزشی بخش کشاورزی در سه بخش آموزش عالی، مهارتی و بهره‌برداران دنبال می‌شود.

الف- بخش آموزش عالی- مهمترین نقطه قوت نظام آموزش عالی بخش کشاورزی ایران را می‌توان تربیت کارشناسان متخصص در رشته‌های مختلف علوم کشاورزی و منابع طبیعی و دوره‌های آموزش‌های تکمیلی دانست. تا آغاز دهه ۱۳۹۰ شمار دانشجویان در همه دوره‌های تحصیلی رشدی فزاینده داشته و از حدود ۱۷ هزار نفر در دهه ۱۳۷۰ به حدود ۲۵۰ هزار دانشجو در دهه ۱۳۹۰ رسید، هرچند در میانه دهه ۱۳۹۰ به بعد به حدود ۱۰۰ هزار دانشجو کاهش یافت (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). مهمترین نقطه ضعف این نظام، کم‌توجهی به تربیت نیروی ماهر با هدف ورود مستقیم به بخش‌های تولیدی است. این ناتوانی ریشه در انعطاف‌ناپذیری نظام آموزشی در برابر تغییرهای بیرونی و نیازهای جامعه دارد. افزایش یا کاهش شمار دانشجو در کشور همواره به شمار متقاضیان و ظرفیت‌سازی دانشگاه‌ها وابسته بود و ارتباط منطقی با بازار کار نداشته است. به‌عبارت دیگر، نظام آموزش عالی کشاورزی کشور به ندرت از نسل دوم فراتر رفت و نتوانسته با تربیت نیروی ماهر وارد دانشگاه نسل سوم شود. اگر این نظام نتواند دستکم خود را به نسل چهارم آموزش برساند و پرورش نیروی ماهر را در کنار آموزش و پژوهش در دستور کار قرار دهد، ادامه این مسیر موجب آسیب کشاورزان آینده و نیز آینده بخش کشاورزی خواهد شد و دانشگاه نیز جاذبه و مرجعیت خود را از دست خواهد داد.

ب- بخش آموزش مهارتی- آموزش‌های مهارتی بخش کشاورزی در سه بخش هنرستان‌های کشاورزی، سازمان فنی و حرفه‌ای و دوره‌های علمی-کاربردی انجام می‌شود. در سال تحصیلی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱، حدود ۳۴ هزار دانش‌آموز از جمعیت ۲/۸۷ میلیون نفری دانش آموزان، در این بخش فعال بودند که تنها ۱/۲٪ از کل دانش‌آموزان کشور را شامل می‌شود. وزارت جهاد کشاورزی در همین دوره برای ۶۵۰۰ دانش‌آموز کاردانش و فنی‌حرفه‌ای و ۱۶ هزار مهارت‌آموز در ۱۴ رشته دیپلم کشاورزی برنامه‌ریزی کرده است (حیدرنژاد و همکاران، ۱۴۰۱).

روند تغییرهای دهه اخیر نشان می‌دهد سهم دانش‌آموزان رشته‌های کشاورزی بسیار کم است و بدون تدبیر مناسب، تربیت کشاورزان آینده با مشکل جدی روبه‌رو خواهد شد. آموزش حرفه‌ای کشاورزی در یک قرن گذشته جز در دوره‌هایی از دهه‌های ۱۳۵۰ و ۱۳۶۰ که هنرستان‌های کشاورزی مورد توجه بودند و دانش‌آموختگانی وارد عرصه کار شدند، عملکرد پذیرفتنی نداشته است. این وضعیت نشانگر ضرورت بازنگری اساسی در نظام آموزش مهارتی کشاورزی و افزایش جذابیت این رشته‌ها برای دانش‌آموزان است.

پ- بخش آموزش بهره‌برداران- با توجه به پیشرفت‌های جهانی در کشاورزی، انتظار از فعالان این بخش تغییر کرده و موضوع‌هایی مانند بهداشت محصول، حفظ منابع پایه، بهره‌وری و اخلاق حرفه‌ای اهمیت یافته و وارد متن‌های علمی جهانی شده است. بیش از پنج میلیون بهره‌بردار کشاورزی شامل ۶۸٪ در زراعت و باغبانی، ۲۸٪ در دام و طیور و ۴٪ در شیلات فعال هستند و بخش کشاورزی ۱۶٪ از کارآفرینی کشور را تشکیل می‌دهد (بی‌نام، ۱۴۰۲).

مهمترین ضعف این بخش، نبود نظام آموزشی مشخص است که موجب اندک شدن ضریب نفوذ فناوری و کاهش بهره‌وری شده‌است. برقراری چنین نظامی نیازمند به‌رسمیت شناختن پیشه کشاورزی، طبقه‌بندی پیشه‌ها، صلاحیت‌سنجی و مهارت‌افزایی همیشگی بهره‌برداران است. در این صورت، همه بهره‌برداران باید دوره‌های مهارت‌افزایی را بگذرانند و صلاحیت آن‌ها تایید شود تا بتوانند از حمایت‌های دولتی برخوردار شوند.

شاید آموزش بهره‌برداران ضعیف‌ترین بخش آموزش کشاورزی ایران است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۳، ۳۴٪ بهره‌برداران بی‌سواد، ۳۵٪ دارای آموزش‌های ابتدایی، ۲۵٪ با آموزش‌های راهنمایی تا پیش‌دانشگاهی و تنها ۵٪ دارای آموزش‌های کاردانی و بالاترند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۸). بدین‌ترتیب، حدود ۶۵٪ بهره‌برداران کم‌سوادند و از آموزش‌های لازم بی‌بهره‌اند. از سوی دیگر، سازمان فنی و حرفه‌ای در آموزش‌های مهارتی فعال نیست و از انتهای دهه ۱۳۹۰، دوره‌های علمی-کاربردی کشاورزی حذف شده‌اند. نظام آموزش حرفه‌ای کشاورزی نیازمند دگرگونی اساسی است، در غیر این صورت در آینده نزدیک با کمبود نیروی ماهر روبه‌رو خواهد شد و کشاورزان کم‌مهارت آینده، موجب کاهش بهره‌وری خواهند شد.

نهاد پشتیبان کارآفرینی

نوآوری‌های کشاورزی فراتر از محصول‌های جدید، شامل الگوها و سیستم‌هایی با تأثیر اجتماعی مثبت هستند. ایجاد و توسعه بازار برای محصول‌های دانش‌بنیان، حلقه نهایی و حیاتی نظام نوآوری است که نوآوری را به ارزش اقتصادی تبدیل می‌کند. سیاست‌های کلان کشور از راه تجاری‌سازی دستاوردهای پژوهشی و حضور کارا در بازارهای داخلی و خارجی، بر افزایش سهم علم و فناوری در اقتصاد تأکید دارند (سیاست‌های کلی علم و فناوری، ۱۳۹۳). به همین دلیل، توسعه تجارت و صادرات محصول‌های دانش‌بنیان در سندهای بالادستی به‌عنوان راهبردی کلیدی برای ایجاد تقاضای پایدار مورد تأکید قرار گرفته است (سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶).

نهادهای پشتیبان کارآفرینی[1] از شاخصه‌های اصلی زیست‌بوم نوآوری هستند که با نقش آسان‌سازی و توانمندسازی، فرایند ایجاد، توسعه و تجاری‌سازی ایده‌ها را آسان می‌سازند. این نهادها با ارائه خدمت‌هایی مانند آموزش تخصصی، مشاوره کسب و کار، تأمین سرمایه اولیه، آسان‌سازی دسترسی به بازار و شبکه‌سازی حرفه‌ای، نوآوری را به ارزش اقتصادی تبدیل می‌کنند (Cloitre *et al*., 2024). مهمترین شکل‌های این نهادها شامل پارک‌های علم و فناوری، مرکزهای رشد، شتاب‌دهنده‌ها، صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر، نهادهای واسط انتقال فناوری و مرکزهای ترویج نوآوری است. همکاری اثربخش این نهادها با دانشگاه، دولت و بخش خصوصی، زمینه‌ساز زیست‌بوم‌های کارآفرینی پایدار می‌شود.

ارزیابی تأثیر نوآوری‌های کشاورزی بیشتر بر اساس کارایی اقتصادی انجام می‌شود، اما هدف‌هایی مانند امنیت غذایی، حفاظت از محیط‌زیست و کاهش فقر، اهمیت فزاینده‌ای یافته‌اند و رویکردهای معیشتی و چندبعدی فراتر از رویکرد تنها اقتصادی هستند (Barrientos-Fuentes & Berg, 2013). بخش‌های نوآوری در کشورهای در حال توسعه بیشتر بر تولید

1. Entrepreneurship Support Organizations **(**ESOs)

و توزیع متمرکزند، در حالی که کشورهای توسعه‌یافته بر ارائه نهاده‌های تولید تمرکز دارند. سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در نوآوری‌های کشاورزی سریع‌تر از بخش دولتی رشد می‌کند.

چالش‌های بخش کشاورزی ایران از جمله کاهش بهره‌وری منابع، دغدغه‌های اقلیمی و نیاز به نوسازی ساختارهای تولید، ضرورت توسعه نهادهای پشتیبان کارآفرینی را بیش از پیش آشکار کرده است. بااین‌حال، زیست‌بوم کارآفرینی کشاورزی ایران در مرحله‌های آغازین قراردارد و برای بلوغ نیازمند سیاست‌گذاری هدفمند، حمایت مالی پایدار و نهادسازی مشارکتی است. ظرفیت‌سازی انسانی، اصلاح ساختارهای نهادی، بهبود دسترسی به منابع مالی و ارتقای زیرساخت‌های نوآوری از عامل‌های کلیدی در شکل‌گیری این زیست‌بوم هستند (Norouzi *et al*., 2023). استفاده از الگوهای منطقه‌ای و محلی برای تقویت نهادهای حمایتی نیز نقش کارایی در تاب‌آوری اقتصادی جامعه‌های روستایی و کارآفرینی برای جوانان دارد.

نهاد انتشار فناوری

نهاد انتشار فناوری به مجموعه‌ای از ساختارها و سازوکارهای سازمان‌یافته گفته می‌شود که وظیفه انتقال دانش و فناوری‌های نوین از منابع تولید به کاربران نهایی (کشاورزان، بنگاه‌های تولیدی، تعاونی‌ها و شرکت‌های خدمت‌های فنی) را بر عهده دارند. هشت عامل کلیدی در نظام تولید، انتقال و کاربرد فناوری کشاورزی عبارتند از برنامه‌ریزی، سیاست کشاورزی، ترویج و مشارکت، منابع، سرمایه‌گذاری، فراوانی و پراکندگی، کاربران و زمان تولید و انتقال (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳). در نظام نوآوری، تولید دانش و فناوری به دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های پژوهشی منحصر نیست، بلکه بهره‌برداران و شرکت‌های تولیدکننده و توزیع‌کننده نهاده‌ها و محصول‌ها نیز می‌توانند منبع تولید فناوری باشند. نهاد انتشار فناوری به‌عنوان رابط میان نظام پژوهشی و جامعه بهره‌بردار، با روش‌هایی مانند آموزش‌های میدانی، ترویج مشارکتی، نمایشگاه‌های فناورانه، طرح‌های اولیه، شبکه‌های کشتزاری و سامانه‌های مشاوره‌ای دیجیتال به استقرار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این نهادها افزون بر انتقال فناوری، فرایند بومی‌سازی، همخوانی با شرایط اقلیمی و فرهنگی و ارزیابی اثربخشی فناوری‌ها را نیز دنبال می‌کنند.

بهبود بهره‌وری در علوم و فناوری کشاورزی از چهار راه، ظرفیت عرضه فناوری را افزایش می‌دهد. **۱-** افزایش کمّی عرضه فناوری با ارائه محصول‌های بیشتر، **۲-** بهبود کیفی با به روزرسانی محصول‌های موجود، **۳-** بهبود کیفیت نهادهای احیای روستاها با افزایش دانش فنی و **۴-** ایجاد اثر نمایشی برای الگوبرداری منطقه‌های کمتر توسعه‌یافته (Wu *et al*., 2024). کشورهایی مانند هند، برزیل و چین با توجه به گوناگونی ساختاری کشاورزی، الگوهای تلفیقی از ترویج عمومی و خصوصی را به‌کار گرفته‌اند. برای نمونه، در هند نظام ترویج دولتی بر کشاورزان خرده‌پا متمرکز است، در حالی که شرکت‌های بزرگ فناور، خدمت‌های ترویجی را به کشاورزی قراردادی و صنعتی ارائه می‌دهند (Glendenning *et al*., 2010). تجربه هلند نیز نشان می‌دهد که کارگزاران نوآوری به عنوان تسهیل‌گران مستقل، با ایجاد همکاری‌های چندجانبه، فرایند نوآوری را تسریع می‌کنند (World Bank, 2012).

از دید سیاست‌گذاری، یک نهاد انتشار فناوری کارا، فاصله میان تولید و کاربرد فناوری را کاهش می‌دهد و بهره‌وری، پایداری و تاب‌آوری نظام کشاورزی را بهبود می‌بخشد. همچنین، این نهادها می‌توانند با واکاوی نیازهای فناورانه، نقش کارایی در واکنش‌پذیری نظام نوآوری به چالش‌های اقلیمی و بازار داشته باشند. در این مسیر، ترویج ساختارمند فناوری یکی از اجزای کلیدی نظام نوآوری کشاورزی شناخته می‌شود. در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه، این نهاد ارتباط میان مرکزهای پژوهشی، سیاست‌گذاران، بخش خصوصی و بهره‌برداران را برقرار و از راه کانال‌های رسمی و

غیررسمی به بهبود سطح نوآوری کمک می‌کند. بنابراین، به نظر می‌رسد، طراحی نظام جامع حمایتی در بخش کشاورزی برای ارائه خدمت‌های فنی و ترویجی با تکیه بر ظرفیت‌های بخش خصوصی، تعاونی‌ها و تشکل‌های صنفی ضروری باشد (شریف‌زاده و همکاران ۱۳۹۳).

کشاورزی ایران ساختاری دوگانه دارد. بخش کوچکی از بهره‌برداری‌ها در قالب شرکت‌های بزرگ و کشت و صنعت‌ها فعالیت می‌کنند، در حالی که بخش بزرگی توسط خانواده‌های روستایی خرده‌پا و معیشتی هدایت می‌شود که اغلب، دسترسی پایداری به خدمت‌های دانش‌بنیان ندارند و چه بسا قابلیت بهره‌گیری از آن را ندارند. در این شرایط، طراحی و استقرار نهاد ترویج فناوری باید متناسب با این ساختار ناهمگن شکل بگیرد. تجربه نظام نوین ترویج کشاورزی از سال ۱۳۹۴، با وجود ایجاد زمینه‌های اولیه برای نهادسازی محلی، به دلیل نبود تفکیک روشن در سیاست‌گذاری میان نیازهای بخش صنعتی و خرده‌پا، کارآمدی محدودی داشت (بی‌نام، ۱۳۹۷). بنابراین، پیشنهاد می‌شود طراحی نهاد ترویج فناوری با تفکیک دوگانه انجام شود. برای بخش صنعتی و فناورمحور، ترویج فناوری بیشتر توسط بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان انجام شود. برای بخش خرده‌پا و خانوادگی، دولت با تقویت مرکزهای خدمت‌های کشاورزی، توانمندسازی مروجان و توسعه سامانه‌های ترویجی دیجیتال، نقش محوری داشته باشد. در هر دو الگو، گذار از ساختار خطی ترویج سنتی به نگرش نظام‌مند در قالب نظام نوآوری ضروری است.

نهاد تولید کالا و خدمت‌ها

در چارچوب نظام نوآوری کشاورزی، نهاد تولید و خدمت‌ها به مجموعه‌ای از کنشگران و ساختارها گفته می‌شود که وظیفه تولید عملیاتی کالاها و خدمت‌های کشاورزی و همچنین ارائه خدمت‌های پشتیبان برای تولید محصول نهایی را در میدان عمل برعهده دارند. این نهادها همان جامعه هدف نهایی و کاربران نوآوری (یعنی کشاورزان و بنگاه‌های بهره‌بردار) هستند و نقش مهمی در کاربردی‌سازی دانش، بهبود بهره‌وری و انتشار نوآوری‌ها دارند. این نهادها عبارتند از: **۱**- واحدهای تولیدی بزرگ و کشت و صنعت‌ها که توانایی به کارگیری و آزمون فناوری‌های نوین را دارند، **۲**- شرکت‌های خدماتی و مشاوره‌ای کشاورزی که خدمت‌های فنی، تخصصی و فناورانه به کشاورزان ارائه می‌کنند، **۳**- شرکت‌های تأمین نهاده و ماشین‌آلات که تأمین‌کننده فناوری‌های فیزیکی مورد نیاز کشتزار هستند، **۴**- شرکت‌های دانش‌بنیان و نوپا که خدمت‌های نوآورانه در بخش‌هایی چون کشاورزی دیجیتال، پهپاد، هوش مصنوعی و مانند این‌ها را ارائه می‌دهند و **۵**- واحدهای بخش خصوصی و تعاونی‌ها که تولید و خدمت را همزمان انجام می‌دهند و در زنجیره‌های ارزش کشاورزی حضور فعال دارند. در کشورهایی با کشاورزی پیشرفته، این نهادها افزون بر ارائه خدمت‌های سنتی، نقش مهمی در توسعه و آزمایش فناوری‌های نوین، توسعه بازار و بازخورد به نهادهای علمی و سیاست‌گذار دارند. به‌عبارت دیگر، آن‌ها نه تنها گیرنده نوآوری هستند، بلکه در بسیاری از موردها خود نیز تولیدکننده و شریک در تولید نوآوری محسوب می‌شوند (World Bank, 2008).

در ایران نیز نهاد تولید و خدمت‌ها دارای جایگاهی راهبردی است، اما با چالش‌هایی مانند ناترازی میان تقاضای فناوری و عرضه آن، ضعف ارتباط با نهادهای دانش و سیاست و تمرکز زیاد بر ارائه خدمت‌های تکراری و غیرنوآورانه رو به رو است. از جمله محرک‌های بهبود نقش‌آفرینی نهاد تولید کالا و خدمت‌های در توسعه نظام نوآوری بخش کشاورزی می‌توان به سرمایه‌گذاری در تولید، یکپارچه‌سازی زمین‌ها، توسعه زنجیره‌های ارزش محصول‌ها، حمایت از صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی، آموزش و توانمندسازی بهره‌برداران و توسعه شبکه ارتباط‌های بین‌المللی اشاره کرد. با این‌حال، در سال‌های اخیر، با توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان کشاورزی، ایجاد مرکزهای خدمت‌های کشاورزی غیردولتی و گسترش کشت و صنعت‌ها و

کشتزارهای بزرگ فناورمحور، این نهاد به تدریج در حال انجام نقش فعالتری در نظام نوآوری است. برای تقویت نقش این نهاد در نظام نوآوری کشاورزی، لازم است سیاست‌های حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و اعتبارسنجی فناورانه تدوین شود.

راهکار تقویت نظام نوآوری کشاورزی ایران

با وجود سابقه‌ای صدساله در ایجاد مؤسسه‌های پژوهشی، آموزشی و ترویجی دولتی، نظام نوآوری کشاورزی ایران هنوز به بلوغ لازم نرسیده و در ایجاد هم‌افزایی میان ظرفیت‌ها و بازیگران گوناگون ناکام مانده است. از مهمترین دشواری‌های سیستمی این نظام می‌توان به این موردها اشاره کرد: ضعف در حکمرانی و حاکمیت رویکرد خطی به جای نگاه سیستمی، نبود نهاد هماهنگ‌کننده قوی، کمبود نهادهای میانجی مانند صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر و سازمان‌های آسان‌ساز انتقال فناوری در بخش غیردولتی، ضعف همکاری‌ها و شبکه‌های میان بازیگران، نبود رقابت میان بنگاه‌ها، کم‌بودن ظرفیت جذب نوآوری در میان تولیدکنندگان و وابستگی شدید به منابع مالی دولتی با سهم اندک بخش خصوصی در تولید و انتشار دانش (صابری و همکاران، ۱۳۹۲). از دید نهادی، سدهای نتیجه‌بخشی سیاست‌گذاری نوآوری شامل بی‌توجهی دولت به سرمایه‌گذاری شرکت‌های تجاری در پژوهش و توسعه، استانداردهای قانونی ضعیف، نظام‌های مالی توسعه‌نیافته، نبود زیرساخت مناسب کسب و کار، شرایط اقتصادی نامساعد، نبود سازمان‌های مستقل برای حمایت از شرکت‌ها و همچنین، قانون‌های نادرست و دست و پاگیر است (مؤمنی و علیزاده،۱۳۹۲؛ باقری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). شیرزادگان و همکاران (۱۴۰۴) نیز شکست‌های سیستمی نظام ملی نوآوری ایران را شامل نبود انسجام میان سیاست‌ها و ضعف در نظارت و ارزیابی، تولی‌گری چندگانه در علم و فناوری، ضعف در هماهنگی و تقسیم کار شفاف میان کنشگران، ضعف در سازوکارهای مشارکت و هم‌افزایی برای ارائه مشاوره و انتشار فناوری و ضعف در اولویت‌بندی دشواری‌ها و ارائه راهکارهای سیاستی متناسب با نیازهای منطقه‌ای و ملی معرفی کرده‌اند. شناسایی این مشکل‌های سیستمی، زمینه را برای سیاست‌گذاری‌های درست و بهبود کارایی نظام نوآوری کشاورزی فراهم می‌کند.

کشورهای جهان بر اساس تاریخچه، ظرفیت علمی و رویکردهای حکمرانی، الگوهای متفاوتی از نظام نوآوری کشاورزی را دنبال کرده‌اند. ایالات متحده آمریکا الگوی علم‌محور و شرکت‌محور را با محوریت دانشگاه‌های دارای اعطای زمین و سرمایه‌گذاری کلان بخش خصوصی در زیست‌فناوری و ماشین‌آلات پیش گرفته است (Pardey & Alston, 2012; Schechtman, 2012). کانادا و انگلستان نمونه‌های موفق بازارمحوری راهبردی هستند که در آن‌ها نیاز مصرف‌کننده و رقابت‌پذیری صادراتی، همراه با سازوکارهای هدفمندی مانند سرمایه‌گذاری جمعی کشاورزان در کانادا و برنامه‌ریزی بلندمدت کلان در انگلستان، جهت‌دهنده نوآوری است (Gray, 2012; Muir, 2012). در مقابل، فرانسه و ترکیه الگوی دولت‌محور را دنبال می‌کنند که در آن، دولت با برنامه‌ریزی، تأمین بودجه عمومی و سیاست‌های حمایتی، هدایت نظام را بر عهده دارد (Bergeret, 2012). هلند و اتحادیه اروپا الگوی شبکه‌محور را با همکاری نزدیک دولت، پژوهش و بخش خصوصی در قالب مثلث طلایی و خوشه‌های نوآوری به‌کار گرفته‌اند که نقش کارگزاران نوآوری در آسانی همکاری‌ها در این الگو برجسته است (Gerlitz, 2012; Klerkx, 2012; Poppe, 2012). استرالیا و هند نظام کشتزارمحور را با محوریت نیازهای کشاورز، شبکه‌های گسترده ترویجی و توسعه فناوری‌های کاربردی متناسب با شرایط محلی پیاده کرده‌اند. در استرالیا از راه مشارکت دولتی-خصوصی در قالب شرکت‌های پژوهش و توسعه و در هند با بهره‌گیری گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباط‌ها برای مدیریت دانش روستایی، ترویج و توسعه فناوری دنبال شده است (Grant, 2012;

(Venkatasubramanian & Mahalakshmi, 2012). در پایان، چین نیز الگوی دولت‌محور راهبردی را با مشارکت فعال شرکت‌های بزرگ فناوری و سرمایه‌گذاری کلان در اولویت‌هایی مانند امنیت غذایی و زیست‌فناوری دنبال می‌کند (Hu, 2012).

با بهره‌گیری از تجربه‌های موفق جهانی و با توجه به ظرفیت‌ها و محدودیت‌های بومی ایران، پیشنهاد می‌شود که نظام نوآوری کشاورزی کشور به صورت کنسرسیوم ملی شبکه‌محور با راهبری دولت و مشارکت کشاورز طراحی شود. در این ساختار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (سازمان تات) به همراه دانشکده‌ها و مرکزهای پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین وزارت جهاد کشاورزی، در قالب یک هیأت امنای مشترک، هسته اصلی کنسرسیوم را تشکیل می‌دهند. راهبری این هسته با هیأت امنا و تأمین بودجه پایه توسط دولت انجام می‌شود، اما همکاری‌ها به صورت شبکه‌ای و با مشارکت فعال بخش خصوصی، شرکت‌های دانش‌بنیان و تشکل‌های کشاورزی سازماندهی شود. این کنسرسیوم با ایجاد پیوند نظام‌مند میان حلقه‌های تولید دانش، انتقال فناوری، بهره‌برداران، بازار و سیاست، ضمن تولید فناوری‌های کاربردی، امکان تجاری‌سازی و انتقال سریع نوآوری به کشتزار را فراهم و مسیر توسعه پایدار کشاورزی در ایران را هموارمی‌کند. برآوردن این هدف نیازمند به‌سازی الگوی حکمرانی، تقویت نهادهای میانجی غیردولتی، گوناگونی منابع مالی، بازنگری اساسی در نظام آموزش و ترویج و افزایش ظرفیت جذب فناوری در سطح تولیدکنندگان است.

منابع

اسدی، علی؛ ملک‌محمدی، ایرج؛ حسینی، سید محمود؛ جعفرنژاد، احمد. (۱۳۸۳). تحلیل عاملی سازه‌های اثربخشی نظام تولید، انتقال و کاربرد فناوری کشاورزی. *فصلنامه علوم کشاورزی ایران، ۳۵*(۴)، ۹۳۳-۹۴۱.

ایران‌نژاد رانکوهی، فریسا؛ میردامادی، سیدمهدی؛ فرج‌اله حسینی، سیدجمال؛ لشگرآرا، فرهاد؛ رضاپناه، محمدرضا. (۱۴۰۰). بیانیه رسالت و چشم‌انداز نظام نوآوری کشاورزی ایران. *تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی*، (پیاپی ۵۶)، ۱-۱۵.

باقری، سید کامران. (۱۳۸۲). *بررسی حلقه‌های مفقوده ارتباط دولت، دانشگاه و صنعت در ایران بر اساس رویکرد نظام نوآوری.* هفتمین کنگره سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت برای توسعه ملی، اصفهان.

باقری‌نژاد، جعفر؛ کسرایی، احمدرضا؛ فرشاد، هومن. (۱۳۹۵). شناسایی و تحلیل مشکلات سیستمی در نظام نوآوری ملی ایران. *فصلنامه نوآوری و ارزش‌آفرینی*، ۵(۱۰)، ۱-۲۴.

بی‌نام. (۱۳۹۷). *عملکرد نظام نوین ترویج کشاورزی و منابع طبیعی.* مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی.

بی‌نام. (۱۴۰۲). *سیمای کشاورزی ایران: ظرفیت‌ها، تولیدات و اطلاعات کشاورزی کشور و استان‌ها در یک نگاه (ویراست سوم).* سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

جوادی، ارژنگ؛ عرب خدری، محمود؛ زند، اسکندر؛ نجفیان، گودرز؛ قربانی نصرآباد، قربان؛ همکاران. (۱۴۰۲). *احصا و اولویت‌بندی فناوری‌های نوین در حوزه‌های مختلف کشاورزی و منابع طبیعی به منظور دستیابی به امنیت غذایی کشور (گزارش نهایی طرح تحقیقاتی).* سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی. ۱۳۸۲. *مجمع تشخیص مصلحت نظام.* برگرفته از: https://maslahat.ir/fa/news/5167/

حسینی روح‌الامین، جمیله‌السادات. (۱۴۰۰). سیر تحول آموزش کشاورزی در مدارس ایران. *مجله دارالفنون*، ۱۵(۴)، ۶۱-۷۶.

حیدرنژاد، ارکیده؛ مقدس فریمانی، شهرام؛ نیک فرجام، حسین؛ موسوی، سیدکریم؛ سیفیلی، رقیه، طهماسبی، مریم؛ قاسمی، جواد؛ مهرورزان، رزیتا. (۱۴۰۱). *طرح کشاورزان آینده (ویراست سوم).* مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی.

حیدری، حسن. (۱۳۸۶). نظام ملی نوآوری به عنوان چارچوبی برای تحلیل نوآوری: رویکردی نظری. *تحقیقات اقتصادی ایران*، ۹(۳۳)، ۱۲۹-۱۶۳.

رعنایی کردشولی، حبیب الله؛ مرتضوی، مهدی. (۱۳۸۹). *مدیریت تحقیقات کشاورزی در ایران: چالش‌ها*. نشر آموزش کشاورزی.

زند، سلیمان؛ صالحی عمرات، ابراهیم؛ کرمخان، زینب. (۱۴۰۳). بررسی تطبیقی دانشگاه نسل پنجم در آموزش عالی ایران (مورد مطالعه: ایران و کشورهای منتخب). *مجله مرکز مطالعات و توسعهٔ آموزش علوم پزشکی یزد*، ۱۹ (۱)، ۷۶۳-۷۷۵.

سازمان همکاری اقتصادی و توسعه. (۱۳۹۷). *پایش و ارزشیابی سیاست‌های کشاورزی در کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) و هشت اقتصاد نوظهور* (ف. عسکری و ر. محمدزاده، مترجمان). وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.

سلطانی، بهزاد؛ حاجی‌حسینی، حجت‌الله؛ آراستی، محمدرضا؛ قاضی‌نوری، سیدسپهر؛ رضوی، محمدرضا؛ شفیعا، محمدعلی؛ منطقی، منوچهر؛ طباطبائیان، سید حبیب‌الله؛ شاوردی، مرضیه. (۱۳۹۶). مروری بر چالش‌های نظام ملی نوآوری ایران و ارائه سیاست‌ها و راهکارهایی برای بهبود. *مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی*، ۷(۲۳)، ۱۸۵-۱۹۸.

سیاست‌های کلی امنیت فضای تولید و تبادل اطلاعات و ارتباطات (افتا). (۱۳۸۲). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی* برگرفته از: https://rc.majlis.ir/fa/law/show/1800084

سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی. (۱۳۸۹). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*. برگرفته از: https://rc.majlis.ir/fa/law/show/79019

سیاست‌های کلی علم و فناوری (نظام آموزش عالی، تحقیقات و فناوری). (۱۳۹۳). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*. برگرفته از: https://rc.majlis.ir/fa/law/show/1800084

سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۶). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*. برگرفته از: https://rc.majlis.ir/fa/law/show/790196

شریف‌زاده، ابوالقاسم؛ حسینی، سیدمحمود؛ کلانتری، خلیل؛ اسدی، علی. (۱۳۸۵). نظام تحقیقات کشاورزی ایران: مسایل و رهیافت‌ها. *روستا و توسعه*، ۹(۳)، ۹۹-۱۳۰.

شریف‌زاده، ابوالقاسم؛ عبدالله‌زاده، غلامحسین؛ شریفی، مهنوش. (۱۳۹۳). آسیب‌شناسی مدیریت تحقیقات و توسعه فناوری کشاورزی در چارچوب نظام نوآوری کشاورزی. *مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۸(۱)، ۷۱-۸۲.

شیرزادگان، علی؛ صفدری رنجبر، مصطفی؛ علیزاده، پریسا. (۱۴۰۴). شناسایی و دسته‌بندی شکست‌های سیستمی در نظام ملی نوآوری ایران. *سیاست‌نامه علم و فناوری*، ۱۵(۱)، ۱۰۳-۱۲۳.

صابری، امیرمسعود؛ نوتاش، محمدرضا؛ جوادی، ارژنگ؛ شهمیرزادی، طیبه؛ بشیری، جواد. (۱۳۹۲). نظام نوآوری بخش کشاورزی (پروژه تحقیقاتی). *سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی*.

ظریفیان، شاپور؛ مصطفوی، سمیه؛ یادآور، حسین؛ شعبانعلی فمی، حسین. (۱۴۰۲). تحلیل کارکردهای نظام نوآوری کشاورزی در توسعه دانش‌بنیان بخش کشاورزی. *روستا و توسعه*، ۲۶(۳)، ۲۷-۵۲.

عسگری بزایه، فاطمه؛ محمدزاده، رویا. (۱۳۹۸). نظام نوآوری کشاورزی و نقش دولت‌ها در توسعه و تقویت آن. *علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی*، ۲(۱)، ۱۹-۳۴.

کاظم، رخساره؛ بختیاری، رضا؛ یحیایی، فریبا؛ مهماندوست، زهراسادات. (۱۴۰۰). *گزارش گروه پژوهشی نظام‌های نوین برنامه‌ریزی، بودجه‌ریزی و مدلسازی (مجموعه گزارش شماره ۷۲)*. مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری.

کمیسیون تدوین و هماهنگی سیاست‌های علم و فناوری. (۱۳۹۶). *سیاست‌ها و اولویت‌های پژوهش و فناوری کشور ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰*. شورای علوم، تحقیقات و فناوری.

ماقبل، روح اله؛ نادری مهدیی، کریم؛ یعقوبی فرانی، احمد؛ محمدی، مهدی. (۱۳۹۶). شناسایی و تبیین استلزامات کارکردی نظام نوآوری فناورانه کشاورزی. *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۳۱(۳)، ۱۹۶-۲۰۶.

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵) *دانشجویان دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی و دانشگاه آزاد اسلامی برحسب گروه‌های عمده رشته تحصیلی*. برگرفته از: https://amar.org.ir/statistical-information/statid/21404

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۸). *کشاورزی ایران در یک نگاه*. برگرفته از: https://amar.org.ir/statistical-information/statid/21656

ملونی، مریم؛ اسفندیاری مقدم، علیرضا؛ حسن‌زاده، محمد؛ بیات، بهروز؛ دزفولیان، حمیدرضا. (۱۳۹۹). زنجیره ارزش تحقیق و توسعه در نظام ملی نوآوری. *فصلنامه مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی*، ۱۲(۴)، ۱-۳۳.

مؤمنی، فرشاد؛ علیزاده، پریسا. (۱۳۹۲). تحلیل موانع نتیجه‌بخشی سیاست‌گذاری نوآوری در ایران از منظر نهادی. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۲(۸)، ۷۳-۸۹.

میرعمادی، سیدایمان. (۱۳۹۸). نظام ملی نوآوری و نقش آن در بهبود سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری. *سیاست علم و فناوری*، ۱۱(۲)، ۱۳۵-۱۵۴.

نوروزی، عفت؛ طباطبائیان، سید حبیب‌الله. (۱۳۹۵). تبیین ضعف‌های نظام ملی نوآوری ایران با رویکرد کارکردگرا. *رهیافت*، ۲۶، (۶۲)، ۳۵-۵۴.

Barrientos-Fuentes, J.C. & Berg, E. (2013). Impact assessment of agricultural innovations: A review. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 120-130.

Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429.

Bergeret, P. (2012). *Responses of the French Agricultural Knowledge System to new agricultural challenges*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 161-182). Paris, France, OECD Publishing.

Cloitre, A., Theodoraki, C. & dos Santos Paulino, V. (2024). Entrepreneurial support organizations in sustainable knowledge-driven ecosystems. *The Journal of Technology Transfer*, 1-25.

Dodgson, M., Gann, D.M. & Phillips, N. (Eds.). (2014). *The Oxford Handbook of Innovation Management*. Oxford University Press.

Edquist, C. (2004). Reflections on the systems of innovation approach. *Science and Public Policy*, 31(6), 485-489.

European Commission. (2016). *A strategic approach to EU agricultural research & innovation*. European Commission - DG Agri. Retrieved from: https://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm?doc_id=16669

FAO. (2018). *FAO's work on agricultural innovation: Sowing the seeds of transformation to achieve the SDGs*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from: http://www.fao.org/3/CA2460EN/ca2460en.pdf

Gerlitz, N. (2012). *The European Union system for health and consumer protection*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 249-258). Paris, France, OECD Publishing.

Glendenning, C.J., Babu, S.C. & Asenso-Okyere, K. (2010). *Review of agricultural extension in India:* Are farmers' information needs being met? (IFPRI Discussion Paper 1048). International Food Policy Research Institute. Retrieved from: https://hdl.handle.net/10568/154873.

Grant, A. (2012). *Australia's approach to rural research, development and extension*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 51-64). Paris, France, OECD Publishing.

Gray, R. (2012). *Intellectual property rights and the role of public and levy-funded research:* Some lessons from international experience. In Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 183-204). Paris, France, OECD Publishing.

Hekkert, M.P., Suurs, R.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S. & Smits, R.E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.

Hu, R. (2012). *China's agricultural innovation system:* Issues and reform. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 63-76). Paris, France, OECD Publishing.

IFPRI. (2019). *Capacity development for agriculture innovation: A practitioners' guidebook to a systems approach*. International Food Policy Research Institute. Retrieved from: https://cd4ais.ifpri.info/what-is-an-agricultural-innovation-system/

Klerkx, L. (2012). *The role of innovation brokers in the agricultural innovation system.* In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (p. 237-245). Paris, France, OECD Publishing.

Li, H. & Zhang, Y. (2024). New quality agricultural productive force in China: The theoretical connotation and implementation path. *Expand. Horizons, 6*, 68.

Minh, T.T. (2019). Unpacking the systemic problems and blocking mechanisms of a regional agricultural innovation system: An integrated regional-functional-structural analysis. *Agricultural Systems, 173*, 268-280.

Muir, J.F. (2012). *Perspectives from the UK foresight global food and farming futures programme.* In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 107-110). OECD Publishing.

Norouzi, A., Sadighi, H., Abbasi, E., Fami, H.S. & Aski, H.M. (2023). Strategic analysis of startup ecosystem in Iran's agricultural sector. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 13(1), 17 p.

OECD. (1999). *Managing National Innovation Systems*. OECD Publishing.

OECD. (2012). *Improving agricultural knowledge and innovation systems:* OECD Conference Proceedings). Paris, France, OECD Publishing.

OECD. (2013). *Agricultural innovation systems: A framework for analysing the role of the government*. OECD Publishing. Retrieved from: https://doi.org/10.1787/9789264200593-en

OECD. (2015). *Agricultural policy monitoring and evaluation 2015*. OECD Publishing. Retrieved from: https://doi.org/10.1787/agr_pol-2015-en

OECD. (2025). *Agricultural productivity and innovation*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved from: https://www.oecd.org/en/topics/agricultural-productivityand-innovation

Pardey, P. G., & Alston, J. M. (2012). *Global and US trends in agricultural R&D in a global food security setting*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 19-40). OECD Publishing.

Pigford, A., Hickey, E.G.M. & Klerkx, L. (2018). Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. *Agricultural Systems*, 164, 116-126.

Poppe, K. (2012). *Agricultural Knowledge and Innovation Systems in transition*: Findings of the SCAR Collaborative Working Group on AKIS. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 41-52). OECD Publishing.

Rajalahti, R., Janssen, W. & Pehu, E. (2007). *Scenario planning to guide long-term investments in agricultural science and technology:* Theory and practice from a case study on India (Agricultural and Rural Development Notes No. 28). World Bank. Retrieved from: http://hdl.handle.net/10986/9546

Rajalahti, R., Woelcke, J. & Pehu, E. (2005). *Development of research systems to support the changing agricultural sector* (Agriculture and Rural Development Discussion Paper 14). World Bank.

Rickne, A. (2000). *New Technology-Based Firms and Industrial Dynamics:* Evidence from the Technological System of Biomaterials in Sweden, Ohio and Massachusetts (Doctoral dissertation). Department of Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology, Göteborg.

Schechtman, M. (2012). *The United States approach for fostering new biological technologies and ensuring their safety*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 257-264).). Paris, France, OECD Publishing.

Venkatasubramanian, V. & Mahalakshmi, P. (2012). *Innovative institutional approaches for Agricultural Knowledge System management in India*. In: Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings (pp. 131-152). OECD Publishing.

World Bank. (2008). *Agricultural innovation systems:* From diagnostics toward operational practices. Agriculture & Rural Development Department, World Bank.

World Bank. (2012). *Agricultural innovation systems:* An investment sourcebook. World Bank Publications. Retrieved from: http://hdl.handle.net/10986/2247.

Wu, G., Wang, Y. & Yao, S. (2024). Impact of agricultural science and technology innovation resources allocation on rural revitalization. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1396129.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):201-224 (2026)

Agricultural Innovation System and Its Challenges in Iran

Zand, E., Daneshian, J.[1], Bazargan, K., Montazer, G. and Ebrahimzadeh Mosavi, S.M.[2]

Agricultural Innovation System (AIS) is an integrated set of elements, processes, and relationships that plays a significant role in enhancing the productivity and sustainability of the agricultural sector by effective transfer and utilization of knowledge and technology. This system includes education and skills in science and technology, research and development, innovation and related activities, scientific and technical services, and administrative and support activities in the field of science and technology. The primary function of the AIS is to address the issues of the agricultural sector and translate them into tangible outcomes, including increased productivity, improved product health, enhanced producer income, and responsiveness to environmental and climatic challenges. Iran's AIS, despite nearly a century of activity and extensive academic and research network, skilled personnel, and significant number of university graduates, faces numerous challenges. These include the absence of a unified and holistic policy-making institution, weaknesses in support systems, evaluation mechanism, international relationships, capacity building of farmers, and the technology transfer network. These issues have led to decreased satisfaction with the system. In this article, while explaining the dimensions and history of Iran's AIS and addressing the strengths and weaknesses of each of its pillars, recommendations for improving the system are presented. These include fostering a holistic perspective, establishing a unified policy-making body, strengthening cross-sectoral collaboration, expanding international relationships, effective mechanisms for technology transfer, allocating financial resources and supporting knowledge-based companies, enhancing private sector participation, and reforming government policies in real needs of the agricultural sector.

Key words: Agriculturaal policies, National inovation system, Productivity, Sustainable development, Technology transfer.

1. Corresponding author's Email: eszand@areeo.ac.ir

2. Professor of Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organisation, Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organisation, Associate Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organisation, Tehran, Professor of Tarbiat Modares University, Professor of Tehran University, Tehran, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۲۲۵ تا ۲۳۸ (۱۴۰۵)

واکاوی وضعیت فرسایش خندقی در ایران و ارتباط آن با تغییر کاربری زمین در بیست و پنج سال گذشته[1]

علی اکبر نظری سامانی[2]، زهرا عبداله‌پور و محمود عرب خدری[3]

چکیده

فرسایش خندقی یکی از شدیدترین شکل‌های تخریب سرزمین است که ارتباط آن با کاربری زمین در سطح کشور به‌صورت مقایسه‌ای بررسی نشده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربری زمین بر گسترش فرسایش خندقی در مقیاس حوزه‌های آبخیز[4] درجه دو تماب در دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ انجام شد. گزینش این مقیاس به‌دلیل نقش محوری حوزه آبخیز در مدیریت فرسایش و نیز دسترسی به داده‌های قابل اتکا انجام شد. موقعیت خندق‌ها با بهره‌گیری‌از تصویرهای پایگاه Google Earth، داده‌های موجود و بازدیدهای میدانی استخراج و سپس با نقشه‌های کاربری زمین در دو دهه همپوشانی شد. برای واکاوی روابط بین فرسایش خندقی و کاربری زمین، رگرسیون گام‌به‌گام بین مساحت مطلق و نسبی فرسایش خندقی و انواع کاربری‌ها اجرا شد. نتایج نشان دادند که در مجموع زمین‌های خندقی‌شده در کشور حدود ۴۴۶۷۳۹۲ هکتار است. در دهه ۱۳۹۰، مساحت کاربری‌های زراعت دیم، زراعت آبی، جنگل و منطقه‌های مسکونی افزایش یافته است. بیشترین مساحت مطلق فرسایش خندقی در هر دو دهه مربوط به کاربری مرتع بود (به ترتیب، ۱۸۶۷۵۱۱ و ۱۷۸۹۹۱۷ هکتار)، اما بر اساس شاخص نسبت تراکمی، بیشترین مقدار فرسایش در حاشیه و بستر آبراهه‌ها و زمین‌های متفرقه (بدون پوشش) مشاهده شد. همچنین رابطه‌ای معنی‌دار بین کاربری زراعت دیم و مساحت مطلق و نسبی فرسایش خندقی به‌دست آمد. نتایج نشان دادند که فرسایش خندقی وابستگی معنی‌داری با نوع کاربری سرزمین دارد. از نظر خسارت و اولویت مدیریتی، دیمزارها، بستر آبراهه‌ها، مرتع تخریب‌شده و زمین‌های بایر (بدون‌پوشش) حساس‌ترین کاربری‌ها بودند و در میان حوزه‌آبخیز درجه دو تماب، حوزه‌آبخیز قره‌قوم بیشترین اولویت مدیریتی را دارند.

واژه‌های کلیدی: تخریب سرزمین، زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع.

مقدمه

فرسایش خندقی یکی از شدیدترین شکل‌های تخریب خاک در مقیاس حوزه‌آبخیز است که نقش مهمی در تولید رسوب و زوال کیفیت سرزمین دارد (Zhang *et al*., 2023). اگرچه فرسایش سطحی و شیاری به‌عنوان مرحله آغازین

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۶/۱۸

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: aknazari@ut.ac.ir

۳- به ترتیب، استاد دانشگاه تهران (عضو وابسته فرهنگستان علوم ج.ا. ایران)، دانشجوی دکتری دانشگاه تهران و استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۴- این نامگذاری از واژه‌نامه فرهنگ نوین کشاورزی و منابع طبیعی جلد دوازدهم، مرتع و آبخیزداری برگرفته شده است.

جدایی و انتقال خاک شناخته می‌شوند، خندق‌ها در مقیاس حوزه آبخیز، بیش از ۵۰٪ از بین رفتن خاک را به خود اختصاص می‌دهند (Valentin *et al*., 2005). به خاطر نرخ زیاد گسترش، پویایی غیرخطی و پیامدهای ژئومورفیک و خسارت‌های اقتصادی گسترده، فرسایش خندقی یکی از کلیدی‌ترین فرایندهای تخریب سرزمین در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک مطرح است (صفاری و همکاران، ۱۳۹۸). با این وجود، شکاف چشمگیری میان شناخت علمی و اجرای اقدام‌های مدیریتی کارا برای کنترل آن همچنان وجود دارد. پیامدهای فرسایش خندقی تنها به تخریب خاک محدود نیست، بلکه با ایجاد تغییرهای گسترده در ساختار و عملکرد سامانه‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک، پایداری زیست‌بوم‌ها را زیر تأثیر قرار می‌دهد. این فرایند با قطعه‌قطعه کردن سیمای‌سرزمین، کاهش رطوبت سطحی و نفوذپذیری، به اُفت مقدار آب خاک و کاهش پایداری پوشش گیاهی می‌شود. پیامدی که به‌طور مستقیم بهره‌وری زمین‌های دیم را محدود می‌کند (Poesen *et al*., 2003; Valentin *et al*., 2005; Castillo & Gómez, 2016). همچنین، با تغییر در ظرفیت نگهداشت آب و تشدید پاسخ هیدرولوژیک حوزه[1]، شرایط را برای تضعیف پوشش گیاهی و کاهش تاب‌آوری زیست‌بوم‌های کشاورزی فراهم می‌کند (Sidle *et al*., 2019). از دید هیدروژئومورفیک، خندق‌ها با اتصال سریع منابع تولید رواناب به شبکه زهکشی، سرعت انتقال رسوب را افزایش و موجب افزایش بار رسوبی پایین‌دست، کاهش عمر مخزن سدها و بسته شدن مجراهای انتقال آب می‌شوند (Prosser & Winchester, 1996; Poesen *et al*., 2003) در سطح اقتصادی-بوم‌شناختی، این فرایند موجب تخریب زمین‌های کشاورزی و مرتعی، آسیب به زیرساخت‌ها و کاهش ارزش زمین شده و سرانجام بهره‌وری سامانه‌های تولیدی را کاهش می‌دهد (Dimal, 2015). شدت و الگوی توسعه خندق‌ها به شدت زیر تأثیر تغییرهای کاربری زمین‌ها قرار دارد. تبدیل پوشش‌های طبیعی به زمین‌های کشاورزی، توسعه زیرساخت‌ها و فشار چرای دام از راه تغییر در ساختار پوشش گیاهی، افزایش رواناب و کاهش پایداری خاک، از عامل‌های اصلی تسریع این فرایند هستند (Hazelton & Clements, 2014; Chen *et al*., 2025). در این میان، دیمزارها، مرتع‌های تخریب‌شده و بستر آبراهه‌ها به عنوان حساس‌ترین واحدهای کاربری شناخته می‌شوند، در حالی‌که پوشش‌های جنگلی به خاطر افزایش نفوذپذیری و تقویت مقاومت خاک، نقش کاهنده در توسعه خندق‌ها دارند (Arikpo, 2024). با وجود اهمیت جهانی این پدیده، در ایران هنوز برآوردهای جامع و یکپارچه از پراکنش و شدت فرسایش خندقی محدود بوده و سطحی از نبود قطعیت در داده‌های موجود مشاهده می‌شود. برآوردهای اولیه نشان می‌دهند که حدود ۱/۴۱ میلیون هکتار از زمین‌های کشور زیر تأثیر این فرایند قرار دارند (Soufi *et al*., 2020)، با این حال، نبود نقشه ملی به‌روزشده و داده‌های سازگار زمانی، امکان واکاوی روندهای مکانی-زمانی و تدوین راهبردهای مدیریتی کارا را محدود کرده است. در نتیجه، با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در شناخت فرایندهای ژئومورفیک خندق‌زایی، همچنان به واکاوی مقایسه‌ای نقش کاربری‌های زمین‌ها در مقیاس ملی و ارتباط آن با پویایی زمانی این پدیده نیاز است. این موضوع ضرورت توسعه بررسی‌های مکانی و آماری یکپارچه برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری در مدیریت پایدار خاک و آب را برجسته می‌کند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سطح کل کشور ایران انجام شد. تهیه و ارزیابی دقیق نقشه پراکنش خندق‌ها بر پایه نتایج بررسی‌های پیشین انجام شد. در مرحله نخست برای شناسایی منطقه‌های زیر تأثیر فرسایش خندقی از راه جستجوهای کتابخانه‌ای و

1. Watershed hydrological response (برگرفته از واژه‌نامه فرهنگ نوین کشاورزی و منابع طبیعی جلد دوازدهم، مرتع و آبخیزداری)

فردی گزارش‌ها، پایان‌نامه‌ها و دیگر منابع مرتبط، آمارهای مورد نیاز فراهم و در طول اجرای این پژوهش به تکمیل آن پرداخته شد. در مجموع نزدیک به ۱۸۱ منبع علمی معتبر ارزیابی شد و با نامه‌نگاری و ارتباط مستقیم با پژوهشگران، استادان و دانشجویان در زمینه فرسایش خندقی، موقعیت مکانی همه منطقه‌های دارای فرسایش خندقی در سطح کشور جمع‌آوری شدند. برای نمونه، با مراجعه به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و صحبت با استادان و پژوهشگران متخصص، وضعیت موجود فرسایش خندقی بررسی و به‌روزرسانی شد. منابع و اطلاعات بر اساس موردهایی همچون وجود کار میدانی در رابطه با خندق در عرصه مورد بررسی و همچنین شدت فرسایش خندقی و خسارت‌های وارده گزینش شدند. همچنین، با بهره‌گیری از اطلاعات نقشه زمین‌شناسی به‌منظور شناسایی سازندهای حساس به فرسایش[1]، نقشه پراکنش فرسایش خندقی بر اساس سازندهای حساس به فرسایش با تفسیر چشمی پایگاه گوگل‌ارث[2] تکمیل شد. فرسایش خندقی پدیده‌ای است که از نظر بُعدها و شکل در منابع مختلف با معیارهای مختلفی تعریف شده است، اما بر پایه بیشتر پژوهش‌ها (احمدی، ۱۳۸۶؛ نظری سامانی، ۱۳۹۶) منظور از خندق، شکل‌های خطی ناشی از فرسایش آبی با وجود بالاکند[3] است که اغلب، نقطه شروع آن در زمین‌های کم شیب رخ می‌دهد. در اصل، برای تهیه نقشه ناهمواری‌های سطح زمین با رعایت اصول کارتوگرافی ، باید بر پایه مقیاس و شاخص کمینه سطح قابل ترسیم[4] عمل شود. در واقع برای تهیه نقشه، دو مفهوم کمینه سطح قابل نمایش روی نقشه و حداقل سطح قابل تشخیص زمین (MLA) و پیوستگی عارضه و پدیده، باید مورد نظر باشد. از آن‌جایی که خندق عارضه طولی است، بنابراین متصل بودن بالاکند و بدنه خندق، ملاک عمل است. همچنین، بر پایه مقیاس مورد نظر (۵۰۰۰۰۰)، مساحت کمتر از ۶۲۵ هکتار روی نقشه قابل نمایش نیست و کمینه فاصله بین دو محدوده چندضلعی[5] دارای فرسایش خندقی باید بیشتر از سه تا پنج میلی‌متر در مقیاس نقشه باشد. در شکل ۱ نقشه به‌روزرسانی شده پراکنش فرسایش خندقی در سطح کشور آورده شده است. یکی از موردهای قوت این بررسی فراگیربودن ان در سطح ایران است و برای همسان‌سازی داده‌ها مدت زمان زیادی صرف به‌روز رسانی و اطمینان از نقشه فرسایش خندقی شد.

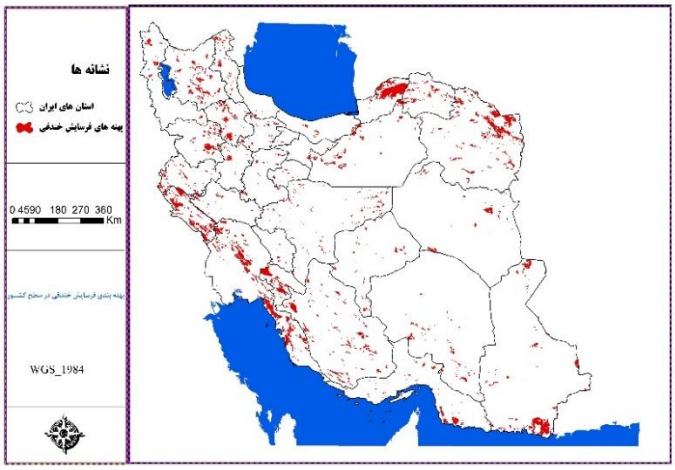
در مرحله بعد، از نقشه‌های کاربری زمین‌های کل کشور مربوط به دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ تهیه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور (۱۳۸۳، ۱۳۹۹)، به‌منظور بررسی تغییرهای کاربری زمین استفاده شد و مقدار تغییر کاربری زمین از دهه ۱۳۸۰ به ۱۳۹۰ بررسی شد. به منظور همسان‌سازی نقشه در دو دهه مورد بررسی همه زمین‌های مرتعی در قالب کاربری مرتع و زمین‌های شور، بدون‌پوشش، دق، سطوح کویری و زمین‌های بایر در قالب زمین‌های متفرقه و بدون پوشش قرار گرفتند. سپس با روی هم‌گذاری لایه کاربری زمین با حوزه آبخیز درجه دو تماب، کاربری زمین‌ها در هر حوزه آبخیز درجه دو تماب در هر دهه مشخص شد. در پایان با روی هم‌گذاری لایه‌های پراکنش فرسایش خندقی و کاربری زمین‌ها، مساحت فرسایش خندقی در هر کاربری در قالب حوزهای آبخیز درجه دو و در هر دهه مشخص شد. باتوجه به این‌که درصد فراوانی نسبی به تنهایی نمی‌تواند برای تعیین اهمیت موضوع به‌کار برده شود، بر پایه شاخص نسبت تراکمی عمل شد (معادله ۱).

معادله ۱

$$\text{نسبت تراکمی} = \frac{\text{درصد مساحت فرسایش خندقی درهر کاربری به مساحت همان کاربری در حوضه درجه دو}}{\text{درصد مساحت نسبی کاربری در هر حوضه درجه دو}}$$

1. Mudstone, Claystone, Marl, Loess and Shale
2. Google Earth
3. Head cut
4. Minimum legible delineation (MLD)
5. Polygon

سپس، رابطه بین کاربری زمین و تغییرهای آن در زمین‌های خندقی‌شده ارزیابی شد و تغییر در زمین‌های خندقی‌شده شناسایی شد. در پایان، ارتباط بین کاربری‌های مختلف و درصد و سطح فرسایش خندقی در حوزه‌آبخیز درجه دو بررسی و مورد واکاوی قرار گرفت. به منظور بررسی رابطه بین کاربری‌های مختلف با مساحت نسبی و مطلق فرسایش خندقی در حوزه‌آبخیز درجه دو از رهیافت تجزیه رگرسیون به روش گام به گام بهره‌گیری شد.



شکل ۱- نقشه به‌روزرسانی‌شده پراکنش فرسایش خندقی (برگرفته از عبداله‌پور، ۱۴۰۵).

نتایج و بحث

وضعیت کاربری زمین‌های کل ایران در دهه‌های ۸۰ و ۹۰

با توجه به جدول ۱، بیشترین کاربری زمین در هر دو دهه ۱۳۸۰ و۱۳۹۰ مربوط به مرتع بوده است. همچنین، در پایان دهه ۹۰، کاربری‌های زراعت دیم، آبی، جنگل و منطقه‌های مسکونی نسبت به دهه ۸۰ افزایش و دیگر کاربری‌های زمین‌های کاهش یافته است. بیشتر تغییرهای کاربری زمین‌ها در ایران ناشی از عامل انسانی (رشد جمعیت و توسعه کشاورزی)، تغییرهای اقتصادی و بی‌ثباتی اقلیمی بوده است. اگرچه مرتع همواره بیشترین سطح کاربری را دارد، اما با فشار بهره‌برداری و تغییر نیازها، بخشی از آن‌ها به زراعت دیم، آبی، جنگل‌های دست‌کاشت و سکونت‌گاه‌ها تبدیل شده‌اند، درحالی‌که دیگر کاربری‌های طبیعی روند کاهشی داشته‌اند.

جدول ۱- وضعیت کاربری زمین‌ها در دهه ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ و تغییرهای آن.

	مساحت کاربری‌ها (هکتار)							
دهه	زمین های بدون پوشش و متفرقه	زراعت دیم	زراعت آبی	جنگل	مرتع	بستر رودخانه‌ها	پهنه‌های آبی	منطقه های مسکونی
دهه ۸۰	۳۲۸۴۲۹۲۲	۱۱۷۲۵۷۰۹/۳۵	۱۲۹۶۸۱۰۲	۱۴۰۰۴۵۷۱	۸۷۴۸۱۰۹۳	۷۲۸۲۴۲	۱۸۰۴۷۲۳	۸۴۱۶۹۵
دهه ۹۰	۲۹۰۴۳۵۱۳	۱۲۸۳۳۷۴۸	۱۵۵۵۳۰۹۰	۱۵۰۴۰۱۰۷	۸۴۸۵۱۶۲۸	۶۸۵۰۶۴	۱۷۶۹۴۹۰	۱۵۸۱۵۶۱
تغییر	کاهش	افزایش	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش	کاهش	افزایش
درصد تغییر	-۱۱/۵۶	۹/۴۴	۱۹/۹۳	۷/۳۹	-۳/۰۰	-۵/۹۲	-۱/۹۵	۸۷/۹۰

بررسی وضعیت کاربری زمین‌های کل ایران در حوزه‌های آبخیز درجه دو تماب در دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰

در دهه ۱۳۸۰ در بیشتر حوزه‌های‌آبخیز درجه دو به جز حوضه‌های تالش انزلی، سفیدرود هراز، قره‌سو و گرگانرود و هراز قره‌سو که بیشترین کاربری به‌صورت جنگل است، کاربری مرتع، غالب است (جدول ۲). همچنین، وضعیت کاربری در هر حوزه آبخیز درجه دو (در دهه ۹۰) در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین مساحت کاربری در بیشتر حوضه‌های درجه دو مربوط به مرتع است، به جز حوضه‌های تالش انزلی، سفیدرود هراز و هراز قره‌سو که بیشترین کاربری به صورت جنگل است. در حوضه کویر لوت زمین‌های بدون پوشش و متفرقه و در حوضه قره‌سو گرگانرود بیشترین کاربری به صورت زراعت آبی است.

جدول ۲- مساحت کاربری زمین (هکتار) در حوزه‌های آبخیز درجه دو در دهه ۱۳۸۰

حوضه درجه دو	کاربری‌ها							
	زمین‌های متفرقه و بدون پوشش	زراعت دیم	زراعت آبی	جنگل	پهنه‌های آبی	مرتع	بستر آبراهه	مسکونی
ابرقو ـ سیرجان	۹۶۲۶۶۲	۲۵۲۸	۳۲۳۱۰۴	۱۸۷۰۹۹	۰	۴۲۲۰۴۷۰	۴۸۳۶	۱۱۸۲۸
اترک	۶۸۳	۵۹۳۲۰۷	۱۹۹۲۱۴	۲۸۰۶۴۷	۵۴۹۳	۱۵۴۵۱۴۵	۳۱۳۲	۷۲۹۹
ارس	۱۰۰۳۸۵	۷۷۷۳۴۰	۴۷۰۷۴۰	۱۴۷۹۶۵	۱۲۳۱۱	۲۴۳۰۳۵۰	۴۲۸۳	۱۵۹۴۴
بلوچستان جنوبی	۱۰۴۱۶۴۱	۲۷۰۹۷۶	۴۹۷۴۵	۷۳۳۵۰	۱۷۱۲۵	۳۳۲۱۸۵۴	۴۷۷۵۶	۳۲۳۲
بندرعباس ـ سدیج	۱۵۵۳۴۶۳	۱۰۰۷	۱۴۲۳۰۶	۳۸۵۷۵۵	۲۹۰۹	۲۲۸۰۹۴۴	۷۹۱۵۹	۲۲۲۹۱
تالش ـ انزلی	۰	۳۷۷۲۰	۲۲۹۳۱۴	۳۴۰۶۷۸	۱۱۸۱۹	۶۴۲۴۹	۲۱۵۲	۱۶۴۰۸
حله	۱۴۸۳۳۹	۲۶۵۵۲۲	۱۲۱۹۱۷	۵۹۸۳۷۹	۳۶۲۹۷	۹۳۰۲۱۳	۷۱۲۸	۱۵۵۲۵
ارومیه	۱۸۱۳۲۰	۱۰۱۱۲۲۱	۶۷۸۰۷۰	۲۴۶۸۲	۴۶۰۹۰۱	۲۷۶۵۷۷۳	۲۵۳۴	۳۲۲۴۱
دریاچه نمک	۷۶۲۰۷۸	۱۳۷۹۹۹۴	۱۵۷۷۴۸۸	۱۴۲۱۴۸	۲۵۳۵۱۶	۴۹۹۱۶۱۸	۱۴۸۹۲	۱۶۶۶۸۶
سفید رود و هراز	۱۳۹۳	۱۱۴۶۰۷	۱۴۷۵۷۷	۵۰۷۵۵۰	۵۹	۲۹۵۳۱۹	۲۶۶۲	۱۹۹۳۶
سفید رود بزرگ	۹۵۶۸۷	۲۰۹۹۰۲۶	۵۰۴۱۵۲	۱۹۹۵۷۳	۴۲۱۸	۲۹۷۹۱۳۳	۲۴۰۱۰	۱۳۴۵۶
طشک ـ بختگان و مهارلو	۶۸۳۷۹	۳۴۶۵۴	۷۱۱۵۵۴	۳۶۲۱۶۴	۱۸۳۳۸۲	۱۷۵۹۷۲۲	۳۶۶۰	۲۱۶۷۶
قره سو و گرگانرود	۱۸۱۵	۳۱۳۴۶۷	۲۶۶۴۰۳	۳۸۹۳۱۹	۷۵۲۴	۳۰۵۰۱۲	۵۵۳	۱۴۳۶۳
قره قوم	۳۰۷۴۵	۱۰۷۶۹۳۶	۵۶۷۴۶۵	۳۱۶۷۷۶	۱۰۵۳	۲۳۷۱۰۶۵	۹۵۳۳	۳۲۰۷۶
کارون بزرگ	۲۵۷۴۰۱	۵۷۲۱۴۸	۱۰۶۶۶۹۸	۱۸۹۰۹۵۶	۴۲۶۹۶	۲۷۱۹۱۱۰	۴۴۵۹۷	۷۳۰۳۱
کرخه	۱۳۲۲۲۰	۹۵۲۲۱۵	۷۲۵۷۷۰	۱۲۲۰۲۸۸	۵۸۳۹۶	۲۰۶۰۰۵۱	۱۳۷۰۵	۲۷۷۶۹
کل ـ مهران	۷۳۵۰۴۸	۱۲۰۸۶	۳۴۷۴۴۶	۹۷۳۸۳۰	۱۹۴۰۹	۴۱۰۳۲۶۱	۶۶۶۵۰	۲۷۰۸۱
کویر لوت	۹۴۵۱۷۰۹	۱۰۰۴۶۰	۲۴۱۰۵۰	۲۵۷۰۳۷	۳۲۲۷	۱۰۵۱۰۸۲۵	۵۷۷۶۴	۱۶۵۲۷
کویر مرکزی	۸۶۶۱۵۶۹	۸۲۳۲۵۲	۱۳۲۸۱۶۳	۶۲۵۳۶۰	۱۰۰۳۱۰	۱۱۰۲۲۵۰۱	۵۴۰۳۷	۳۸۱۱۹
گاوخونی	۸۶۰۴۷۳	۲۲۸۴۳	۴۹۶۷۴۲	۲۸۰۳۶	۵۳۴۹۰	۲۶۰۰۸۶۵	۷۶۷	۸۶۹۱۶
مرزی غرب	۴۷۸۰۰	۳۵۵۰۲۰	۲۱۶۴۰	۱۱۸۴۷۵۱	۵۴۱۰	۲۰۷۷۷۹۲	۲۱۴۶	۹۷۶۷
مند	۳۱۳۸۱۲	۱۲۴۵۱۷	۵۱۵۴۴۰	۸۵۶۶۷۷	۷۲۵۲	۲۹۰۷۰۰۷	۱۲۳	۱۳۰۶۶
نمکزار خواف	۹۵۲۳۹	۱۸۲۷۱۲	۱۳۲۷۲۳	۴۶۲۲۹۰	۸۲	۲۴۱۰۴۰۱	۹۶۱۸	۳۰۹۷
هامون جازموریان	۲۱۳۳۹۶۹	۶۴۱۳	۴۰۳۰۲۲	۳۵۶۲۳۵	۶۹۶۷۱	۳۸۸۳۴۲	۷۲۷۵۳	۷۰۷۲
هامون هیرمند	۱۲۹۷۰۶۰	۲۷۱۹۸	۲۲۷۳۰۰	۱۶۷۰۸۷	۱۹۷۲۰۳	۱۳۹۷۹۰۵	۲۳۳۰۴	۸۰۷۶
هامون مشکیل	۸۲۸۴۲۳	۱۷۰۲	۶۶۴۳۰	۲۲۶۳۲	۱۴۶	۲۶۰۲۴۹۸	۸۹۹۲۶	۳۹۶۸
هراز و قره‌سو	۳۳۹۳	۸۵۹۷۳	۴۴۰۸۵۸	۷۰۷۱۳۵	۶۷۴۹	۵۵۲۸۹۲	۸۶	۳۴۲۱۳
هندیجان - جراحی	۳۶۳۸۵۴	۴۶۴۵۱۷	۳۴۹۵۷۹	۱۰۳۱۰۴۶	۱۷۴۴۲۵	۱۶۴۴۶۸۳	۲۲۹۸۴	۲۵۴۹۸
کویر درانجیر	۱۲۳۸۰۳۱	۱۰۴۹	۳۲۶۷۰۷	۶۸۰۳۱	۰	۳۴۰۲۴۲۵	۵۲۰۴	۳۲۵۰۱
کویر سیاه کوه	۱۴۱۱۰۷۷	۰	۸۱۴۸۸	۱۸۳۰۰۷	۰	۳۱۴۸۴۴۲	۰	۳۵۸۹۲

جدول ۳- مساحت کاربری‌های زمین‌های (هکتار) در حوزه‌های آبخیز درجه دو در دهه ۱۳۹۰.

حوضه درجه دو	کاربری ها							
	زمین های متفرقه و بدون پوشش	زراعت دیم	زراعت آبی	جنگل	پهنه‌های آبی	مرتع	بستر آبراهه	مسکونی
ابرقو ـ سیرجان	۷۸۷۱۸۰	۲۶۱۲۶	۳۸۸۷۹۸	۱۷۶۹۶۱	۸۱۵۹	۴۲۸۳۶۵۸	۱۶۶۸۵	۲۹۳۴۹
اترک	۲۳۶	۴۸۳۳۸۴	۳۸۵۴۵۵	۲۵۲۹۲۰	۱۳۵۴۱	۱۵۱۷۷۷۱	۱۷۲۱	۲۱۴۷۲
ارس	۱۶۰۱۸	۹۱۷۰۲۴	۵۷۴۱۹۷	۱۷۰۶۶۴	۸۲۴۴	۲۲۳۱۸۳۵	۶۲۰۴	۴۴۷۴۲
بلوچستان جنوبی	۱۱۴۷۱۳۶	۱۰۲۹۳	۲۰۷۸۵۹	۲۶۰۱۷۰	۵۲۷۱	۳۲۰۶۱۶۵	۰	۲۶۰۰۰
بندرعباس ـ سدیج	۱۰۸۱۶۵۲	۳۸۳	۲۲۷۸۱۳	۳۵۹۱۴۹	۱۲۸۴۱	۲۶۹۴۲۹۵	۶۶۰۵۸	۳۵۴۰۷
حله	۷۲۹۲۵	۲۷۰۶۶۴	۳۰۲۱۸۶	۵۹۳۰۱۵	۱۸۱۲۸	۸۱۶۱۲۶	۹۲۹۰	۳۶۱۰۳
ارومیه	۲۸۵۹۰۲	۱۲۴۴۸۴۴	۷۵۷۰۱۵	۱۱۵۷۱	۲۷۹۸۵۸	۲۴۹۶۶۳۴	۱۵۲۴۴	۹۳۰۷۵
تالش- انزلی	۶۴۳	۱۰۴۵۹	۱۶۰۹۴۹	۳۷۱۹۶۷	۲۲۵۸۷	۹۲۳۰۵	۳۴۴	۲۱۷۸۸
دریاچه نمک	۴۵۴۰۱۹	۱۴۶۸۸۲۲	۱۹۱۶۶۱۴	۲۰۷۵۰۵	۱۹۴۹۷۴	۴۷۲۳۰۶۲	۱۷۵۰۴	۲۶۳۱۴۴
سفید رود و هراز	۱۰۰۴	۴۵۱۲۳	۱۵۷۰۸۴	۶۰۵۶۵۶	۳۰۲۹	۲۳۹۸۳۶	۱۲۶۷	۳۷۰۸۰
سفید رود بزرگ	۱۸۵۵۰	۲۴۸۲۵۲۹	۴۲۱۹۰۳	۲۸۱۵۸۱	۰	۲۶۳۰۳۱۴	۲۰۰۹۸	۴۹۰۷۳
طشک ـبختگان ومهارلو	۳۳۳۸۷	۲۷۱۸۹۹	۶۴۹۲۳۲	۵۶۳۴۴۶	۱۵۸۴۴۲	۱۴۱۹۵۹۳	۵۸۴۹	۵۱۸۲۰
قره سو و گرگانرود	۱۰۹۵	۸۱۳۸۶	۴۹۶۵۱۸	۴۳۶۹۵۰	۶۵۸۸	۲۵۶۲۱۹	۱۶۷۲	۲۹۴۸۴
قره قوم	۲۰۰۴۵	۹۵۸۹۰۵	۶۷۲۸۱۰	۲۰۷۷۶۵	۳۳۲۴	۲۴۱۵۳۱۰	۸۹۷۱	۶۵۷۳۷
کارون بزرگ	۲۸۷۶۲	۶۷۴۳۶۷	۱۱۶۸۲۶۸	۱۷۲۸۱۸۳	۴۵۶۷۲	۲۸۲۸۵۹۲	۴۶۸۱۷	۱۰۱۲۵۹
کرخه	۷۱۲۱۹	۱۱۶۶۹۸۴	۸۸۷۴۸۱	۱۲۲۹۴۶۶	۸۷۱۳۳	۱۶۵۰۴۸۶	۱۱۹۴۵	۵۹۵۹۴
کل ـ مهران	۴۶۳۳۲۹	۷۶۹۶۴	۴۳۱۷۲۲	۸۷۹۸۷۰	۱۱۰۰۵	۴۲۹۹۵۹۳	۶۳۰۲۲	۵۶۳۳۶
کویر لوت	۱۰۵۰۵۰۰۴	۱۴۹۰۵۳	۲۸۸۷۶۳	۴۱۷۷۰۶	۳۲۹۹	۹۰۹۰۸۰۵	۱۱۴۸۹۲	۲۹۸۵۵
کویر مرکزی	۷۵۵۷۸۹۳	۷۰۱۴۹۳	۱۶۵۸۳۰۲	۷۸۹۳۹۹	۲۶۹۱۹۷	۱۱۵۳۸۶۴۸	۳۲۸۱۰	۷۴۱۶۱
گاوخونی	۳۵۵۰۵۶	۱۲۸۷۵۳	۶۰۴۷۴۸	۰	۵۲۸۶۰	۲۸۶۰۰۴۹	۴۴۶۳	۸۸۵۰۱
مرزی غرب	۱۰۷۹۹	۵۳۴۱۸۴	۲۳۵۱۲۶	۱۱۶۲۰۸۳	۱۰۱۵۶	۱۹۳۵۲۵۵	۷۳۴۷	۳۱۷۱۶
مند	۷۳۸۴۱	۳۱۵۴۸۱	۴۹۵۶۰۰	۹۴۹۳۱۲	۴۳۲۹	۲۸۶۶۸۹۱	۳۵۰۷۷	۳۱۸۹۴
نمکزار خواف	۱۱۱۲۵۸	۲۱۲۹۳۸	۱۷۷۰۵۸	۴۴۶۹۶۸	۳۷۲	۲۲۹۴۲۶۳	۴۰۱۳	۱۱۳۱۵
هامون جازموریان	۱۳۵۶۸۱۳	۱۷۱۸۷	۴۱۵۳۰۳	۶۴۲۳۳۲	۸۶۸۷۷	۴۳۵۰۲۰۲	۹۰۴۲۰	۲۶۳۵۹
هامون هیرمند	۹۰۷۱۴۱	۱۵۳۶۳	۲۳۳۳۵۸	۸۳۷۲۱	۹۴۶۹۱	۱۹۹۴۷۰۷	۶۷۷۱	۲۰۱۵۴
هامون مشکیل	۷۰۷۴۹۴	۲۹۷۲۱	۶۲۲۴۹	۱۲۸۰۸۴	۱۱۳۴	۲۶۶۸۴۳۴	۲۴۶۱۰	۱۴۴۳۲
هراز و قره‌سو	۴۱۲۹	۹۲۳۶۶	۳۷۶۴۶۷	۷۶۵۸۷۹	۱۶۰۰۹	۵۱۰۹۲۳	۲۳۰۹	۵۵۸۳۵
هندیجان - جراحی	۱۶۷۱۴۱	۴۳۳۷۹۶	۶۶۸۱۷۴	۹۶۹۸۶۳	۱۶۳۰۲۵	۱۵۹۵۲۱۸	۱۹۴۵۳	۴۹۱۹۰
کویر درانجیر	۱۱۰۲۴۷۶	۱۰۵۸۱	۳۷۴۱۵۵	۱۱۱۷۲۵	۱۲۷۳	۳۳۸۲۳۹۴	۲۱۵۳۰	۴۸۱۴۸
کویر سیاه کوه	۱۶۴۶۰۱۵	۰	۱۱۳۷۸۶	۱۷۲۱۱۸	۵۵۱۸۴	۲۸۴۳۲۹۸	۳۴۱۴	۴۶۱۴۳

بررسی پراکنش خندق‌ها در کاربری‌های مختلف زمین در حوزه‌های آبخیز درجه دو تماب در دهه ۱۳۸۰

در جدول ۴ نتایج ترکیب لایه کاربری در سال ۱۳۸۰ در حوزه آبخیز درجه دو تماب و سطح فرسایش خندقی آورده شده‌است. در بیشتر حوضه، بیشترین مساحت فرسایش خندقی مربوط به کاربری مرتع (با مساحت ۲۵۹۹۳۶۹/۷۹) است، درحالیکه در حوضه‌های بندرعباس-سدیج، هامون هیرمند، هامون جازموریان و کویر سیاه‌کوه بیشترین مساحت فرسایش خندقی مربوط به زمین‌ها بدون پوشش و متفرقه است.، همچنین، در حوضه‌های سفیدرود و قره‌قوم زراعت دیم بیشترین مساحت فرسایش خندقی را دارد.

جدول ۴- مساحت فرسایش خندقی (هکتار) در هر کاربری زمین‌ها در دهه ۱۳۸۰ در حوزه‌های آبخیز درجه دو تماب.

حوضه درجه دو	مساحت فرسایش خندقی (هکتار) در کاربری‌های مختلف								
	زمین های متفرقه و بدون پوشش	زراعت دیم	زراعت آبی	جنگل	پهنه‌های آبی	مرتع	بستر آبراهه	مسکونی	مساحت کل فرسایش خندقی
ابرقو ـ سیرجان	۵۰۳۹	۰	۲۳۴۵	۱۱۹۷	۰	۱۸۷۹۱	۳۰۸	۰	۲۷۶۸۲
اترک	۰	۷۱۸۵۰	۴۶۴۸	۷۸۲۸	۲۱	۳۱۳۲۹۴	۶۵۵	۲۳۹	۳۹۸۵۴۰
ارس	۱۴۵۴	۱۸۷۱۱	۹۰۴	۰	۱۰	۷۵۵۰۲	۰	۸	۹۶۵۹۳
بلوچستان جنوبی	۲۲۹۲۸	۸۰۵۶	۱۱۸	۱۵۴۳	۳۶۵۹	۵۸۰۰۳	۳۶۱	۰	۹۴۶۷۰
بندرعباس ـ سدیج	۶۹۸۱۷	۰	۱۷۹۴	۲۲۵۸۲	۰	۵۱۴۷۵	۱۵۲۱	۰	۱۴۷۱۹۰
حله	۶۹۸۱۷	۰	۱۷۹۴	۲۲۵۸۲	۰	۵۱۴۷۵	۱۵۲۱	۰	۲۷۳۸۶۶
ارومیه	۲۹۵۹۵	۳۶۹۱۵	۳۱۸۴	۷۲۰۶۹	۹۳	۱۳۱۳۲۴	۳۹۱	۲۹۲	۱۰۴۳۶۰
دریاچه نمک	۱۵۱۷۹	۹۹۱۱	۱۳۳۴۱	۹۲۰	۶۴۲	۶۸۱۳۰	۱۴۱۰	۹۷	۱۰۹۶۳۳
رودخانه‌های بین سفید رود و هراز	۰	۱۲۶۵	۱۱۲	۶۴۱	۰	۶۳۳۱	۰	۱۲	۸۳۶۴
سفید رود بزرگ	۱۳۲۴۱	۱۶۸۲۶۳	۱۱۵۵۱	۶۰۲	۸	۱۴۸۵۲۹	۶۴	۱۸۴	۳۴۲۴۶۷
طشک ـ بختگان و مهارلو	۵۸۴	۰	۳۷۸۰	۱۳۸	۰	۶۹۵۳	۰	۰	۱۱۴۵۶
قره سو و گرگانرود	۰	۸۷۷۳۷	۱۸۰۷	۳۰۳۶۵	۴۷	۱۸۱۰۷۳	۰	۵۹۹	۳۰۱۶۳۲
قره قوم	۱۳۱۷	۱۴۳۰۲۴	۵۱۴۶	۴۴۷۳	۴۲	۳۱۹۹۶۲	۳۳۹	۱۳	۴۷۴۳۲۰
کارون بزرگ	۰	۴۸۴۸۵	۹۹۹	۱۶۷۸۰	۲۶	۱۰۰۰۶۵	۰	۳۳۱	۱۶۶۶۸۹
کرخه	۱۷۴۷	۲۸۳۵۹	۴۴۷۴	۵۴۵۹۱	۰	۱۱۰۲۶۴	۲	۴۲	۱۹۹۴۸۲
کل ـ مهران	۱۹۰۰۸	۴	۳۵۸۵	۴۱۷۱	۰	۷۶۰۵۰	۱۴۴	۱	۱۰۲۹۶۶
کویر لوت	۴۱۱۹۳	۱۵۲۰	۱۸۲۹	۳۶۲	۰	۵۳۲۴۶	۰	۱۵۱	۹۸۳۰۴
کویر مرکزی	۱۳۱۴۸۱	۲۱۲۶۷	۹۰۱۱	۲۳۲۴۶	۰	۱۴۴۴۰۳	۳۲۸	۸	۳۲۹۷۴۷
گاوخونی	۱۸۲۷	۰	۱۵۹۶	۰	۰	۶۴۶۹	۰	۵۶	۹۹۵۰
مرزی غرب	۳۸۴۴	۱۶۹۳۸	۹۶۵۸	۵۴۷۰۸	۱۲	۳۳۳۷۲۹	۱۲	۳۴۲	۴۱۹۲۴۶
مند	۱۰۹۲۱	۲۲۱۲	۴۴۳۲	۲۱۰۵۴	۰	۱۱۷۴۵۲	۵۸۸	۹۲	۱۵۶۷۵۴
نمکزار خواف	۱۵۶	۲۲۵۱	۲۰۳۸	۱۲۴۸	۰	۵۰۶۱۸	۳۹	۳۴	۵۶۳۸۷
هامون جازموریان	۵۲۵۱	۰	۳۱۲۷	۸۹	۰	۴۹۱۵	۰	۰	۱۳۳۸۳
هامون هیرمند	۳۰۵۷۱	۰	۰	۰	۱۲۴۹۲	۱۳۵۷	۸۸	۰	۴۴۵۱۱
هراز و قره‌سو	۰	۷۷۰	۵۴۸	۲۸۰۸	۰	۲۰۲۱۳	۰	۲	۲۴۳۴۲
هندیجان - جراحی	۹۲۰۱	۲۸۰۴۹	۱۹۰۷	۲۴۴۳۶۱	۰	۱۲۶۸۴۶	۴۱۹	۳۷۹	۴۱۱۱۶۵
کویر درانجیر	۷۳۷۰	۰	۰	۰	۰	۸۸۰۱	۰	۸	۱۶۱۷۹
کویر سیاه کوه	۱۴۵۹۲	۰	۶۸۲	۴۵۸	۰	۱۴۰۸۶	۰	۸۹	۲۹۹۱۰

بررسی پراکنش خندق‌ها در کاربری‌های مختلف زمین در حوزه‌های آبخیز درجه دو تماب در دهه ۱۳۹۰

در دهه ۹۰ نیز در بیشتر حوزه‌های آبخیز بیشترین مساحت فرسایش خندقی مربوط به کاربری مرتع (با مساحت ۲۶۰۶۷۷۵/۷۲ هکتار) است (جدول ۵). درحوضه بلوچستان جنوبی بیشترین مساحت فرسایش خندقی مربوط به زمین‌ها بدون پوشش و متفرقه است و در حوضه سفیدرود، زراعت دیم بیشترین مساحت فرسایش خندقی را دارد. افشاری (۱۳۹۸) در ارزیابی نقش تغییرهای کاربری زمین‌ها بر توسعه فرسایش خندقی حوضه درب‌خزینه (خوزستان) به این نتیجه دست یافت که بیشترین فرسایش در زمین‌های مرتعی با پوشش ضعیف نسبت به مرتع با پوشش متوسط بوده

است. گیگلو و قاسمیه (۱۳۹۸) در بررسی تأثیر ویژگی‌های حوضه، نوع کاربری و ژئومورفولوژی بر گسترش خندق در حوضه قوری‌چای بیان نمودند که بیشترین گسترش فرسایش خندقی در کاربری مرتع بوده است.

جدول۵- مساحت فرسایش خندقی (هکتار) در هر کاربری زمین در دهه ۹۰ در حوضه‌های درجه دو تماب.

مساحت فرسایش خندقی (هکتار) در کاربری‌های مختلف									
حوضه درجه دو	زمین های متفرقه و بدون پوشش	زراعت دیم	زراعت آبی	جنگل	پهنه‌های آبی	مرتع	بستر آبراهه	مسکونی	مساحت کل فرسایش خندقی
ابرقو-سیرجان	۴۲۷۷	۱۴	۴۳۶	۵۲۱	۰	۲۱۴۳۳	۹۸۴	۶	۲۷۶۷۴
اترک	۹۷	۱۰۲۵۹۳	۲۲۲۳۳	۱۸۶۴۶	۲۸۰	۲۵۲۲۴۹	۴۷۶	۷۸۵	۳۹۷۳۶۲
ارس	۲۳۰	۳۱۶۳۶	۱۱۷۳	۶۴	۰	۶۴۰۲۹	۱۸۱	۴۰	۹۷۳۵۷
بلوچستان جنوبی	۴۵۴۹۲	۱۲۹	۶۶۰۶	۷۹۲۰	۲۳۵	۳۵۵۴۷	۳۰	۵۵	۹۶۰۱۸
بندرعباس-سدیج	۴۸۳۵۱	۰	۳۸۹۰	۹۲۲۵	۱۲	۸۵۹۳۳	۱۳۳۲	۱۴۱	۱۴۸۸۸۸
حله	۱۰۰۳۸	۶۱۶۶۸	۱۴۶۷۶	۷۲۳۰۹	۱۰	۱۱۳۶۲۵	۱۰۸۷	۷۸۰	۲۷۴۱۹۵
ارومیه	۶۶	۴۳۰۴۳	۲۹۷۲	۶	۰/۷۷	۵۸۶۸۸	۴۰	۴۱	۱۰۴۸۵۹
دریاچه نمک	۶۳۱۹	۱۸۳۲۲	۱۰۶۸۳	۳۸۷۲	۵۱	۶۹۴۲۰	۸۱۲	۳۵	۱۰۹۵۱۸
سفید رود و هراز	۶۹۸	۳۶۹	۳۲۸	۲۵۳۷	۰	۴۴۱۲	۰	۲۶	۸۳۷۲
سفید رود بزرگ	۶۷۲	۱۸۸۷۹۶	۷۹۴۰	۱۳۳۲	۱۲	۱۴۲۹۰۴	۵۵۳	۶۳۴	۳۴۲۸۴۸
طشک ـ بختگان و مهارلو	۳۸۳	۲۰۵۲	۱۴۸۲	۲۰۶	۰	۷۰۸۲	۱۸۴	۷۴	۱۱۴۶۵
قره سو و گرگانرود	۷	۶۳۷۴۴	۴۴۰۶۳	۴۳۹۷۰	۵۸۷	۱۴۸۳۰۸	۷	۲۱۰۰	۳۰۲۷۸۹
قره قوم	۶	۱۰۵۲۲۶	۴۳۰۹۵	۴۰۵۸	۵۸	۳۱۷۸۵۰	۲۲۳	۴۶۵	۴۷۰۹۸۵
کارون بزرگ	۴	۳۵۰۱۵	۲۴۲۰۴	۲۴۱۵۳	۳۲۲	۸۱۴۶۷	۴	۱۱۵۴	۱۶۶۳۲۶
کرخه	۸۰۷	۳۸۴۸۶	۶۸۳۶	۵۸۴۸۶	۱۳۰	۹۳۸۱۶	۱۷	۴۳۸	۱۹۹۰۱۹
کل-مهران	۴۳۰	۱۸۴۱	۲۴۷۹	۱۸۴۹۴	۳	۷۹۷۱۷	۴۲۹	۸	۱۰۳۴۰۶
کویر لوت	۴۴۱۸۷	۳۱۲۸	۱۳۲۰	۹۳۸	۰	۴۶۲۱۵	۲۱۲۸	۱۷۹	۹۸۱۰۰
کویر مرکزی	۱۲۱۲۲۸	۹۶۰۱	۲۱۲۸۲	۲۵۳۸۶	۰	۱۵۱۱۰۹	۲۳۲	۱۰۰	۳۲۸۹۴۲
گلوخونی	۴۰۵	۰	۱۶۱۹	۰	۰	۷۶۵۷	۲۴۲	۱	۹۹۲۷
مرزی غرب	۱۳۰	۲۵۲۶۹	۱۱۲۴۱	۶۶۸۹۸	۰	۳۱۲۵۴۷	۲۰۸	۶۶۸	۴۱۶۹۶۳
مند	۵۰۴۷	۶۵۵۳	۳۸۲۲	۲۵۱۷۴	۰	۱۱۶۱۳۴	۵۴۴	۲۱	۱۵۷۲۹۹
نمکزار خواف	۴۵۵	۳۱۷۷	۱۶۶۸	۱۲۵۱	۰	۴۹۳۳۴	۳۲	۳۲۷	۵۶۲۴۶
هلمون جازموریان	۱۳۴۰	۵۶۱	۱۵۱۹	۸۱۷	۰	۹۱۴۰	۳۲	۰/۱۸	۱۳۴۱۰
هلمون هیرمند	۱۰۲۷۴	۰	۰	۰	۳۰۲	۳۳۸۵۲	۱۴	۰	۴۴۴۴۳
هراز و قرمسو	۵۶۳۰	۰	۰	۰	۱۶۵	۱۸۵۵۱	۷	۰	۲۴۳۵۶
هندیجان-جراحی	۲۷۲	۲۹۶۱۲	۶۷۶۱	۱۰۳۹۴۷	۰	۲۶۹۲۰۴	۰	۸۶۲	۴۱۰۶۶۰
کویر درانجیر	۷۷۶۹	۰	۰	۱۱	۰	۸۲۳۳	۱۳۱	۰	۱۶۱۴۴
کویر سیاه کوه	۲۰۳۶۲	۰	۷۰۰	۴۰۶	۰	۸۳۰۵	۰	۳۳	۲۹۸۰۸

ضریب نسبت تراکمی فرسایش خندقی در کاربری‌های مختلف زمین‌ها در دهه ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰

به دلیل ایجاد خطای ناشی از مقایسه داده‌های مطلق برای تعیین تأثیرگذاری کاربری سرزمین و همچنین اولویت‌بندی حوزه‌آبخیز درجه دو نیاز است تا بر اساس شاخص ترکیبی همچون شاخص نسبت تراکمی عمل شود. با وجود این‌که بر پایه شاخص مساحت مطلق بیشترین خندق‌ها در زمین‌های مرتعی شناسایی شدند، در هر دو دهه ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ بر پایه شاخص نسبت تراکمی فرسایش خندقی، کاربری‌های بسترآبراهه و بایر و زمین‌های متفرقه (شامل زمین‌های شور، زمین‌های پست بیابانی بدون پوشش گیاهی و دارای نمک‌های بسیار زیاد، شکل‌های مختلف زمین‌های ماسه‌ای، دق‌های

رسی در حاشیه کویر و زمین‌های بدون پوشش) در بیش از ۵۰٪ حوزه‌آبخیز به‌عنوان کاربری‌های تأثیرگذار شناخته شدند. کاربری‌هایی مانند بسترآبراهه و زمین‌های بایر به‌دلیل نبود پوشش گیاهی و مناسب بودن شرایط، بیشترین تراکم فرسایش خندقی را به خود اختصاص داده‌اند و نیاز به توجه و مدیریت سریعتری دارند. این یافته نشانگر این است که بسیاری از خندق‌های موجود در ایران در زمین‌های حاشیه و کنار رودخانه‌ها تشکیل یافته‌اند و قابلیت انتقال سریع رسوب را دارند. بر پایه بررسی‌های انجام شده، خندق‌های کناری یکی از فعالترین بخش‌های فرسایش خندقی هستند و سهم بسیار زیادی در تولید رسوب دارند، به‌طوری که در برخی از منطقه‌ها، مقدار رسوب تولیدی آن‌ها چندین برابر دیگر خندق‌ها گزارش شده است (Shi *et al*., 2022; Vanmaercke *et al*., 2016). برپایه پژوهش‌های انجام‌شده نقش خندق‌های کناری در تولید رسوب شش برابر دیگر انواع خندق‌ها است. بنابراین، تخریب خاک و رسوب آن‌ها در کمترین زمان، تحویل شبکه زهکش می‌شود و موجب افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها و در نتیجه ته‌نشست بیشتر رسوب در مخزن‌های آبی پایین‌دست خواهندشد. نتایج پژوهش اسدی نلیوان و همکاران (۱۴۰۲) نیز نشان دادند که در میان انواع کاربری‌ها، مسیل‌ها، مرتع فقیر و کاربری کشاورزی، دارای بیشترین حساسیت فرسایش خندقی هستند. این درحالی است که منطقه‌های جنگلی دارای کمترین مقدار حساسیت به این فرسایش بوده‌اند.

تغییر کاربری زمین‌ها در منطقه‌های خندقی شده از دهه ۱۳۸۰ به ۱۳۹۰ و تشکیل ماتریس انتقال

تغییر کاربری زمین یکی از عامل‌های مهم و کارا در رخداد فرسایش خندقی می‌باشد. در یک بررسی، کاربری زمین‌ها را به عنوان عامل اصلی فرسایش خندقی در منطقه‌های نیمه‌گرمسیری مطرح کردند (Li *et al*., 2021). پژوهشگران دیگر نیز تغییر کاربری را بسیار مهمتر از دیگر عامل‌ها در گسترش خندق‌ها می‌دانند (Galang *et al*., 2007; Grace 2004). برای تعیین نقش مدیریت کاربری زمین بر مساحت خندقی‌شده، از ماتریس انتقال کاربری زمین‌ها بهره‌گیری شد. همان‌گونه که در جدول ۶ مشخص است در منطقه‌های خندقی‌شده، بیشترین مساحت تغییرکاربری در دهه ۱۳۸۰ به ۱۳۹۰ مربوط به کاربری مرتع به زراعت دیم و تغییر کاربری جنگل به زراعت دیم و مرتع و همچنین زراعت دیم به مرتع بوده است. دلیل درصد زیاد زراعت دیم به مرتع، وجود خطا و نبود تشخیص و تفسیر درست داده‌های ماهواره‌ای است که بسیاری از زمین‌های دیم رهاشده، مرتع در نظر گرفته شده‌است. شادفر و صوفی (۱۴۰۴) در بررسی دلیل گسترش فرسایش خندقی و خسارت‌های ناشی از آن در ایران بیان کردند که در مقایسه کاربری‌های قدیم و جدید که در منطقه‌های خندقی رخ داده است، ۵۵٪ از خندق‌ها در اثر تغییر کاربری مرتع به زراعت دیم ایجاد شده‌اند. پرخطرترین تغییر کاربری از نظر شروع یا تشدید فرسایش خندقی، تبدیل بستر آبراهه‌ها و پهنه‌های آبی به زمین‌های متفرقه و بدون پوشش است. این منطقه‌ها به‌دلیل تمرکز طبیعی جریان آب، حتی با درصد مساحت کم، خطر خندقی بسیار زیادی دارند. دومین سطح خطر مربوط به تبدیل زراعت آبی و مرتع به زمین‌های بدون پوشش است. نرخ زیاد تبدیل پهنه‌های آبی به مرتع (۶۰/۳۷٪)، نشان از خشک شدن تدریجی منابع آبی دارد. بنابراین، انتظار می‌رود بیشتر خندق‌ها در حاشیه آبراهه‌ها، پهنه‌های آبی خشک‌شده و زمین‌های دارای مرتع‌های تخریب‌شده متمرکز باشند.

بررسی همبستگی بین فرسایش خندقی و کاربری زمین

رابطه بین کاربری‌های مختلف با مساحت نسبی و مطلق فرسایش خندقی در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ در حوزه‌آبخیز درجه دو از رهیافت رگرسیون‌گیری به روش گام به گام در سطح معنی‌داری ۵٪ بررسی شد. در میان کاربری‌ها، رابطه بین

کاربری زمین‌های دیمزار و مساحت مطلق و نسبی فرسایش خندقی معنی‌دار شده است که فاکتورهای خطای استاندارد و ضریب تبیین در جدول ۷ و ضریب‌های مدل در جدول ۸ آورده شده‌اند.

جدول ۶- درصد تغییر کاربری از دهه ۱۳۸۰به دهه ۱۳۹۰.

کاربری ۹۰ / کاربری ۸۰	زمین های متفرقه و بدون پوشش	زراعت دیم	جنگل	زراعت آبی	پهنه آبی	مرتع	بستر آبراهه	منطقه مسکونی	جمع
زمین های متفرقه و بدون پوشش	۵۱/۰۲	۲/۷۹	۳/۹۹	۱/۷۵	۰/۰۴	۳۹/۶۱	۰/۶۸	۰/۱۱	۱۰۰/۰۰
زراعت دیم	۰/۷۴	۵۶/۳۸	۳/۰۸	۱۴/۱۰	۰/۱۱	۲۵/۱۲	۰/۱۱	۰/۳۵	۱۰۰/۰۰
جنگل	۰/۷۵	۴/۱۱	۷۵/۱۴	۱/۳۲	۰/۰۰	۱۸/۴۲	۰/۱۶	۰/۰۹	۱۰۰/۰۰
زراعت آبی	۲/۴۷	۲۲/۰۶	۲/۸۹	۳۰/۸۷	۰/۰۲	۴۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۵۱	۱۰۰/۰۰
پهنه آبی	۳۴/۷۲	۰/۶۵	۲/۲۸	۰/۵۶	۱/۳۹	۶۰/۳۷	۰/۰۰	۰/۰۳	۱۰۰/۰۰
مرتع	۳/۲۹	۱۱/۶۰	۵/۷۵	۲/۹۸	۰/۰۲	۷۶/۰۴	۰/۲۰	۰/۱۱	۱۰۰/۰۰
بستر آبراهه	۹/۵۳	۶/۴۶	۴/۱۳	۱۱/۴۲	۰/۴۴	۵۱/۰۰	۱۶/۹۱	۰/۱۱	۱۰۰/۰۰
منطقه مسکونی	۲/۸۹	۱۷/۹۷	۶/۵۱	۱۲/۱۵	۰/۰۲	۲۳/۴۹	۰/۰۵	۳۶/۹۱	۱۰۰/۰۰
جمع	۷/۳۹	۱۷/۰۲	۱۴/۲۰	۵/۰۲	۰/۰۴	۵۵/۸۸	۰/۲۷	۰/۱۸	۱۰۰/۰۰

جدول ۷- شاخص‌های آماری حاصل از رابطه بین مساحت مطلق و نسبی خندق‌ها و درصد زمین‌های دیمزار در دهه ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰.

مدل (رگرسیون گام به گام)	خطای استاندارد	ضریب تبیین	معنی‌داری
مساحت مطلق خندق‌ها ۱۳۸۰	۸۹۸۷۰/۹۶	۰/۳۰	۰/۰۰۲
مساحت نسبی خندق‌ها ۱۳۸۰	۲/۸۰	۰/۳۰	۰/۰۰۲
مساحت مطلق خندق‌ها ۱۳۹۰	۹۱۷۷۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۰۰۴
مساحت نسبی خندق‌ها ۱۳۹۰	۲/۸۶	۰/۲۷	۰/۰۰۴

جدول ۸- ضریب‌های رگرسیون مساحت مطلق و نسبی خندق‌ها و درصد زمین‌های دیمزار در دهه‌های ۱۳۸۰ و۱۳۹۰.

مدل	پارامترهای مدل	ضریب مدل	ضریب خطای استاندارد
۱	(ثابت)	۵۴۳۸۹/۷۱	۲۴۴۸۹/۴۶
	مساحت مطلق خندق‌ها ۱۳۸۰	۶۱۳۹۵۶/۶۱	۱۸۰۲۹۳/۹۶
۲	(ثابت)	۱/۶۹	۰/۷۶
	مساحت نسبی خندق‌ها ۱۳۸۰	۱۹/۱۵	۵/۶۲
۳	(ثابت)	۶۳۹۱۰/۷۲	۲۳۶۸۷/۵۰
	مساحت مطلق خندق‌ها ۱۳۹۰	۵۴۱۸/۹۷	۱۷۳۲/۲۲
۴	(ثابت)	۱/۹۹	۰/۷۴
	مساحت نسبی خندق‌ها ۱۳۹۰	۰/۱۶	۰/۰۵

با توجه به ضریب خطای استاندارد رگرسیون، مقدار آن در دهه ۱۳۸۰ حدود ۱۰۰ برابر دهه ۱۳۹۰ است. از اینرو، با توجه به زیاد بودن خطا، تفسیرها بر اساس الگوی حاصل از داده‌های دهه ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج نشان دادند که برای هر دو متغیر مساحت مطلق و مساحت نسبی خندق‌ها، متغیر زمین‌های دیمزار، معنی‌دار است و نتیجه ضریب‌های مدل‌سازی رگرسیونی در جدول ۸ نشان داده شده است. بر پایه نتایجه با افزایش ۱٪ مساحت کاربری دیمزار در مقیاس حوزه آبخیز درجه دو، مقدار مساحت مطلق و نسبت مساحت فرسایش خندقی به‌ترتیب ۶۹۳۲۹/۶۹ هکتار و ۲٪ افزایش خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

واکاوی مکانی-زمانی تغییر کاربری زمین و ارزیابی کمّی خطر فرسایش خندقی در سطح کشور، از محورهای اساسی در تدوین راهبردهای مدیریت پایدار منابع طبیعی و حفاظت از سرمایه‌های خاک و آب در حوزه‌آبخیز به شمار می‌رود. یافته‌های پژوهش حاضر به روشنی نشان می‌دهند که الگوهای ناپایدار بهره‌برداری از عرصه‌های طبیعی، به ویژه گسترش فزاینده زمین‌های دیمزار و کاهش پوشش مرتعی نه تنها تعادل هیدرولوژیک و پایداری مکانیکی خاک را مختل می‌کند، بلکه با افزایش ضریب رواناب و کاهش نفوذپذیری، بستر فیزیکی لازم برای شکل‌گیری و توسعه خندق‌ها را تشدید کرده است. مقایسه کاربری زمین‌ها دو دهه ۸۰ و ۹۰ نشانگر این است که افزایش مساحت کاربری‌های دیمزار، زراعت آبی، جنگل و منطقه‌های مسکونی، بیشتر از راه تبدیل زمین‌های مرتعی و جنگلی صورت پذیرفته که این موضوع بیانگر روند نگران‌کننده تخریب سرزمین است. اگرچه کاربری مرتع در دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰، به‌ترتیب با مساحت‌های ۱۸۶۷۵۱۱/۱۱ و ۱۷۸۹۹۱۷/۹۵ هکتار، بیشترین سطح مطلق زیر تأثیر فرسایش خندقی را به خود اختصاص داده است، واکاوی شاخص نسبت تراکم فرسایش خندقی، نشان داد که کاربری‌های حساستری مانند بستر آبراهه و زمین‌های متفرقه، از آسیب‌پذیری نسبی بسیار بیشتری برخوردارند، به‌گونه‌ای که حتی با وجود وسعت محدود، استعداد زیادی برای وقوع و گسترش شدید فرسایش خندقی دارند. بنابراین، اولویت‌بندی اقدام‌های تنها بر اساس وسعت کاربری، گمراه‌کننده بوده و باید شاخص تراکم نیز در برنامه‌های حفاظت خاک در نظر گرفته شود. وجود رابطه معنی‌دار و مستقیم بین زراعت دیم و افزایش مساحت (مطلق و نسبی) فرسایش خندقی است که لزوم بازنگری در سیاست‌های توسعه این نوع کشاورزی در سرزمین‌های حساس را آشکار می‌کند. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فرسایش خندقی پدیده‌ای است که به‌طور کامل وابسته به نوع کاربری زمین است و تغییرهای در پوشش زمین می‌تواند به‌عنوان عامل تشدیدکننده عمل کند. گسترش خندق‌ها از یک‌سو موجب تخریب و زوال خاک می‌شود و از سوی دیگر، به دلیل تغییر سیمای سرزمین و تکه تکه شدن آن موجب از دسترس خارج شدن بخش وسیعی از زمین و همچنین تسریع تخلیه مقدار آب خاک آن می‌شود، به طوری که بر پایه بررسی‌های انجام شده، خندق‌ها مقدار آب خاک را تا محدوده ۲۰ متری پیرامون خود زیر تأثیر قرار می‌دهند. در حقیقت، از یک‌سو زمین‌ها کشت‌پذیر کاهش می‌یابند و از سوی دیگر در زمین‌ها باقی‌مانده نیز به‌دلیل تخلیه مقدار آب خاک ، مقدار تولید کاهش می‌یابد. همچنین، فرسایش خندقی با کاهش معنی‌دار مقدار آب خاک در زمین‌های دیم و مرتعی، موجب تشدید خشکی خاک، تضعیف پوشش گیاهی و کاهش ظرفیت تولید این زیست‌بوم‌ها می‌شود، به طوری که اثر این پدیده در دیمزارها، به دلیل وابستگی مستقیم تولید به آب ذخیره‌شده در خاک، محسوستر و مخربتر است. همچنین در زمین‌های آبیزار نیز با تخلیه سریعتر رطوبت خاک نیاز به آبیاری بیشترخواهد شد. بنابراین، برای ارزیابی درجه آسیب‌پذیری به فرسایش خندقی، سطح گسترش خندق‌ها در کاربری‌های کشاورزی و دیمزار از مهمترین شاخص‌های ارزیابی پایداری حوزه‌آبخیز است. بنابراین، برای کاهش روند تخریب، تدوین و اجرای سیاست‌های آمایشی جامع در سطح ملی و حوضه‌ای، تغییر الگوی کشت در منطقه‌های آسیب‌پذیر، احیا و حفاظت فعال مرتع‌ها و جنگل‌ها و اعمال مدیریت یکپارچه حوزه‌آبخیز با تأکید بر کنترل رواناب و تثبیت خندق‌های موجود، ضروری است. یافته‌های بررسی حاضر، با ارائه چارچوبی بر پایه شاهدهای مکانی و آماری، می‌تواند پایه‌ای برای برنامه‌ریزی‌های کلان منابع طبیعی و تصمیم‌سازی در راستای افزایش تاب‌آوری سرزمین و نیل به هدف‌های توسعه پایدار قرارگیرد. پیشنهاد می‌شود با توجه به اثر کاربری زمین بر فرسایش خندقی، الگوسازی پیش‌بینی فرسایش خندقی در سناریوهای مختلف تغییر کاربری انجام

شود و همچنین بررسی تأثیر ترکیب عامل‌های طبیعی و انسانی بر فرسایش خندقی بررسی شود. از آن‌جائی‌که بررسی جاری بر پایه به‌روز رسانی و یکپارچه کردن پژوهش‌ها و بررسی های گذشته است بنابراین در عمل، نیاز است تا برای به‌دست آوردن سطح و نقشه دقیق فرسایش خندقی در آینده برنامه پایش این شکل حاد فرسایش خاک مورد توجه قرار گیرد.

منابع

احمدی، حسن. (۱۳۸۶). *ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول*، فرسایش آبی. انتشارات دانشگاه تهران.

اسدی نلیوان، امید؛ رابط، علیرضا؛ وکیلی تجره، فرزانه؛ رمضانی، مرضیه؛ مومنی، محمد؛ حیدری، کهزاد. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی حساسیت فرسایش خندقی با استفاده از مدل‌هایANN ، CART وRF. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۵ (۲)، ۱۵۵–۱۷۱.

افشاری، مریم. (۱۳۹۸). *ارزیابی نقش تغییرات کاربری زمین‌ها بر توسعه فرسایش آبکندی حوضه در خزینه مریم*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور. (۱۳۸۳). *نقشه پوشش گیاهی ایران*.

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور. (۱۳۹۹). *نقشه پوشش گیاهی ایران*.

شادفر، صمد و صوفی، مجید. (۱۴۰۴). علت‌های گسترش فرسایش خندقی و خسارت‌های ناشی از آن در ایران. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۸۳–۹۷.

صفاری، امیر؛ کرم، امیر؛ شادفر، صمد؛ احمدی، مهدی. (۱۳۹۸). تأثیر ویژگی‌های خاک بر مورفولوژی و گسترش فرسایش خندقی: مطالعه موردی حوضه رودخانه مهران، لامرد، فارس. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۸(۱)، ۱۳۰–۱۴۶.

عبداله‌پور، زهرا. (۱۴۰۵). *ارزیابی ریسک فرسایش خندقی بر پایه یادگیری ماشین*. رساله دکتری، دانشگاه تهران.

فریدگیگلو، بهنام؛ قاسمیه، هدی. (۱۳۹۸). *تأثیر خصوصیات حوضه، نوع کاربری و ژئومورفولوژی بر گسترش خندق*. مجموعه مقالات چهاردهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ارومیه.

نظری سامانی، علی اکبر. (۱۳۹۶). *بررسی مکانیسم‌های مؤثر در فرسایش خندقی به‌منظور تعیین آستانه‌های توپوگرافی، رواناب و سهم رسوب ناشی از آن*. رساله دکتری، دانشگاه تهران.

Arikpo, J.J. (2024). The influence of human activity and environmental factors on gully erosion. *INOSR Experimental Sciences*, 13(1), 80–85.

Chen, Y., De Geeter, S., Poesen, J., Matthews, F., Campforts, B. *et al*. (2025). Global patterns of gully occurrence and their sensitivity to environmental changes. *International Soil and Water Conservation Research*, 14(1), Article, 100572.

Castillo, C. & Gómez, J.A. (2016). A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches. *Earth-Science Reviews*, 160, 300–319.

Dimal, Mary O.L. (2015). Integrating participation in estimating soil's economic value. International *Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 1–9.

Galang, M.A., Markewitz, D., Morris, L.A. & Busselli, P. (2007). Land use change and gully erosion in the Piedmont region of South Carolina. *Journal of Soil and Water Conservation*, 62, 122–129.

Grace, J.M. (2004). Soil erosion following forest operations in the Southern Piedmont of central Alabama. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59, 180–185.

Hazelton, P. & Clements, A. (2014). *Urban soil and the challenges of restoring natural ecosystems*. In: Urban soils and their management (pp. 203–210). Springer.

Li, M., Li, T., Zhu, L., Meadows, M.E., Zhu, W. & Zhang, S. (2021). Effect of land-use change on gully erosion density in the black soil region of Northeast China from 1965 to 2015: A case study of Kedong County. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Article 684625.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., & Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. *Catena*, 50(2–4), 91–133.

Prosser, Ian P. & Winchester, Sally J. (1996). History and processes of gully initiation and development in Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 105, 91–109.

Sidle, R.C., Jarihani, B.K., Salim L.I., Koci, J. & Al-Shaibani, A. (2019). Hydrogeomorphic processes affecting dryland gully erosion: Implications for modelling. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(1), 46–64.

Shi, Q., Wang, W. & Guo, M. (2022). Headcut erosion characteristics revealed through simulated rainfall and scouring experiments in the gully region of the Loess Plateau. *Journal of Soil and Water Conservation*, 77(2), 172–183.

Soufi, M., Bayat, R. & Charkhabi, A. (2020). Gully erosion in Iran: Characteristics, processes, causes, and land use. In: *Gully erosion studies from India and surrounding regions* (pp. 357–368). Springer.

Valentin, C., Poesen, J. & Li, Y. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, 63(2–3), 132–153.

Vanmaercke, M., Poesen, J., Van Mele, B., Demuzere, M., Bruynseels, A. *et al*. (2016). How fast do gully headcuts retreat? *Earth-Science Reviews*, 154, 336–355.

Zhang, S., Guo, M., Liu, X., Chen, Z., Zhang, X., Xu, J.Z. & Han, X. (2023). Historical evolution of gully erosion and its response to land-use change during 1968–2018 in the Mollisol region of Northeast China. *International Soil and Water Conservation Research*, 11(4), 703–715.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):225-238 (2026)

Analysis of the Gully Erosion Status in Iran and its Relationship with Land Use Changes Over the Past Twenty Five Years

Nazari Samani, A.A.,[1] Abdollahpour, Z. and Arab Khedri, M.[2]

Gully erosion is among the most severe forms of land degradation. Yet at large spatial scales, its relationship with land-use patterns has rarely been assessed, using a comparative approach. This study evaluated the effects of different land-use types on gully erosion expansion across second-order basins of the Iranian Water Resources Research Organization during the 2000s and 2010s. This scale was selected because of the critical role of watersheds in erosion management and the availability of reliable spatial datasets. Gully locations were identified using Google Earth imagery, existing databases, and field surveys, and were overlaid with land-use maps for both decades. Stepwise regression analysis was applied to examine the relationships between absolute and relative gully erosion areas and land-use categories. The results showed that the total updated gully-eroded area in Iran reached approximately 4.47 million hectares. During the 2010s, the extent of dryland farming, irrigated agriculture, forests, and residential areas increased. In both decades, rangelands contained the largest absolute gully erosion area, covering 1867511 ha in the 2000s and 1789917 ha in the 2010s. However, based on the concentration ratio index, the highest erosion intensity occurred in river margins, stream channels, and miscellaneous lands. A significant positive relationship was identified between dryland farming and both absolute and relative gully erosion areas. Overall, the findings confirm a strong dependence of gully erosion on land-use type. Dryland farming areas, stream channels, degraded rangelands, and barren lands were recognized as the most vulnerable land uses, while the Qareh-Qom watershed was identified as the highest management priority among Iran's second order basins.

Key words: Dryland farming, Irrigated agriculture, Land degradation, Rangeland.

1. Corresponding author's Email: aknazari@ut.ac.ir

2. Professor of University of Tehran (Associate member of Academy of Seiences of I.R. Iran), Ph.D. Student of University of Tehran and Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, respectively.

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه‌های ۲۳۹ تا ۲۵۰ (۱۴۰۵)

ارزیابی نقش تاج‌پوشش در احیای جنگل‌های بلوط زاگرس بر پایه الگوی استقرار زادآوری طبیعی [1]

احمد حسینی[2و3]

چکیده

جنگل‌های بلوط زاگرس در دهه‌های گذشته به دلیل فشارهای انسانی، تغییرهای اقلیمی و کاهش تاج‌پوشش با افت شدید زادآوری طبیعی روبه رو شده‌اند. زادآوری طبیعی یکی از فرایندهای بنیادی در پایداری و تداوم بوم‌نظام‌های جنگلی است که نقش تعیین‌کننده‌ای در تجدید نسل و حفظ ساختار جنگل‌ها دارد. هدف پژوهش حاضر، واکاوی الگوی استقرار زادآوری طبیعی و ارزیابی نقش عامل‌های زیست‌بومی به‌ویژه تاج‌پوشش بر موفقیت استقرار دانهال‌ها[4] و همچنین بررسی امکان به‌کارگیری این الگو در اقدام‌های احیایی است. پژوهش حاضر دستاورد یک طرح پژوهشی پنج‌ساله در جنگل‌های دالاب استان ایلام در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ است، که در هشت رویشگاه در سه وضعیت توپوگرافی انجام شد. در مرحله نخست، الگوی استقرار زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی با بهره‌گیری از آماربرداری‌های میدانی بررسی شد و در مرحله بعد، بذرکاری گونه‌های بلوط ایرانی[5]، بنه[6]، کیکم[7] و ارژن[8] بر اساس الگوی به‌دست‌آمده در موقعیت‌های ریززیستگاهی مختلف اجرا شد. برپایه نتایج، بیشترین تراکم زادآوری طبیعی و دست‌کاشت در زیر تاج درختان و در دامنه‌های شمالی با ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد. همچنین، موفقیت استقرار دانهال‌ها در فضاهای باز و بدون پوشش بسیار کمتر از دیگر موقعیت‌ها بود. همخوانی الگوی زادآوری طبیعی و زادآوری دست‌کاشت نشان‌داد که الگوبرداری از فرایندهای طبیعی و استقرار بذر در موقعیت‌های دارای پناه زیست‌بومی می‌تواند موفقیت برنامه‌های احیایی را افزایش دهد. در مجموع، به‌کارگیری رویکرد احیایی بر پایه تاج‌پوشش و ناهمگنی مکانی در مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس ضروری است. بر این اساس حفاظت از تاج‌پوشش موجود، کنترل چرای دام و اجرای بذرکاری هدفمند در زیر تاج درختان به‌عنوان راهکارهای اصلی احیای جنگل‌های بلوط زاگرس است.

واژه‌های کلیدی: احیای جنگل، بذرکاری، بلوط ایرانی، جنگل‌های زاگرس، ریززیستگاه، زادآوری طبیعی.

مقدمه

جنگل‌های زاگرس یکی از مهمترین بوم‌نظام‌های جنگلی ایران هستند که بخش عمده‌ای از آن‌ها را گونه بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد. این جنگل‌ها افزون بر نقش کلیدی در حفاظت خاک، تنظیم رواناب و پایداری طبیعت، از نظر

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۶/۱۸

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: ahmad.phd@gmail.com

۳- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام.

4. Seedlings 5. *Quercus brantii* Lindl. 6. *Pistacia atlantica* Desf. 7. *Acer monspessulanum* L. 8. *Amygdalus scoparia* Spach

زیست‌بومی و اجتماعی-اقتصادی نیز اهمیت زیادی دارند و به‌عنوان سیستم حفاظتی در منطقه‌های غربی کشور شناخته می‌شوند (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲). در دهه‌های اخیر، این جنگل‌ها زیر تأثیر مجموعه‌ای از عامل‌های انسانی و طبیعی از جمله چرای دام، بهره‌برداری بی‌رویه، آتش‌سوزی‌های پی در پی، تغییر کاربری زمین و تغییرهای اقلیمی، با روندی از تخریب ساختاری و کاهش تراکم تاج‌پوشش روبه رو شده‌اند (معیری و همکاران، ۱۳۸۷؛ حسینی، ۱۳۸۹). بررسی‌های گوناگونی نشان داده‌اند که تغییرهای اقلیمی، خشکسالی‌های پی در پی و فشارهای انسانی از مهمترین عامل‌های تضعیف پایداری و ظرفیت باززایی جنگل‌های نیمه‌خشک جهان به شمار می‌روند (Allen *et al*., 2010; Carnicer *et al*., 2011). کاهش تاج‌پوشش به‌عنوان یکی از پیامدهای اصلی این تخریب‌ها، موجب تغییر در شرایط ریزاقلیم کف جنگل، افزایش تنش گرمایی و کاهش رطوبت خاک شده و در نهایت فرایند زادآوری طبیعی را با اختلال جدی روبه رو کرده است (حسینی، ۱۳۸۹). بررسی‌های گوناگون نشان داده‌اند که موفقیت زادآوری طبیعی در جنگل‌های نیمه‌خشک به شدت زیر تأثیر عامل‌های رویشگاهی مانند ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه و به‌ویژه ساختار تاج‌پوشش قراردارد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Barbeito *et al*., 2007; Frey *et al*., 2007). در این میان، تاج‌پوشش درختان با تعدیل تابش خورشیدی، کاهش تبخیر، افزایش رطوبت نسبی و ایجاد پناهگاه ریززیستگاهی، نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار و بقای دانهال‌ها دارد (حسینی، ۱۳۸۹؛ Lhotka & Loewenstein, 2008). این پدیده در نوشته‌های زیست‌بومی با عنوان اثر پرستاری[1] شناخته می‌شود که در آن درختان و پوشش‌های چوبی موجود با ایجاد شرایط مناسب ریزاقلیمی، استقرار و بقای دانهال‌ها را آسان می‌کند (Gomez-Aparicio *et al*., 2004; Padilla & Pugnaire, 2006).

باوجود اجرای گسترده طرح‌های جنگل‌کاری و بذرکاری در جنگل‌های زاگرس، موفقیت این اقدام‌ها محدود بوده است. یکی از دلیل‌های اصلی این ناکامی، توجه ناکافی به الگوهای طبیعی استقرار زادآوری و ناهمگنی مکانی شرایط رویشگاهی است؛ به‌طوری که در بسیاری از موردها، کاشت‌ها به‌صورت یکنواخت و بدون در نظر گرفتن ریززیستگاه‌های مناسب انجام شده‌اند (حسینی و اعظمی، ۱۳۹۶). از این‌رو، شناخت الگوی طبیعی استقرار زادآوری و عامل‌های مؤثر بر آن می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای احیای موفق جنگل مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف‌های **۱**- واکاوی الگوی استقرار زادآوری طبیعی در جنگل‌های بلوط زاگرس، **۲**- بررسی نقش عامل‌های زیست‌بومی، به‌ویژه تاج‌پوشش، در موفقیت استقرار دانهال‌ها و **۳**- ارزیابی موفقیت بذرکاری بر اساس الگوی طبیعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پژوهش حاضر در جنگل‌های حفاظت‌شده دالاب واقع در استان ایلام، در غرب ایران انجام شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). این منطقه بخشی از رویشگاه‌های جنگلی زاگرس بوده و بیشتر پوشش آن، بلوط ایرانی است. به‌منظور بررسی الگوی استقرار زادآوری طبیعی و ارزیابی موفقیت بذرکاری گونه‌های بومی، هشت رویشگاه جنگلی در

1. Nurse effect

شرایط توپوگرافی مختلف انتخاب شدند. بر پایه ترکیب جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا، رویشگاه‌های مورد بررسی در سه وضعیت رویشگاهی طبقه‌بندی شدند. وضعیت اول، شامل سه رویشگاه در دامنه‌های شمالی با ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، وضعیت دوم، شامل دو رویشگاه در دامنه‌های جنوبی با ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و وضعیت سوم، شامل سه رویشگاه در دامنه‌های شمالی با ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بود. تمامی رویشگاه‌ها دارای شکل غالب بلوط ایرانی بودند و دیگر گونه‌های درختی و درختچه‌ای با فراوانی محدود در آن‌ها حضور داشتند و در توده‌های مورد بررسی، هر دو حالت زادآوری دانه‌زاد و شاخه‌زاد وجود داشت.

بررسی الگوی استقرار زادآوری طبیعی

در بخش نخست پژوهش، الگوی استقرار زادآوری طبیعی گونه‌های درختی و درختچه‌ای بررسی شد. بدین منظور، در هر رویشگاه یک نوار خطی[1] پایه در جهت عمود بر شیب دامنه استقرار یافت. سپس بر اساس روش نزدیک‌ترین همسایه، موقعیت‌های ریزیستگاهی (موقعیت‌های استقرار زادآوری) در فاصله بیشینه ۲۰ متری از دو سوی نوار شناسایی و انتخاب شدند. موقعیت‌های ریزیستگاهی شامل زیر و پناه تاج درختان، زیر و پناه تاج درختچه‌ها، زیر تاج بوته‌ها، کنار سنگ‌ها و فضاهای باز و بدون تاج‌پوشش بودند. در این بررسی، نوار خطی تنها به‌عنوان پایه‌ای برای انتخاب واحدهای نمونه‌برداری مورد استفاده قرارگرفت. طول نوار در هر رویشگاه ثابت نبود و متناسب با تراکم پوشش چوبی و امکان دسترسی به تمامی موقعیت‌های ریزیستگاهی تعیین شد. هر یک از موقعیت‌های ریزیستگاهی سه تکرار داشت. در تیمار زیر تاج درختان، برای هر گونه درختی سه اصله انتخاب شد و در چهار سوی اصلی تاج هر درخت، چهار قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۱۵ مترمربع مستقر شد (Montagnini *et al*., 1997). سپس از داده‌های حاصل از چهار قطعه نمونه هر درخت میانگین‌گیری و هر درخت به عنوان یک واحد آزمایشی درنظر گرفته شد. در دیگر تیمارها نیز سه درختچه، سه بوته، سه سنگ و سه فضای باز، انتخاب و برای هر مورد یک قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۱۵ مترمربع با مرکزیت بن گیاه یا مرکز سنگ، اجرا شد. آماربرداری دانهال‌ها در قطعه‌های نمونه ثابت و همیشگی در فصل‌های بهار و تابستان دو سال نخست پژوهش انجام شد. در هر قطعه‌نمونه، شمار دانهال‌ها شمارش شد. در این بخش، تیمارهای آزمایشی شامل فصل آماربرداری، شرایط رویشگاهی و موقعیت ریزیستگاهی بودند.

ارزیابی موفقیت بذرکاری بر اساس الگوی استقرار طبیعی

در سال سوم پژوهش، برای ارزیابی توانایی کاربرد الگوی استقرار طبیعی در برنامه‌های احیایی، بذرهای چهار گونه چوبی بومی شامل بلوط ایرانی، بنه، کیکم و ارژن از منطقه مورد بررسی جمع‌آوری شدند. پیش از کاشت، بذرهای بنه، کیکم و ارژن به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شدند، در حالی که از بذرهای بلوط ایرانی بدون هیچ‌گونه تیمار پیش‌کاشتی استفاده شد. بذرکاری در همان رویشگاه‌ها و موقعیت‌های ریزیستگاهی شناسایی‌شده در بخش نخست پژوهش، انجام‌شد. در تیمار زیر تاج درختان، در چهار سوی اصلی تاج هر درخت، در هر سوی تاج، سه چاله کاشت حفر شد. چاله نخست در فاصله یک سوم شعاع تاج از بن درخت، چاله دوم در فاصله دو سوم شعاع تاج و چاله سوم در لبه خارجی سایه‌انداز تاج قرار گرفت. در سایر موقعیت‌های ریزیستگاهی، چاله‌های کاشت در پیرامون آن‌ها ایجاد شدند. در هر چاله سه بذر از هر گونه کاشت شد تا

1. Transect

احتمال تندش و استقرار دانهال افزایش یابد. در سال‌های چهارم و پنجم پژوهش، بازدیدهای دوره‌ای در فصل‌های بهار و تابستان انجام شد و شمار چاله‌های دارای دانهال روییده، شمار دانهال‌های حاصل از تندش بذر و مقدار استقرار دانهال‌ها به تفکیک گونه و موقعیت ریززیستگاهی ثبت شد.

واکاوی آماری

هر دو بخش پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شدند. عامل‌های مورد بررسی شامل شرایط رویشگاهی (سه وضعیت توپوگرافی)، موقعیت ریززیستگاهی (پنج سطح) و فصل آماربرداری (بهار و تابستان) بودند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات در نرم‌افزار Excel سازماندهی شد. متغیرهای مورد ارزیابی شامل شمار دانهال‌های طبیعی روییده، شمارچاله‌های دارای دانهال رویش‌یافته و شمار دانهال‌های حاصل از بذرکاری بودند. در پایان برای بررسی اثر عامل‌های مختلف بر زادآوری طبیعی و موفقیت بذرکاری، از تجزیه واریانس مرکب در قالب الگوی خطی عمومی (GLM) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ بهره‌گیری شد. معنی‌داری اثرهای اصلی و برهمکنشی عامل‌ها بررسی شد و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال آماری ۵٪ انجام شد.

نتایج

الگوی کلی استقرار زادآوری طبیعی

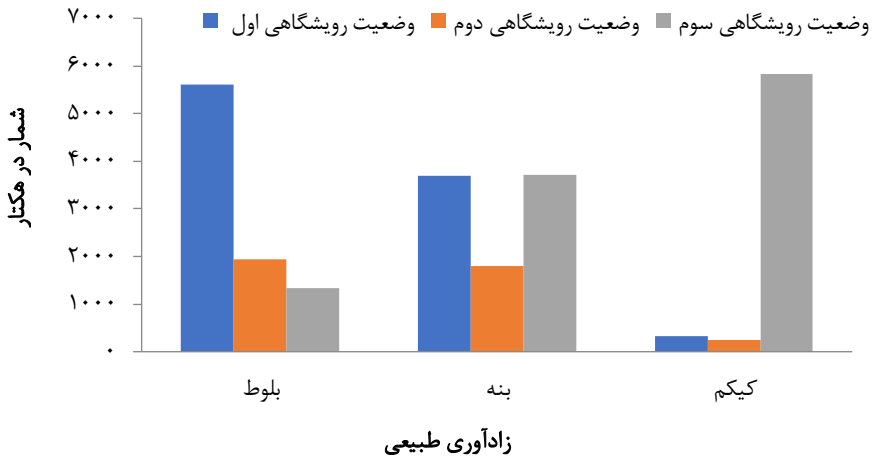
نتایج بررسی‌ها نشان دادند که استقرار زادآوری طبیعی در جنگل‌های مورد بررسی، دارای الگوی ناهمگن و وابسته به موقعیت ریززیستگاهی است. در مجموع، بیشترین تراکم زادآوری در موقعیت‌های دارای پوشش تاجی مشاهده شد، در حالی که فضاهای باز و بدون پوشش، کمترین مقدار استقرار دانهال را نشان دادند. به طور کلی، ترتیب استقرار زادآوری در کل رویشگاه‌ها به صورت زیر تاج درختان > زیر درختچه‌ها > زیر بوته‌ها > کنار سنگ‌ها > فضاهای باز بود. به هر حال، این الگو در برخی از شرایط رویشگاهی تفاوت‌های اندکی نشان داد و گاهی ترتیب درختچه‌ها، بوته‌ها و سنگ‌ها جابه‌جا می‌شدند. این الگو هم در زادآوری طبیعی و هم در زادآوری دست‌کاشت مشاهده شد و نشانگر نقش پایدار عامل‌های ریززیستگاهی در موفقیت استقرار دانهال‌ها است.

تأثیر شرایط رویشگاهی بر استقرار زادآوری

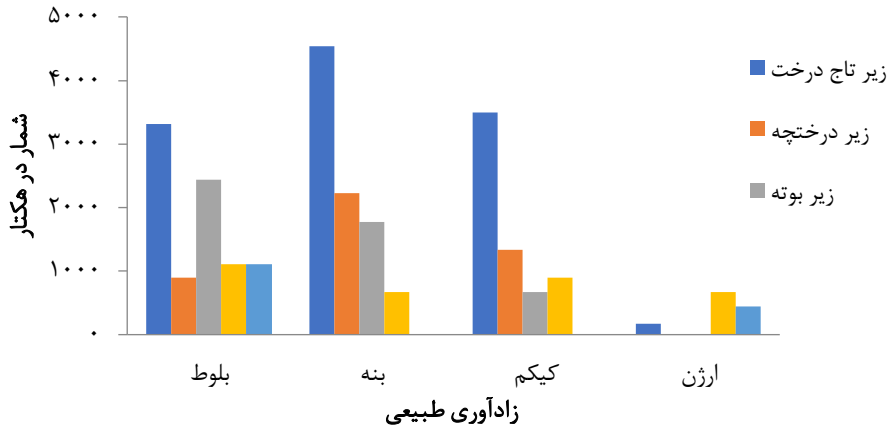
مقایسه بین دامنه‌های شمالی و جنوبی نشان داد که دامنه‌های شمالی شرایط مساعدتری برای استقرار زادآوری دارند. در این دامنه‌ها تراکم دانهال‌ها در اغلب موقعیت‌های ریززیستگاهی بیشتر از دامنه‌های جنوبی بود (شکل ۱). این تفاوت در موقعیت‌های دارای پوشش تاجی به ویژه در موقعیت زیر تاج درختان برجسته‌تر بود، در حالی‌که در فضاهای باز، هر دو دامنه دارای تراکم زادآوری بسیار کم بودند. این الگو نشانگر نقش رطوبت بیشتر و تنش گرمایی کمتر در دامنه‌های شمالی است. همچنین ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری بر الگوی استقرار زادآوری طبیعی نشان داد (شکل ۱). در ارتفاع پایین‌تر، تراکم زادآوری بلوط ایرانی به‌طور چشمگیری بیشتر از ارتفاع‌های بالاتر بود. در ارتفاع‌های بالاتر، کاهش ژرفای خاک، افزایش شیب و شدت فرسایش موجب محدود شدن استقرار دانهال‌ها شد. در مقابل، در ارتفاع‌های پایین‌تر شیب دامنه ملایم‌تر، شرایط خاکی و رطوبتی مناسب‌تر و استقرار زادآوری موفق‌تر بود.

نقش موقعیت‌های ریززیستگاهی

بررسی موقعیت‌های مختلف ریززیستگاهی نشان داد که ریززیستگاه‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت زادآوری دارند. بیشترین مقدار استقرار دانهال در زیر تاج درختان مشاهده شد. در مقابل، فضاهای باز به تقریب کمترین یا در برخی از گونه‌ها استقرار نیافتن زادآوری را نشان دادند (شکل ۲). موقعیت‌های زیر درختچه و زیر بوته شرایط میانی را از نظر تراکم زادآوری به خود اختصاص دادند. این یافته‌ها بیانگر نقش کلیدی سایه در حفظ رطوبت خاک، کاهش تنش گرمایی و افزایش موفقیت استقرار دانهال‌ها است.



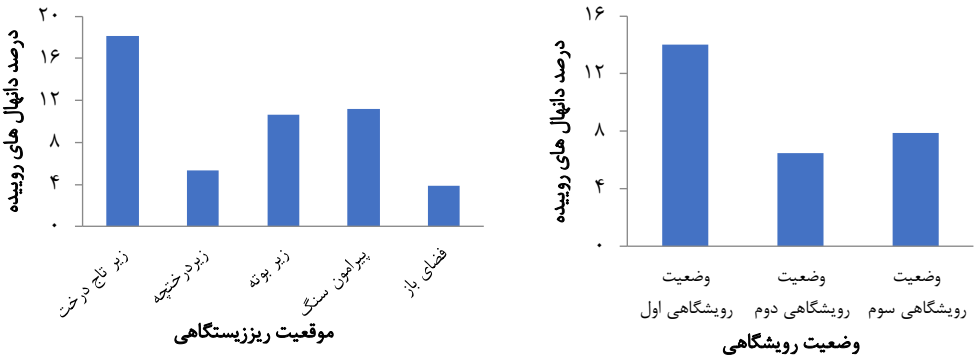
شکل ۱- تراکم زادآوری طبیعی گونه‌های درختی مورد بررسی در وضعیت‌های رویشگاهی مختلف (وضعیت رویشگاهی اول: رویشگاه‌های واقع در طبقه ارتفاعی پایین‌تر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و جهت شمالی، وضعیت رویشگاهی دوم: رویشگاه‌های واقع در طبقه ارتفاعی پایین‌تر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و جهت جنوبی، وضعیت رویشگاهی سوم: رویشگاه‌های واقع در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و جهت شمالی).



شکل ۲- مقدار زادآوری طبیعی گونه‌های مورد بررسی در موقعیت‌های مختلف ریززیستگاهی.

نتیجه بذرکاری

بذرکاری گونه‌های بومی در موقعیت‌های مختلف ریززیستگاهی نشان داد که الگوی استقرار دانهال‌های دست‌کاشت با الگوی زادآوری طبیعی همخوانی زیادی دارد. بیشترین درصد رویش دانهال‌ها در زیر تاج درختان مشاهده شد، در حالی‌که کمترین مقدار موفقیت در فضاهای باز ثبت شد (شکل ۳). این همخوانی نشان می‌دهد که الگوبرداری از طبیعت می‌تواند به‌طور مستقیم موفقیت عملیات احیایی را افزایش دهد. همچنین، نتایج نشان دادند که درصد رویش دانهال‌ها در دامنه‌های شمالی بیشتر از دامنه‌های جنوبی و در ارتفاع‌های پایین بیشتر از ارتفاع‌های بالاتر بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقدار زادآوری دست‌کاشت گونه‌های مورد بررسی در وضعیت‌های رویشگاهی و موقعیت‌های ریززیستگاهی مختلف.

عامل‌های انسانی و محیطی مؤثر بر کاهش زادآوری

نتایج مشاهده‌ای و میدانی نشان دادند که کاهش زادآوری طبیعی با مجموعه‌ای از عامل‌های محدودکننده مرتبط است. مهمترین این عامل‌ها شامل چرای دام و تخریب دانهال‌های جوان، کاهش تاج‌پوشش و تخریب ساختار جنگل، فرسایش خاک در شیب‌های تند، خشکسالی و افزایش تنش گرمایی تابستان و همچنین، رقابت شدید علف‌های ناخواسته (هرز) بودند. این عامل‌ها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم موجب کاهش موفقیت استقرار دانهال‌ها و افت پایداری زادآوری شده‌اند.

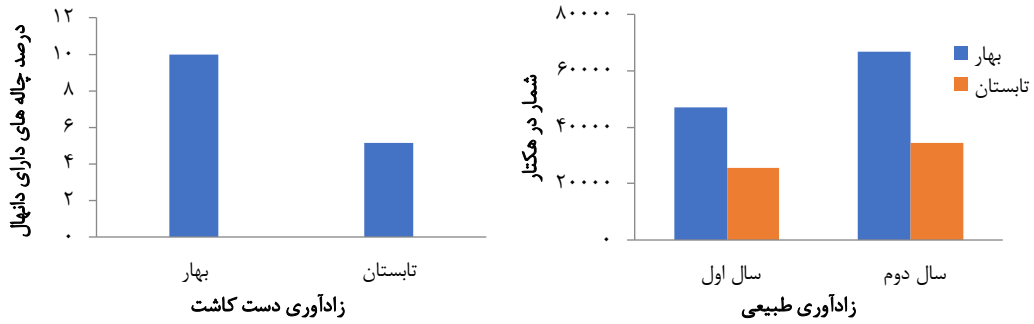
در پژوهش حاضر مشخص شد که در ۱۵٪ از کل چاله‌های کاشت‌شده بذرها تندش داشتند و از بذرهای تندیده، ۳۷/۶٪ مربوط به دانهال‌های بلوط ایرانی، ۵۱/۴٪ مربوط به بنه، ۱٪ مربوط به کیکم و ۱۰٪ مربوط به ارژن بود. در دیگر چاله‌ها دانهالی دیده نشد. یکی از دلیل‌های این موضوع به بارندگی‌های شدید زمستان سال ۹۶ و ابتدای بهار ۹۷ برمی‌گردد که موجب رواناب شدید و فرسایش انبوه خاک شد و بسیاری از چاله‌ها بدین ترتیب پُر از خاک شسته شده شد و بذرهای کاشت‌شده در داخل آن‌ها به‌خاطر کمبود اکسیژن فرصت تندش پیدا نکردند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). برخی از چاله‌ها نیز در اثر فعالیت گرازهای منطقه، تخریب شده و یا پُر از خاک شده بودند و در عمل امکان تندش و رویش دانهال در این چاله‌ها از بین رفت. برخی از چاله‌ها نیز به‌دلیل ضعف زیوایی بذرهای کیکم، تندش و رویش دانهال نداشتند.

در پژوهش حاضر مشخص شد که مقدار زادآوری طبیعی و زادآوری دست‌کاشت در فصل تابستان نسبت به فصل بهار، کاهش چشمگیری داشته است (شکل ۴). از دلیل‌های این کاهش می‌توان به افزایش دمای هوا به

سمت تابستان و همسو با آن، خشکی هوا و خاک اشاره کرد (حسینی، ۱۳۸۹؛ حسینی و اعظمی، ۱۳۹۶؛ Kouba *et al.*, 2012). در شرایط یادشده، زیر تاج درختان بهترین گزینه برای استقرار دانهال‌ها است، زیرا تنها در این جاها است که سایه کافی وجود دارد و جلوی نور مستقیم خورشید و گرمای شدید ناشی از آن گرفته می‌شود و رطوبت خاک دیرتر از دست می‌رود و خرداقلیم بهتری نسبت به دیگر موقعیت‌های ریززیستگاهی به وجود می‌آید. افزون براین، در شرایط گذر از فصل بهار به تابستان، بیشتر دانهال‌ها برای جذب رطوبت خاک با علف‌های ناخواسته رقابت دارند و با کمبود رطوبت خاک به زودی دچار تنش خشکی می‌شوند و به‌دلیل تحمل نکردن شرایط نامساعد پیش‌آمده از بین می‌روند. بنابراین، وجود علف‌های ناخواسته انبوه در این جنگل‌ها رشد و استقرار دانهال‌ها را مختل کرده و زنده‌مانی آن‌ها را به خطر می‌اندازد.

چرای دام نیز یکی از عامل‌های کاهش استقرار زادآوری طبیعی و دست‌کاشت است. با توجه به این‌که پوشش علفی کف جنگل جوابگوی نیاز غذایی گله‌های دام نیست، بنابراین دام‌ها از برگ، شاخه‌های یکساله و دانهال‌ها نیز استفاده می‌کنند. در پژوهشی در جنگل‌های ایلام مشخص شد که ۲۴٪ از زادآوری طبیعی در اثر چرای دام سرچر شده‌اند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷).

کاهش تاج‌پوشش ناشی از تخریب ساختار جنگل در اثر عامل‌های انسانی، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش استقرار زادآوری دارد. به دنبال کاهش تاج‌پوشش توده، حفاظت کف جنگل کم می‌شود و اثرهای عامل‌های اقلیمی مانند نور و بارندگی بر کف جنگل و دانهال‌های آن شدیدتر می‌شود و استقرار زادآوری طبیعی و زادآوری دست‌کاشت دچار خطر و چالش بزرگ می‌شود.



شکل ۴- تراکم زادآوری طبیعی و درصد زادآوری دست‌کاشت گونه‌های مورد بررسی در فصل‌های بهار و تابستان.

همگرایی زادآوری طبیعی و دست‌کاشت

مقایسه کلی بین زادآوری طبیعی و زادآوری دست‌کاشت نشان داد که هر دو حالت از یک ساختار مکانی همسان پیروی می‌کنند. در هر دو حالت، موقعیت‌های ریززیستگاهی دارای تاج‌پوشش بیشترین موفقیت را داشته و فضاهای باز کمترین کارایی را نشان داده‌اند. این همگرایی نشان می‌دهد که الگوی طبیعی جنگل می‌تواند به‌عنوان چارچوب عملی برای طراحی اقدام‌های احیایی استفاده شود.

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان دادند که زادآوری طبیعی در جنگل‌های بلوط به‌طور معنی‌داری زیر تأثیر ساختار تاج‌پوشش و ویژگی‌های ریززیستگاهی قرار دارد. برتری محسوس استقرار دانهال‌ها در زیر تاج درختان نسبت به سایر موقعیت‌های ریززیستگاهی بیانگر نقش کلیدی سایه‌اندازی و تعدیل شرایط ریزاقلیمی در موفقیت زادآوری است. این نتیجه با بررسی‌های چندی در بوم‌نظام‌های جنگلی نیمه‌خشک که نقش تاج‌پوشش را به‌عنوان عامل کنترل‌کننده دما و رطوبت خاک تأیید کرده‌اند، همخوانی دارد (Barbeito *et al*., 2007; Frey *et al*., 2007; Lhotka & Loewenstein, 2008). در بوم‌نظام‌های زاگرس که با محدودیت شدید رطوبتی و تنش گرمایی در فصل گرم روبه‌رو هستند، وجود تاج‌پوشش می‌تواند به عنوان یک عامل حفاظتی عمل کرده و با کاهش شدت تابش مستقیم خورشید، شرایط مناسب‌تری برای تندش و بقای دانهال‌ها فراهم کند. این موضوع در پژوهش‌های داخلی نیز مورد تأکید قرار گرفته و نشان داده شده است که کاهش تراکم تاجی در جنگل‌های بلوط غرب کشور با افت شدید زادآوری طبیعی همراه است (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶؛ حسینی، ۱۳۸۹؛ نجفی‌فر، ۱۳۹۰). یافته‌های همسانی نیز در جنگل‌های مدیترانه‌ای گزارش شده است که در آن‌ها حضور درختان بالغ به عنوان آسان‌کننده استقرار دانهال‌ها عمل کرده و تنش خشکی را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است (Gomez-Aparicio *et al*., 2004; Pulido & Diaz, 2005).

یافته‌های مربوط به برتری دامنه‌های شمالی نسبت به دامنه‌های جنوبی نیز از دیدگاه تفاوت‌های خرداقلیمی قابل تعیین‌شدن است. دامنه‌های شمالی به‌دلیل دریافت تابش کمتر و حفظ رطوبت بیشتر خاک، شرایط مساعدتری برای استقرار دانهال‌ها فراهم می‌کنند. این نتایج با بررسی‌های انجام‌شده در جنگل‌های زاگرس که نشان داده‌اند جهت دامنه یکی از عامل‌های کلیدی در کنترل موفقیت زادآوری است، همخوانی دارد (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶؛ معیری و همکاران، ۱۳۸۷؛ حسینی، ۱۳۸۹؛ نجفی فر، ۱۳۹۰). از سوی دیگر، کاهش چشمگیر زادآوری در ارتفاع‌های بالاتر منطقه مورد بررسی را می‌توان به عامل‌هایی مانند افزایش شیب، کاهش ژرفای خاک، افزایش فرسایش و کاهش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد. این نتایج با یافته‌های (Frey *et al*., 2007) که نقش محدودکننده شرایط فیزیوگرافی در زادآوری گونه‌های چوبی را برجسته کرده‌اند، همخوانی دارد.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان دادند که فضاهای باز، کمترین مقدار استقرار زادآوری را دارند. این موضوع بیانگر این است که حتی گونه‌های نورپسند در مرحله‌های اولیه رشد، به سطحی از سایه و پناه نیاز دارند. در این زمینه، بررسی‌های Brudvig & Asbjornsen (2008) و Brown (1985) نشان داده‌اند که حضور سایه جزئی می‌تواند بقای دانهال‌ها را در مرحله‌های اولیه به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. همچنین، همخوانی الگوی زادآوری طبیعی با نتایج بذرکاری نشان می‌دهد که الگوبرداری از طبیعت می‌تواند کارایی اقدام‌های احیایی را افزایش دهد. این موضوع با رویکرد احیای نزدیک به طبیعت سازگار است که بر استفاده از فرایندهای طبیعی و ناهمگنی مکانی به‌عنوان مبنای احیا تأکید دارد (Suding *et al*., 2015). در مقابل، نتایج نشان دادند که عامل‌های انسانی مانند چرای دام، کاهش تاج‌پوشش و برداشت بی‌رویه از مهمترین عامل‌های تضعیف‌کننده زادآوری طبیعی هستند. این عامل‌ها با ایجاد اختلال در ساختار جنگل و کاهش منابع بذری، موجب کاهش توان زادآوری طبیعی شده‌اند. یافته‌های همسانی در جنگل‌های زاگرس توسط جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی (۱۳۸۲) و حسینی (۱۳۸۹) گزارش شده است. افزون بر این، بررسی‌های انجام شده در

جنگل‌های مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک نشان داده‌اند که چرای شدید دام می‌تواند با آسیب مستقیم به دانهال‌ها و تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک، ظرفیت تجدید نسل طبیعی را به شدت کاهش دهد (Pulido & Diaz, 2005; Maranon *et al*., 2009). در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهند که موفقیت زادآوری در جنگل‌های بلوط زاگرس حاصل برهمکنش پیچیده‌ای از عامل‌های زیست‌بومی و انسانی است که در آن، تاج‌پوشش به عنوان عامل کلیدی تنظیم‌کننده خرداقلیم نقش محوری دارد. بنابراین، هرگونه برنامه احیایی جنگل‌های زاگرس باید بر پایه حفظ و تقویت تاج‌پوشش و توجه به ناهمگنی مکانی رویشگاه‌ها باشد.

نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان دادند که الگوی استقرار زادآوری طبیعی می‌تواند پایه‌ای علمی و کاربردی برای برنامه‌ریزی احیای جنگل‌های بلوط زاگرس فراهم کند. همخوانی نتایج زادآوری طبیعی و بذرکاری بیانگر این است که موفقیت اقدام‌های احیایی، به انتخاب صحیح ریززیستگاه و بهره‌گیری از ظرفیت‌های طبیعی رویشگاه وابسته است. در این میان، تاج‌پوشش درختان با فراهم کردن شرایط مناسب ریزاقلیمی، نقش محوری در استقرار و بقای دانهال‌ها دارد و حفظ آن، پیش‌نیاز موفقیت برنامه‌های احیایی به شمار می‌رود. بر این اساس، احیای جنگل‌های زاگرس باید از رویکردهای خطی و منظم و بر پایه کاشت گسترده فاصله گرفته و به سمت رویکردی بر اساس فرایندهای طبیعی، ناهمگنی مکانی و ظرفیت‌های بوم‌شناختی رویشگاه هدایت شود. در چارچوب این رویکرد، حفاظت و تقویت تاج‌پوشش موجود، مدیریت اصولی چرای دام و اجرای بذرکاری هدفمند در موقعیت‌های مناسب ریززیستگاهی، مهمترین راهبردهای اجرایی برای افزایش موفقیت احیا و ارتقای پایداری و تاب‌آوری جنگل‌های بلوط زاگرس در برابر فشارهای انسانی و تغییرهای اقلیمی محسوب می‌شوند.

منابع

جزیره‌ای، محمد حسین؛ ابراهیمی رستاقی، مرتضی. (۱۳۸۲). *جنگل‌شناسی زاگرس*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۵۶۰ صفحه.

حسینی، احمد؛ پورهاشمی، مهدی؛ پورسیاه بیدی، محمد مهدی؛ جعفری، محمدرضا. (۱۳۹۸). بررسی و شناخت نحوه استقرار زادآوری طبیعی در جنگل‌های بلوط ایرانی به منظور استفاده از آن در احیای جنگل. *طرح پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور*، ۷۸ صفحه.

حسینی، احمد. (۱۳۸۹). اثر تاج‌پوشش بر زادآوری در جنگل‌های بلوط ایرانی استان ایلام. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۸(۲)، ۲۲۹-۲۱۹.

حسینی، احمد؛ معیری، محمدهادی؛ حیدری، حشمت‌اله. (۱۳۸۷). اثر تغییرهای ارتفاع از سطح دریا در زادآوری طبیعی و سایر خصوصیات کمی و کیفی بلوط غرب (مطالعه موردی: جنگل‌های هیانان ایلام). *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۵ (۱)، ۱۰-۱.

حسینی، احمد؛ اعظمی، ایاد. (۱۳۹۷). تعیین الگوی استقرار طبیعی زادآوری زایشی بلوط ایرانی در شرایط مختلف رویشگاهی به منظور استفاده در احیای جنگلهای زاگرس. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲۵، ۶۳-۵۳.

معیری، محمدهادی؛ حسینی، احمد؛ حیدری، حشمت‌اله. (۱۳۸۷). ارزیابی روند تغییرهای جنگل هیانان ایلام و ارائه راهکارهای مناسب جهت مدیریت بهینه آن. *مجله پژوهش و سازندگی*، ۸۰ (۳)، ۱۱۵-۱۰۸.

میرزایی، جواد؛ اکبری‌نیا، مسلم؛ حسینی، سیدمحسن؛ طبری، مسعود؛ جلالی، سید غلامعلی. (۱۳۸۶). مقایسه تراکم زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی در رابطه با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل‌های زاگرس، مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده ارغوان در شمال ایلام. *مجله پژوهش و سازندگی*، ۲۰ (۴)، ۲۳-۱۶.

نجفی‌فر، علی. (۱۳۹۰). بررسی فراوانی زادآوری جنسی گونه‌های جنگلی در ارتباط با برخی عوامل اکولوژیکی در جنگل‌های بلوط غرب استان ایلام. *مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۹(۲)،۲۹۰-۲۷۹.

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N. *et al*. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684.

Barbeito, I., Marta, P., Rafael, C. & Isabel, C., (2007). Effect of stand structure on stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. *Forestry*, 81 (5), 617- 629.

Brown, H. (1985). *Regeneration following cutting in a mixed oak stand in Rhod Island*. University of Rhod Island, Agriculture experiment station, No, 1240.

Brudvig, L.A. & Asbjornsen, H. (2008). Patterns of oak regeneration in a Midwestern savanna restoration experiment. *Forest Ecology and Management*, 255, 3019–3025.

Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G. & Peñuelas, J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(4), 1474–1478.

Frey, B.R., Ashton, M.S., McKenna, J.J., Ellum, D. & Finkral, A. (2007). Topographic and temporal patterns in tree seedling establishment, growth, and survival among masting species of southern New England mixed-deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 245, 54–63.

Gomez-Aparicio, L., Zamora, R., Gómez, J.M., Hódar, J.A., Castro, J. & Baraza, E. (2004). Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: A meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*, 14(4), 1128–1138.

Kouba, Y., Camarero, J.J. & Alados, C.L. (2012). Roles of land-use and climate change on the establishment and regeneration dynamics of Mediterranean semi-deciduous oak forests. *Forest Ecology and Management*, 274, 143–150.

Lhotka, J.M. & Loewenstein, E.F. (2008). Influence of canopy structure on the survival and growth of underplanted seedlings. *New Forests*, 35, 89-104.

Maranon, T., Pugnaire, F.I., Callaway, R.M. & Valladares, F. (2009). Mediterranean-climate oak savannas: The interplay between abiotic environment and species interactions. *Web Ecology*, 9, 30–43.

Montagnini, F., Eibl, B., Woodward, C., Szczipanski, L. & Rios, R. (1997). Tree regeneration and species diversity following conventional and uniform spacing methods of selective cutting in a subtropical humid forest reserve. *Biotropica*, 30, 349-361.

Padilla, F.M. & Pugnaire, F.I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), 196–202.

Pulido, F.J. & Diaz, M. (2005). Regeneration of a Mediterranean oak: A whole-cycle approach. *Ecoscience*, 12(1), 92–102.

Suding, K.N., Higgs, E., Palmer, M.A., Callicott, J.B., Anderson, C.B. *et al*. (2015). Committing to ecological restoration: Efforts around the globe need legal and policy clarification. *Science*, 348(6235), 638–640.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2):239-250 (2026)

Evaluation of the Canopy Cover Role in the Restoration of Zagros Oak Forests on the Basis of Natural Regeneration Establishment Pattern

Hosseini, A.[1, 2]

Natural regeneration is one of the fundamental processes contributing to the sustainability and continuity of forest ecosystems and plays an important role in forest renewal and maintenance of forest structure. During recent decades, Zagros oak forests have experienced a severe decline in natural regeneration due to human pressures, climate change, and reduction of canopy cover, resulting in weakened regeneration capacity. The objective of this study was to analyze the spatial pattern of natural regeneration and evaluate the role of ecological factors, particularly canopy cover, in seedling establishment success. In addition, the applicability of these patterns for forest restoration programs was investigated. This study was conducted as part of a five-year research project in the Dalab forests of Ilam province, Iran. The research was carried out from 2015 to 2019 in eight sites located under three topographic conditions. In the first stage, the establishment pattern of natural regeneration of woody species was examined through field surveys. In the second stage, seeds of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.), wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.), maple (*Acer monspessulanum* L. subsp. cinerascens), and wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) were sown in different microhabitats according to the identified natural regeneration pattern. The results showed that the highest density of natural regeneration and planted seedlings occurred beneath tree canopies and on north-facing slopes at elevations below 1500 m above sea level. Seedling establishment success was considerably lower in open areas without canopy cover than in other establishment sites. The similarity between natural and artificial regeneration patterns indicated that restoration measures based on natural ecological processes and seed placement in protected microhabitats can improve restoration success. Overall, the findings emphasize the importance of canopy-based restoration approaches and spatial heterogeneity in the sustainable management of Zagros forests. Therefore, protection of existing canopy cover, control of livestock grazing, and targeted direct seeding beneath tree canopies are recommended as key strategies for the restoration of Zagros oak forests.

Key words: Direct seeding, Forest restoration, Microhabitat, Natural regeneration, Persian oak, Zagros forests.

1. Corresponding author's Email: ahmad.phd@gmail.com
2. Associate Professor, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam.

پیوست‌ها

بر اساس مصوبه شورای دبیران مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، به منظور یادآوری، اطلاع‌رسانی و ثبت فعالیت‌های گذشته گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم، شماری از بیانیه‌های همایش‌های برگزار شده، چکیده طرح‌های پایان یافته یا خلاصه سخنرانی‌های ایراد شده و مانند این‌ها، در هر شماره مجله به صورت پیوست و **بدون هیچ تغییری** آورده می‌شوند.

بیانیه همایش

چالش‌های برنامه‌های بهبود ژنتیکی دام سبک در ایران و ارایه راهکارهایی برای آینده [1]

علی اسمعیلی‌زاده کشکوئیه [2]

در ایران، پرورش نشخوارکنندگان کوچک (گوسفند و بز)، با سابقه‌ای برابر با تاریخ، از آن جهت دارای اهمیت است که ۴۳ درصد از گوشت قرمز کشور را تامین و برای حدود دو و نیم میلیون بهره‌بردار در سه سامانه عشایری (۲۵ درصد)، روستایی (۷۳ درصد) و صنعتی (۲ درصد) اشتغال ایجاد کرده است. گوسفند و بز در مقایسه با نشخوارکنندگان بزرگ، ویژگی‌های بارزی چون سازگاری با شرایط محیطی سخت و کمک به پایداری محیط زیست، قدرت چرا، توانایی بهتر در استفاده از پوشش گیاهی زمین‌های غیر زراعی، و تنوع محصولات تولیدی را دارند اما پرورش‌دهندگان آن‌ها با چالش‌هایی مواجه‌اند که تاب‌آوری آن‌ها را دشوار کرده است. یکی از این چالش‌ها نبود برنامه اصلاح نژادی جامع و توجه کافی به بهبود ژنتیکی این دام‌ها در کشور است. با توجه به اهمیت این مساله و نقش آن، جلسه سخنرانی با عنوان «چالش‌های برنامه‌های بهبود ژنتیکی دام سبک در ایران و ارایه راهکارهایی برای آینده» در تاریخ ۱۷ بهمن ۱۴۰۳ توسط شاخه علوم دامی گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، با شرکت بیش از ۶۰ نفر از استادان و پژوهشگران و متخصصان ژنتیک و اصلاح دام، و سازمان‌ها و نهادهای دولتی و بخش خصوصی در فرهنگستان علوم برگزار شد.

۱- برگرفته از نشست هم اندیشی که در تاریخ ۱۴۰۳/۱۱/۱۷ در گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم ج. ا. ایران برگزار شده است.

۲- استاد دانشگاه شهید باهنر کرمان (همکار مدعو گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان ج.ا. ایران).

در ابتدای جلسه آقای دکتر حسن احمدی رئیس گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان علوم ضمن خوش‌آمدگویی به شرکت‌کنندگان جلسه را افتتاح کرد و سپس آقای دکتر رسول واعظ‌ترشیزی، عضو وابسته شاخه علوم دامی فرهنگستان علوم و دبیر علمی نشست، در جهت تبیین اهمیت موضوع سخنرانی کلیاتی را بیان کردند. سپس سخنران جلسه، آقای دکتر علی اسمعیلی‌زاده کشکوئیه، همکار مدعو گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی و استاد دانشگاه شهیدباهنر کرمان سخنرانی مبسوط و تحلیلی خود را ارائه کردند که خلاصه آن بشرح زیر است.

بیانیه پایانی این جلسه، با هدف هم افزایی و ایجاد زمینه ارتقاء صنعت دام سبک کشور، و هم‌چنین بر اساس بررسی و طرح مسائل توسط محققین و پژوهشگران این بخش به شرح زیر تدوین شده است و به منظور استحضار و پی‌گیری جدی مسئولین کشور به شرح زیر تقدیم می‌شود.

۱. تشکیل کارگروهی تخصصی، دایمی و پایدار، متشکل از صاحب‌نظرانی از بخش‌های دولتی (مرکز اصلاح‌نژاد دام کشور و موسسه تحقیقات علوم دامی کشور)، اتحادیه‌ها و سازمان‌های مرتبط با دام‌های سبک، پرورش‌دهندگان بخش‌های خصوصی، مراکز دانشگاهی و پژوهشی، انجمن علوم دامی ایران، و شاخه علوم دامی گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان علوم ایران، جهت هم‌فکری برای بررسی وضعیت موجود، تدوین سیاست‌ها، برنامه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی و کاربردی. پیشنهاد می‌شود مسئولیت این کارگروه با مرکز اصلاح نژاد دام کشور یا انجمن علوم دامی ایران باشد.

۲. در یک‌دهه اخیر، دو برنامه آمیخته‌گری و انتقال ژن چندقلوزایی از مهم‌ترین فعالیت‌های انجام شده در بخش دام سبک کشور بوده است. با وجود اهمیت هر یک از این دو فعالیت، اثرگذاری آمیخته‌گری بر بهبود عملکرد دام‌های تحت پوشش، به دلیل عدم رعایت شیوه‌نامه‌های ایجاد سنتز نژادی، موفقیت‌آمیز نبوده است. برنامه اجرا شده برای بهبود صفات تولید مثل با انتقال ژن، هرچند محدود، با موفقیت‌هایی همراه بوده است اما به دلیل اجرایی نشدن برنامه‌های اصلاح نژادی برای بهبود سایر صفات در آن‌ها (قابلیت‌های مادری) و تعمیم برنامه از یک نژاد حامل جهش چندقلوزایی بررولا (نژاد افشاری) به دیگر نژادهای کشور بدون رعایت الگوی انتقال ژن، مشکلاتی در دیگر نژادهای خالص بومی کشور نیز ایجاد کرده است. لازم است در اجرا و نظارت این دو شیوه و چگونگی کاربرد آن‌ها در هر یک از دو سامانه روستایی و صنعتی، که در حفظ و بهره‌برداری از ذخایر ژنتیکی دام‌های سبک کشور نقش اساسی دارند، پس از تعریف مجدد برنامه‌ها و شیوه‌نامه‌های اجرایی صحیح علمی آن‌ها، بازنگری‌های لازم صورت گیرد.

۳. با توجه به سهم ۲۵ درصدی عشایر کشور در تولیدات دام سبک، لازم است در قانون‌گذاری، شیوه استفاده از مراتع توسط این ذی‌نفعان (در اختیار داشتن دراز مدت) در اسرع وقت تجدیدنظر شود. علاوه بر این، برای ادامه‌دار شدن فعالیت عشایر در حوزه پرورش دام سبک، به دلیل کیفیت بالای محصولات تولیدی آن‌ها، لازم است تمایز و تفاوت کافی از نظر قیمت تولیدات آن‌ها در مقایسه با محصولات تولیدی بخش صنعتی ایجاد شود.

۴. از آن‌جایی که تولید قوچ اصلاح شده بر پایه اصول علمی و استفاده از آن در سامانه روستایی می‌تواند در بهبود عملکرد گله‌های مردمی نقش قابل توجهی داشته باشد جذب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در

«پرورش تخصصی قوچ‌های اصلاح شده» برای استفاده در این سامانه، که می‌تواند از اهمیت بالایی در برنامه‌های اصلاحی کشور برخوردار باشد، توصیه می‌شود.

۵. با توجه به‌این‌که موفقیت برنامه‌های اصلاح نژاد دام سبک و توسعه پایدار این حرفه، فراتر از هر نوع راهبردی که اتخاذ شود، به ثبت اطلاعات، میزان اتکا بر استفاده مؤثر از اطلاعات ثبت‌شده، توانمندی‌های بخش خصوصی و آموزش بهره‌برداران بستگی دارد، توجه به این موضوع، با تاکید بر استفاده موثر از فن‌آوری‌های نوین از جمله اطلاعات ژنوم، توصیه می‌شود.

۶. به‌نظر می‌رسد در شیوه اجرایی و اثرگذاری بند ب ماده ۱۴ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (خروج دام از مراتع) بعد از گذشت بیش از یک دهه تردیدهایی وجود دارد. توصیه می‌شود این قانون، مجددا با حضور ذی‌نفعان آن (وزارت جهادکشاورزی، محیط زیست، موسسات و دانشگاهیان مرتبط و اتحادیه تعاونی‌های عشایری، که بهره‌برداران اصلی آن را تشکیل می‌دهند) بازنگری شود.

۷. علاوه بر اصلاح ژنتیکی، عوامل دیگر مانند تغذیه (استفاده از خوراک‌های جایگزین ارزان و پسماندها)، تولید مثل (برنامه‌های هم‌زمان‌سازی، تلقیح مصنوعی یا لاپارسکوپی و سونوگرافی در تشخیص آبستنی)، و انگل‌ها و بیماری‌ها (خدمات دام‌پزشکی با حداقل تعرفه برای واکسیناسیون و درمان، و مهم‌تر از این‌ها تعیین خط‌مشی مبارزه با بیماری‌هایی مانند تب مالت و تب برفکی) نیز دام‌های سبک کشور را تحت تاثیر قرار داده است، بنابراین توجه به این عوامل نیز باید مورد تاکید قرار گیرد.

با توجه به اینکه بخشی از تولید گوسفند و بز در روستاها و چرای آن‌ها در مراتع اطراف آن صورت می‌گیرد، به دلیل افزایش قیمت گوشت، دامداران روستائی علاقمند به پرورش بیشتر این دو دام هستند. بنابراین، ضرورت دارد این بخش از تولید به نحوی مدیریت شود که در فصول کم‌بارش پایداری مراتع اطراف روستا تحت تاثیر چرای بیش از حد قرار نگیرد. پیشنهاد می‌شود در فصولی که چرا برای مرتع ضرر دارد علوفه با قیمت مناسب در اختیار دامدار قرار گیرد. خرید دام روستائی قبل از فصول خاص با قیمت بهتر برای کاهش تعداد دام در زمان‌های خاص نیز توصیه می شود.

بیانیه همایش

بررسی طرح‌های شیرین‌سازی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به نواحی مرکزی ایران[1]

مسعود نوشادی[2]

جلسه سخنرانی با عنوان «بررسی طرح های شیرین سازی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به نواحی مرکزی ایران» در تاریخ ۷ خرداد ۱۴۰۴، به صورت حضوری و برخط، و با حضور بیش از ۱۰۰ نفر از اعضای گروه، استادان، پژوهشگران از دانشگاه ها و مراکز پژوهشی و نیز متخصصان آبیاری و مدیران آب کشور در فرهنگستان علوم برگزار شد.

در ابتدای جلسه آقای دکتر حسن احمدی رئیس گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان علوم ضمن خوش‌آمدگویی به شرکت‌کنندگان با ارائه بیاناتی جلسه را افتتاح کرد و سپس آقای دکتر علیرضا سپاسخواه، رئیس شاخه آبیاری فرهنگستان علوم و دبیر علمی نشست، ضمن تبیین اهمیت موضوع سخنرانی، به معرفی سخنران جلسه آقای دکتر مسعود نوشادی استاد دانشگاه شیراز پرداخت. سخنران محترم، مقاله مبسوط و تحلیلی خود را تحت عنوان: «بررسی طرح های شیرین سازی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان به نواحی مرکزی ایران» ارائه داد. بعد از ارائه سخنرانی میزگردی به مدت ۹۰ دقیقه تشکیل شد. این میزگرد به پرسش و پاسخ و اظهار نظرات مدعوین اختصاص داشت. گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان علوم، جمع بندی و نتیجه مباحث طرح شده در سخنرانی و هم اندیشی را به صورت بیانیه زیر ارائه کرده است:

بررسی‌ها و تحلیل‌ها نشان داد که طرح‌های شیرین‌سازی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان دارای چالش‌هایی به شرح زیر می باشد:

۱-افزایش تدریجی شوری آب با شدت بیش از گذشته و ایجاد شرایط نامساعد محیط زیستی برای آبزیان و تاثیر منفی اقتصادی و اجتماعی بر ساکنان سواحل خلیج فارس و دریای عمان.

۲- غیر اقتصادی بودن طرح‌های نمک‌زدایی و انتقال آب.

۳-افزایش بار انرژی بسیار زیاد و کمک به ناترازی انرژی.

۴-تخریب محیط زیست در مسیر خط انتقال آب.

۱- برگرفته از نشست هم اندیشی که در تاریخ ۱۴۰۴/۳/۷ در گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم ج. ا. ایران برگزار شده است.

۲- استاد دانشگاه شیراز (همکار مدعو گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فرهنگستان ج.ا. ایران).

راهکارهای جایگزین برای کاهش چالش‌ها و مشـــکلات مذکور که با بعضـــی از روش‌های مندرج در ماده ۲۹ توزیع عادلانه آب (مصوب ۱۳۶۱) هم خوانی دارد عبارتند از:

الف- بازچرخانی و تصفیه فاضلاب صنعت و شرب در مبانی تولید که مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی دارد.

ب- نمک‌زدایی منابع آب‌های شور سطحی و یا زیرزمینی در داخل کشور در حوضه‌های فاقد بیلان منفی آب

ج- اصلاح شبکه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی

البته احتمالا سواحل دریای عمان (سواحل مکران) چالش‌های کمتری نسبت به سواحل خلیج فارس دارند ولی طرح‌های انتقال آب دریا در آنجا نیز می‌تواند مشـــکلات فراوانی ایجاد کند. به طور کلی طرح‌های نمک‌زدایی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان قبل از هر اقدامی بایستی مورد بررسی‌های عالمانه و دقیق قرار گرفته و امکان د ستر سی به منابع آب نامتعارف جایگزین برای نمک‌زدایی برر سی شود. با توجه به موارد مذکور پیشنهاد می‌گردد که تصفیه آب دریا برای شرب و صنعت فقط در سواحل خلیج فارس و دریای عمان و نقاط نزدیک به دریا (خلیج فارس و دریای عمان) در قالب طرح‌های کوچک اجرا گردد و از انتقال آب به مناطق مرکزی جدا خودداری شود و در عوض منابع آب‌های نامتعارف و شور داخل سرزمین در حو ضه‌های بدون بیلان منفی آب تصـفیه و نمک‌زدایی شـوند. در مورد انتقال آب از دریای عمان با لحاظ کردن تمهیدات محیط زیســتی و هزینه تولید آب شــیرین، طرح‌های مربوطه بازنگری شــود. در این راســتا آمایش ســرزمین، حکمرانی آب و اصلاح الگوی مصرف از اقدامات اساسی است و به طور ویژه امکان دسترسی به منابع آب‌های نامتعارف (فاضلاب و آب‌های شور) بررسی شوند تا در محل تصفیه و نمک‌زدایی شوند.

علاوه بر مطالب فوق ملاحظات زیر در مو ضوع طرح‌های شیرین سازی آب دریا و انتقال آن شایان توجه می‌باشد:

۱- برای اعتلای سطح آگاهی و ارشاد مصرف‌کنندگان شهری و صنعت برای رسیدن به سطح مطلوب بهره‌وری اقتصادی آب در بخش‌های شهری و صنعت، تهیه و اجرای برنامه‌های ترویج و آموزش برای مصرف بهینه در شهر و صنعت از اهم ضرورت‌ها است.

۲- پیچیدگی فناوری نمک‌زدایی آب خلیج فارس و دریای عمان و وابســـته بودن تهیه آن به منابع خارجی، انرژی بر بودن، گرانی آب تولید شــده برای فلات مرکزی و تشــدید تخریب محیط زیســت (تخلیه آب شور به دریا) و مصرف سوخت‌های فسیلی از معایب نمک‌زدایی آب شور دریا می‌باشد که بایستی به آن‌ها توجه ویژه نمود و راهکارهای جایگزین را بکار برد.

۳- با توجه به بند ۲، راهکارهای جایگزین بایستی مورد توجه قرار گیرد که عبارتند از:

۱-۳: نمک‌زدایی آب تنها در سواحل جنوبی برای مصارف شرب و صنعت در نواحی نزدیک به دریا در قالب طرح‌های کوچک،

۲-۳: نمک‌زدایی منابع آب شـــور ســـرزمینی موجود درفلات مرکزی مانند رودخانه‌های شـــور و آب زیرزمینی شور در حوضه‌های بدون بیلان منفی، در محل نیاز برای شرب و صنعت،

۳-۳: برای عملیاتی شـدن بند ۲-۳ لازم اسـت تا داده‌های مکانی و زمانی (پهنه‌بندی) منابع آب‌های شورسطحی (رودخانه‌ها) و زیرزمینی تهیه شده و در اختیار برنامه‌ریزان قرار گیرد.

۳-۴: اصلاح شبکه‌های آب شهری و روستایی برای کاهش تلفات آب شرب و صنعت، بازچرخانی و تصفیه فاضلاب شرب و صنعت به دفعات لازم،

۳-۵: سرمایه‌گذاری روی صنایع جانبی استفاده از شورابه‌ها برای کاهش زیان‌های محیط زیستی از اهم ضرورت‌ها در طرح‌های آب شیرین کن‌ها می‌باشد.

۴-اســتفاده از آب نمک‌زدایی شــده در کشــاورزی حتی در مجاورت ســواحل جنوبی و به ویژه در فلات مرکزی به شدت غیراقتصادی بوده و نبایستی در برنامه‌ریزی تولیدات کشاورزی مد نظر قرار گیرد.

۵-به طور کلی آمایش ســرزمین، حکمرانی آب و اصــلاح الگوی مصــرف از اقدامات اســاســی در مکان‌یابی صنایع آب بر بوده و در این ارتباط به طور ویژه امکان دسترسی به منابع آب نامتعارف (فاضلاب و آب های شور) بررسی شده تا در محل تصفیه و نمک‌زدایی شوند.

سپاس از داوران[1]

جلد ۱۱ شماره های ۱ و ۲

اخوان، رضا	موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
اونق، مجید	دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
اسمعیلی زاده، علی	دانشگاه شهید باهنر کرمان.
بانی سعادت، حسین	دانشگاه تربیت مدرس.
باغستانی، علی اکبر	موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی، اقتصادکشاورزی و توسعه روستایی.
بخشنده، اسماعیل	دانشگاه علوم کشاورزی ساری.
پورقاسمی، حمیدرضا	دانشگاه شیراز.
جوادی، ارژنگ	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
جورغلامی، مقداد	دانشگاه تهران.
حسینی، سید عبداله	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
حسینی، سید احمد	دانشگاه اجتماعی رسالت.
حیاتی، داریوش	دانشگاه شیراز.
خیام نکوئی، سید مجتبی	دانشگاه تربیت مدرس.
دادپسند، محمد	دانشگاه شیراز.
دانشجو، سارا	دانشگاه تربیت مدرس.
دوراندیش، آرش	دانشگاه تهران.
رابط، علیرضا	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
راستگو، مینا	دانشگاه ارومیه.
رفیعی، غلامرضا	دانشگاه تهران.
رضوانی، محمدرضا	دانشگاه شیراز.
رضائی، جواد	دانشگاه تربیت مدرس.
رضائی توابع، کامران	دانشگاه تهران.
روزی طلب، محمد حسین	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
زارع، علی اکبر	مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.
زاغری، مجتبی	دانشگاه تهران.
زکی عقل، محمد	دانشگاه فردوسی مشهد.
سبزعلیان، محمدرضا	دانشگاه صنعتی اصفهان.
سلمانی نژاد، فاطمه	دانشگاه شیراز.
شریفی، محمد	دانشگاه تهران.
شریف‌زاده، محمدشریف	دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان.
شریعتمداری، حسین	دانشگاه صنعتی اصفهان.
صادقی، علی	دانشگاه تهران.

۱- نام‌های اعضای شورای دبیران مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی ، که به عنوان داور در برخی از مقاله‌ها نقش داشته‌اند، در این فهرست نیامده است.

صفی الدین اردبیلی، سیدمحمد	دانشگاه شهید چمران اهواز.
طویلی، علی	دانشگاه تهران.
فرجزاده، زکریا	دانشگاه شیراز.
فقهی، جهانگیر	دانشگاه تهران.
قربانی، ابوذر	دانشگاه شیراز.
عباسپور گیلانده، یوسف	دانشگاه محقق اردبیلی.
عبدلی، اصغر	دانشگاه شهید بهشتی.
عسگری، منصور	موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.
علیپور، داریوش	دانشگاه بوعلی سینا.
عواطفی همت، محمد	دانشگاه تهران.
مأمنی، لیلا	پژوهشگاه نانوتکنولوژی.
مبرقعی، نغمه	دانشگاه شهید بهشتی.
محتسبی، سید سعید	دانشگاه تهران.
مختوم، مجید	دانشگاه تهران.
مستوفی سرکاری، محمدرضا	سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.
ملک‌محمدی، ایرج	دانشگاه تهران.
ملکیان، آرش	دانشگاه تهران.
مهدوی دامغانی، عبدالمجید	دانشگاه شهید بهشتی.
موسوی، سید علی اکبر	دانشگاه شیراز.
میرعظیمی، سید حمیدرضا	دانشگاه تهران.
میرمحمدی‌میبدی،سیدعلی	دانشگاه صنعتی اصفهان.
نقوی، محمدرضا	دانشگاه تهران.
نعمت اللهی، محمدعلی	دانشگاه تهران.
نوری قنبلانی، قدیر	دانشگاه محقق اردبیلی.
یزدانی، سعید	دانشگاه تهران.
وفابخش، جواد	موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

CONTENTS

Analysis of Desalination and Transfer of Seawater from Persian Gulf and Oman Sea.
Noshadi, M. and Sepaskhah, A.R. ……..……...…123

Breeding Strategies to Increase the Productivity of Dairy Cattle Herd.
Tajik Khari, M. and Gholi Zadeh, M. ……..…….....…141

An Analysis of the Concepts and Themes of Environmental Spirituality.
Mahmoudi, B. …….....…155

An Innovative Approach to Sustainable Poultry Nutrition and the Circular Economy through the Use of Edible Insects.
Molaee Parvarei, M., Zahraei Ramazani, A.R., Sharifi S.D. and Sofei Zadeh, M. ……..….....…165

The Role of Food Security and Sustainable Agricultural Development in Resilience againstGeopolitical Stress and War.
Khoshgoftarmanesh, A. and Ahmadi Eskandari, B. ….....….... 185

Agricultural Innovation System and Its Challenges in Iran.
Zand, E., Daneshian, J., Bazargan, K., Montazer, G. and Ebrahimzadeh Mosavi, S.M. 201

Analysis of the Gully Erosion Status in Iran and its Relationship with Land Use Changes Over the Past Twenty Five Years.
Nazari Samani, A.A., Abdollahpour, Z. and Arab Khedri, M. ……..…..……225

Evaluation of the Canopy Cover Role in the Restoration of Zagros Oak Forests on the Basis of Natural Regeneration Establishment Pattern.
Hosseini, A. ……..…….....239

APPENDICES

Declarations of Seminars Performed in Department of Agricultural Sciences and Natural Resources ...…..251