



فهرست مطالب

- ۱-۱۸ ■ بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر افت سفره آب زیرزمینی در دشت میناب
جعفر بهاری میمندی، ام‌البنین بذرافشان، یحیی اسماعیل پور، مرضیه شکاری، حسین زمانی
- ۱۹-۳۸ ■ شناسایی و تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از عکس هوایی و تصاویر سنتینل ۲
ندا طهماسبی‌زاده، حمیدرضا غفاریان مالمیری
- ۳۹-۵۸ ■ ارزیابی تغییر مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ایران طی دهه‌های اخیر
آمنه یحیوی دیزج، خدیجه جوان، شهریار خالدی، طیبه اکبری اژی‌رانی
- ۵۹-۷۶ ■ تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌های رشدی گیاه فراموش شده شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)
در اقلیم نیمه‌خشک
حامد جوادی، سید غلامرضا موسوی، نسرین فرهنگ‌نادر
- ۷۷-۹۴ ■ بررسی تأثیر شدت‌های مختلف چرای دام بر کمیت و کیفیت تولید مراتع و کربن خاک در منطقه
خبر بافت
محسن شرافتمندراد، اعظم خسروی مشیزی، اسفندیار جهانتاب
- ۹۵-۱۱۶ ■ بررسی ارتباط وضعیت آبخوان دشت ایسین بندرعباس با تغییرات کاربری اراضی
مهتاب صالحی، رسول مهدوی نجف‌آبادی، مرضیه رضایی، علیرضا نفرزادگان، مهدی قربانی

به نام خدا
نشریه مدیریت بیابان

فصلنامه علمی انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
این نشریه طی مجوز شماره ۳/۱۲۶۸۸۵ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری منتشر می‌شود.

سال ۱۴۰۲

شماره ۱

دوره ۱۱

- صاحب امتیاز: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
□ ناشر: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
□ مدیر مسئول: محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
□ سر دبیر: سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد بازنشسته دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
□ مدیر داخلی: حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

- هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):
محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
حسین آذرینوند، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ناصر باغستانی‌میدی، دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد
احمد پهلوانروی، دانشیار دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل
حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
محمدتقی دستورانی، استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
سعید سلطانی، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
امیر همایون صفارزاده، دانشیار، دانشگاه Kyushu، ژاپن
علی طالبی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
سادات فیض‌نیا، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
محسن محسنی‌ساروی، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
حسین ملکی‌نژاد، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

ویراستار فارسی: علی اکبر نظری سامانی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ویراستار چکیده‌های انگلیسی: محمد زارع، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

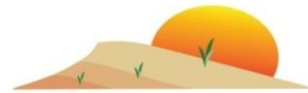
مدیر اجرایی: عاطفه جبالی
تایپ و صفحه‌آرایی: عاطفه جبالی

- آدرس دفتر مجله:
یزد، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵
تلفن و فکس: ۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸
پست الکترونیک: jdm.isadmc@yahoo.com

□ تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر هادی اسکندری‌دامنه، دکتر ام‌البین بذرافشان، دکتر زینب جعفریان، دکتر فرهاد ذوالفقاری، دکتر الهام رفیعی ساردویی، دکتر محمدعلی زارع‌چاهوکی، دکتر غلامرضا زهتابیان، دکتر احسان شهریاری، دکتر علی طالبی، دکتر حمیدرضا غفاریان‌المیری، دکتر الهام قهساره اردستانی، دکتر سعیده کلانتری، دکتر رسول مهدوی، دکتر شیما نیکو.



فهرست مطالب

- ۱-۱۸ ■ بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر افت سفرهٔ آب زیرزمینی در دشت میناب
جعفر بهاری میمنده، ام‌البنین بذرافشان، یحیی اسماعیل پور، مرضیه شکاری، حسین زمانی
- ۱۹-۳۸ ■ شناسایی و تعیین طول دورهٔ کشت گلخانه‌ها با استفاده از عکس هوایی و تصاویر سنتینل ۲
ندا طهماسبی‌زاده، حمیدرضا غفاریان مالمیری
- ۳۹-۵۸ ■ ارزیابی تغییر مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ایران طی دهه‌های اخیر
آمنه یحیوی دیزج، خدیجه جوان، شهریار خالدي، طیبه اکبری اذیرانی
- ۵۹-۷۶ ■ تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌های رشدی گیاه فراموش شده شاه‌دانه (*Cannabis sativa* L.)
در اقلیم نیمه‌خشک
حامد جوادی، سید غلامرضا موسوی، نسرين فرهمندراد
- ۷۷-۹۴ ■ بررسی تأثیر شدت‌های مختلف چرای دام بر کمیت و کیفیت تولید مراتع و کربن خاک در منطقهٔ
خبر بافت
محسن شرافتمندراد، اعظم خسروی مشیزی، اسفندیار جهان‌تاب
- ۹۵-۱۱۶ ■ بررسی ارتباط وضعیت آبخوان دشت ایسین بندرعباس با تغییرات کاربری اراضی
مهتاب صالحی، رسول مهدوی نجف‌آبادی، مرضیه رضایی، علیرضا نفرزادگان، مهدی قربانی

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه علمی مدیریت بیابان

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

رعایت شیوه‌نامه زیر در نگارش مقاله‌هایی که برای چاپ به نشریه مدیریت بیابان ارسال می‌گردد ضروری است.

۱- نوع مقاله

مقاله‌های پژوهشی اصیل، دارای نوآوری و حاصل کار پژوهشی نویسنده یا نویسندگان مرتبط در یکی از زمینه‌های تحقیقاتی زیر که به زبان فارسی نوشته شده و برای نخستین بار منتشر می‌شوند، جهت چاپ مورد بررسی هیأت تحریریه نشریه قرار خواهد گرفت:

- اکوسیستم مناطق بیابانی
- ارزیابی بیابان زایی
- پایش بیابان زایی
- روش‌های نوین بیابان‌زدایی
- پوشش گیاهی و کشاورزی در مناطق بیابانی
- تخریب سرزمین، بیابان‌زایی
- مدیریت آب در مناطق بیابانی
- تغییر اقلیم و اثرات آن در بیابان زایی
- ژئومرفولوژی بیابان
- فرسایش بادی و ریزگردها

- مقاله ارسال شده به این نشریه نباید در نشریه دیگری چاپ یا هم‌زمان برای سایر نشریه‌ها ارسال شده باشد.

- مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

۱) برگ شناسه (معرفی نویسنده یا نویسندگان): شامل نام، نام خانوادگی، مرتبه علمی و نشانی کامل محل کار و شماره تلفن های ثابت و همراه نویسنده (گان) است که به فارسی و لاتین نوشته شده و به همراه نشانی پست الکترونیک نویسنده مسئول به همراه مرتبه علمی و محل خدمت نویسنده (گان) در فایل جداگانه‌ای ارائه می‌شود. در این فایل عنوان مقاله به فارسی و ترجمه انگلیسی آن نیز قید گردد.

۲) عنوان مقاله: عنوان باید کوتاه و جامع بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند و مفهوم اصلی پژوهش را نشان دهد. عنوان در ابتدا و وسط صفحه اول درج می‌شود.

۳) چکیده: چکیده باید مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۳۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده، ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده خودداری شود.

۴) واژگان کلیدی: حداکثر ۶ کلمه به ترتیب اولویت آورده شود و با "؛" از هم جدا گردند و معادل خارجی آنها نیز در زیر چکیده انگلیسی مقاله و به همان ترتیب درج شود. به‌منظور بیشتر دیده شدن مقاله در جستجوهای رایانه‌ای، این کلمات نباید در عنوان مقاله تکرار شوند.

۵) مقدمه: شامل طرح مسئله، شرح موضوع، اهمیت، فرضیه‌ها، مرور پژوهش‌های انجام شده و هدف از پژوهش است.

۶) مواد و روش‌ها: شامل مواد و وسایل به کار رفته، شرح کامل روش‌های آزمایش و چگونگی اجرای پژوهش، مشخصات منطقه مورد مطالعه، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است. از هر گونه کلی گویی در این بخش باید پرهیز شود.

۷) نتایج: همه نتایج کیفی و کمی به دست آمده و توضیحات لازم در این قسمت ارائه می‌گردد. نتایج حاصل با تحقیقات قبلی مقایسه شده، در صورت نیاز می‌توان موضوعات را طبقه‌بندی و برای ارائه نتایج از جدول، منحنی، نمودار و یا تصاویر استفاده نمود.

۸) بحث و نتیجه‌گیری: در برگرفته جمع‌بندی خلاصه نتایج با توجه به هدف بررسی بوده و دست آوردها با توجه به یافته‌های سایر پژوهش‌ها، تجزیه و تحلیل شده و درباره آن‌ها بحث و نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. نگارنده (گان) در این قسمت می‌توانند توصیه‌ها و پیشنهادها لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند. نگارنده (گان) می‌توانند بخش بحث را همراه با نتایج تدوین نموده و عنوان "نتایج و بحث" را انتخاب نمایند. در این صورت بخش نتیجه‌گیری مقاله با عنوان "نتیجه‌گیری" به صورت کوتاه و فقط نتیجه‌گیری از نتایج پژوهش، تدوین می‌گردد.

۹) سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر بجز نگارندگان، که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود. ارائه این قسمت در انتهای مقاله قبل از عنوان منابع الزامی است.

یادآوری بسیار مهم: سرقت ادبی یک عمل غیر علمی و ناشایست و غیرقابل پذیرش برای این نشریه به‌شمار می‌رود. جهت جلوگیری از رخ دادن این پدیده زشت، در موقع خلاصه کردن کار دیگران و ارائه آن، لازم است یادداشت برداری با استفاده از کلمه‌ها و واژه‌ها به زبان خود نویسنده صورت گیرد و از به‌کار بردن عین جملات دیگران حتی با درج مأخذ آن، به‌طور جد خودداری گردد.

نشریه مدیریت بیابان با استفاده از مشابهت‌یاب سیناوب مقالات را بررسی نموده و هیچ نوع مشابهتی را در جملات استفاده شده از منابع نمی‌پذیرد.

(۱۰) منابع:

الف) منابع داخل متن:

منابع داخل متن فقط با ذکر شماره ردیف مقاله در لیست منابع انجام می‌گیرد که در داخل پرانتز باید یادداشت شود. تأکید مجله بر عدم استفاده از نام مؤلفین یا پدیدآورندگان منابع در اول جملات است. لذا در متن از ذکر نام نویسندگان منابع خودداری شود. جملات با افعال مجهول نوشته شوند تا نیازی به ذکر نام نویسنده نباشد. در صورت الزام فقط در یک یا حداکثر دو مورد در مقاله استفاده از نام نویسندگان به صورت نام نویسنده و ذکر فقط سال انتشار آن به شکلی که در لیست منابع ذکر شده، در داخل پرانتز بلامانع است و در آخر همان جمله یا مطلب هم شماره همان رفرنس در داخل پرانتز ذکر گردد. اگر تعداد نویسندگان بیشتر از دو نفر باشند، بعد از نام نویسنده اول از "et al." استفاده شود. در هر مقاله می‌توان از یک پایان نامه کارشناسی ارشد به عنوان منبع بهره جست.

ب) منابع انتهایی متن:

لیست منابع در آخر مقاله باید به انگلیسی تدوین گردد و مقاله‌های فارسی هم طبق یادداشت‌های خود منبع به انگلیسی نوشته شوند. لذا منابع فارسی و انگلیسی به ترتیب نام خانوادگی نفر اول در یک لیست تدوین گردد. از ترجمه آزاد عنوان مقاله و دیگر مشخصات نگارندگان و نام نشریه خودداری نمایید تا از اتلاف وقت برای اصلاح مجدد آن جلوگیری شود. تمامی منابع به ترتیب حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول یا در صورتی که فاقد نگارنده باشد نام سازمان مربوطه، در فهرست منابع مورد استفاده قرار گیرد. منابع به صورت پیوسته شماره‌گذاری و همین شماره در متن برای رفرنس دادن استفاده شود. در تنظیم فهرست منابع مورد استفاده از آوردن واژگان به صورت مخفف مانند "J" به جای Journal، یا، U و یا Univ به جای University و ... پرهیز شود. چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آنها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است، لازم به ذکر است در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده وجود دارد، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آنها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب گردد. از به کارگیری عبارت "et al." در لیست مقالات به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و اسامی تمامی نویسندگان به ترتیب ذکر شده در منبع مورد نظر آورده شده و نام کامل خانوادگی و حرف اول نام نویسندگان با ویرگول و قبل از نام آخرین نویسنده با & از یکدیگر تفکیک گردند. از ایجاد ارتباط یا Link منابع با شماره‌های آنها در متن خودداری شود. سال‌های شمسی تمام منابع فارسی مورد استفاده در مقاله به صورت سال میلادی مطابق اصل منبع ارائه گردد. لینک DOI مقالات در انتهایی منابع مربوط اضافه شود. در مورد منابعی که فارسی است، به منظور آگاهی خواننده عبارت "In Persian" در انتهایی منبع در داخل کروشه آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی:

Author, A. A., & Author, B. B. (Year). *Title of book*. Location: Publisher.

Mozaffarian, V., (2009). *Trees and shrubs of Iran*. Tehran: Farhang Moaser Publisher. [In Persian]

✓ کتاب ترجمه شده:

Author, A. A., & Author, B. B. (The translation Year). *Title of book*. Translator, A. A., Location: Translation Publisher.

McCoy, R. M. (2005). *Field Methods in Remote Sensing*. Jafari, R., Tehran: Iran University Press.

✓ مقاله:

Author, A. A., Author, B. B., & Author. C. C. (Year). Title of article. *Title of Journal*, volume (Issue), page-numbers. DOI:

Mansourmoghaddam, M., Naghipur, N., Rousta, I., & Ghaffarian, H. R. (2022). Temporal and Spatial Monitoring and Forecasting of Suspended Dust Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data (Case Study: Qazvin Province). *Desert Management*, 10(1), 77-98. DOI: 10.22034/jdmal.2022.548083.1372 [In Persian]

✓ رساله دکترا:

Author, A. A. (Year). *Title of Thesis*. Degree, University: Placed Published.

Abdolshahnejad, M. (2020) *Dust storm risk assessment and providing strategies to contact it (Case study: Ahvaz County)*. PhD thesis, University of Tehran. [In Persian]

✓ کنفرانس:

Author, A. A. (Year). *Title*. Paper presented at the Conference Name, Conference Location.

Bagherian Ardabiliyan, P. (2009). *Investigating the methods of reducing evaporation from water resources and reservoirs with a look at the evaporation situation in the surface waters of East Azerbaijan province*. 3rd Conference on Water Resources Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]

Author, A. A. (Year). Title of webpage: Subtitle if needed, Retrieved Month day, year, from source.

NCAA Committee on Sportsmanship and Ethical Conduct. (2012). *Operations plan: Strategic planning and budgeting for the 2012 and 2013 Academic Years*. Retrieved February 9, 2012, from <http://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship-ethics/index.html>

نکته: رعایت اصول تایپی در استفاده از نقطه، کاما و فاصله بین کاراکترها و غیره دارای اهمیت است و باید با دقت رعایت گردد.

- کنترل شود که کلیه منابع استفاده شده در متن مقاله، در لیست منابع ذکر شده باشند و یا منابع ذکر شده در لیست منابع در متن به عنوان رفرنس استفاده شوند.

۱۱- برگ چکیده مبسوط به لاتین:

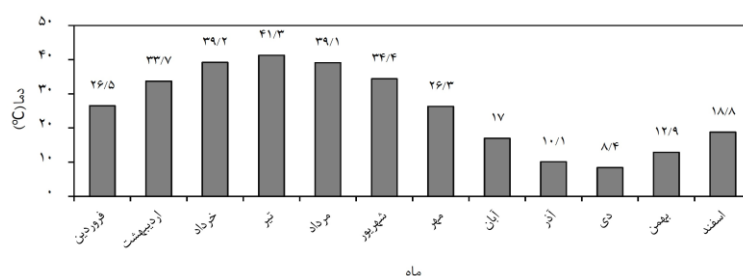
چکیده مقاله به زبان انگلیسی به صورت مبسوط همراه برگردان کامل عنوان و کلمات کلیدی در یک فایل بدون مشخصات نام و محل کار یا دانشگاه نگارنده (گان) ارسال گردد. این چکیده باید مجموعه کوتاه و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، هدف پژوهش، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۱۰۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده، ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده مبسوط انگلیسی خودداری شود. فرمت نگارش چکیده مبسوط انگلیسی در پایگاه اینترنتی نشریه بخش راهنمای نویسندگان موجود است.

• شیوه نگارش:

مقاله روی صفحه A4 با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلی‌متر و راست و چپ ۲۰ میلی‌متر با قلم نازنین بولد (B Nazanin) فونت ۱۱، در قالب نرم افزار Word تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) انتخاب گردد. تعداد صفحه‌های مقاله با در نظر گرفتن جدول‌ها، شکل‌ها، نتایج، فهرست منابع نباید از ۱۶ صفحه بیشتر باشد. از به کار بردن کلمات انگلیسی که معادل آنها در فارسی موجود است، در داخل متن اجتناب شود و در صورت لزوم واژه انگلیسی در پاورقی با ذکر شماره تایپ شود. سطر اول هر پاراگراف به میزان ۰/۵ سانتیمتر فرورفتگی داشته باشد. نوع و اندازه قلم‌ها، طبق جدول زیر رعایت شود.

B Nazanin 12	واژگان کلیدی فارسی	B Nazanin 14-Bold	عنوان فارسی مقاله
Times New Roman 10	واژگان کلیدی لاتین	Times New Roman 13-Bold	عنوان لاتین مقاله
B Nazanin 13	متن فارسی	B Nazanin 11	اسامی فارسی نویسندگان
Times New Roman 11	واژگان لاتین داخل متن	Times New Roman 10-Bold	اسامی لاتین نویسندگان
Bold -B Nazanin 11	عنوان جدول‌ها و شکل	B Nazanin 13- Bold	عناوین فرعی متن فارسی
B Nazanin 10	متن جداول	B Nazanin 11	متن چکیده فارسی
Times New Roman 11	منابع لاتین	Times New Roman 10	متن چکیده لاتین
B Nazanin 12	منابع فارسی	B Nazanin 10	پاورقی فارسی
Times New Roman 12- Italic	نام‌های علمی	Times New Roman 9	پاورقی لاتین

جدول، شکل‌ها، نتایج را خیلی دقیق‌تر و واضح‌تر از متن نمایش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول‌ها نباید به صورت منحنی و یا به شکل دیگری در مقاله تکرار شوند. شماره و عنوان جدول در بالای جدول ذکر گردد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به خود باشد. چنانچه تمام ارقام جدول دارای واحد یکسان باشد، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. توضیحات عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه گردد. نتایج بررسی‌های آماری باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط یا Link نمودارها با دیگر فایل‌ها خودداری شود. شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه بوده و همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری شوند. شکل‌ها باید با کیفیت بالا باشد. عنوان هر شکل در پایین آن درج گردد. عکس‌ها باید واضح، مطالب آنها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌های اقتباس شده که از منابع دیگر، الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها با فرمت JPEG, Tiff, Excel, یا PDF جهت چاپ نهایی به نشریه ارسال گردد. شکل‌ها و جداول مطابق نمونه بدون کادر تنظیم شود.



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر مجله مدیریت بیابان

- جداول بایستی بدون خطوط عمودی و به صورت نمونه ذیل تهیه گردند. جدول‌ها را شماره گذاری کرده و شماره را در اول عنوان قید و در متن رفرنس دهید.

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر مجله مدیریت بیابان

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
یزد	۵۴° ۲۴'	۳۱° ۵۴'	۱۲۳۰
بندر عباس	۵۶° ۲۲'	۲۷° ۱۳'	۱۰
بندر انزلی	۴۹° ۲۸'	۳۷° ۲۸'	-۲۶/۳
اهواز	۴۸° ۴۰'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵
شهرکرد	۵۰° ۵۱'	۳۲° ۲۰'	۲۰۶۱/۴

- رابطه‌ها باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره گذاری شده و در متن مقاله قبل از رابطه رفرنس داده شوند. شماره رابطه‌ها باید در انتهای سمت راست و در امتداد سطر حاوی رابطه‌ها در داخل پرانتز قید شود. مثال:

$$E = m \cdot c^2 \quad (۱)$$

- کلیه عامل‌های دو طرف علامت مساوی در ذیل رابطه‌ها با ذکر واحد آن معرفی شوند.
- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) بوده و با خلاصه آنها در سیستم SI یا (International System of units) نوشته شوند.
- مقالات بایستی با نرم افزار MSWord ارسال و از انجام هرگونه تنظیمات اضافی در فایل خودداری شود.
- رعایت نیم فاصله در کلمات ترکیبی و جمع مانند بیابان‌زایی، بیابان‌ها، اندازه‌گیری، شده‌اند، می‌شود، می‌توان و ... ضروری است.
- نقطه و ویرگول بدون هیچ فاصله‌ای در انتهای کلمات قرار گرفته، اما بین آنها و کلمه بعدی یک فاصله نیاز است.
- شماره پاورقی‌ها در هر صفحه باید به صورت مجزا از دیگر صفحه‌ها آیند.
- در روش نوین نگارش از پرانتز استفاده نمی‌شود و مطلب مستقیماً در متن بیان می‌گردد. از نوشتن مطلب در پاورقی و نیز در داخل پرانتز خودداری نمایید.
- مقاله در فرمت تک ستونی تدوین و ارسال شود و از تدوین آن در دو ستون خودداری گردد.
- عدم رعایت شیوه نامه فوق موجب تأخیر در پذیرش و رفت و برگشت‌های مکرر و زمان‌بر مقاله خواهد شد.
- مقاله ارسالی به دفتر نشریه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی‌شود.
- هیأت تحریریه در رد و ویرایش مقالات مجاز است.
- مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسندگان است.

● فایل های ارسالی شامل:

- (۱) متن اصلی مقاله بدون اسامی نویسندگان با فرمت doc و یا docx
 - (۲) یک صفحه شامل عنوان فارسی و انگلیسی مقاله به همراه اسامی، سمت و آدرس نویسندگان و نویسنده مسئول
 - (۳) فرم تعارض منافع با امضای نویسنده مسئول و تعهدنامه امضا شده توسط تمامی نویسندگان
- ارسال این تعهدنامه برای آغاز بررسی اولیه الزامی است و در صورت عدم بارگذاری تعهدنامه به همراه مقاله، مقاله ارسالی بررسی نخواهد شد.
- ارسال تعهدنامه مبنی بر (۱) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (۲) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریه‌ها تا تعیین تکلیف در این نشریه و (۳) اطلاع تمامی نویسندگان از ارسال مقاله به دفتر نشریه مدیریت بیابان الزامی است.

فایل های مذکور بایستی در سامانه نشریه به آدرس www.jdml.ir در بخش ارسال مقاله ثبت گردد.

نشانی پستی دفتر مجله مدیریت بیابان : یزد، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران کدپستی:

۷۴۱-۸۹۱۹۵

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: jdm.isadmc@yahoo.com

راهنمای نگارش مقاله بر اساس شیوه نامه APA در سایت انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی قابل دسترس است.

نویسندگان محترم بعد از پذیرش مقاله در سامانه نشریه موظف هستند مبلغ سه میلیون و پانصد هزار ریال را به شماره حساب ۲۰۰۷۵۱۷۳۰۳ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد، کد شعبه ۲۰۰۷۵، نام صاحب حساب: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی، واریز نمایند.

Study the Effect of Natural and Anthropogenic Factors on The Ground Water Falling in The Minab Plain

J. Bahari Meimandi¹, O. Bazrafshan^{2*}, Y. Esmaelpour², M. Shekari³, H. Zamani³

1. Ph. D Student of Watershed Engineering and Science, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Statistics, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding Author: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

Received date: 24/04/2023

Accepted date: 20/05/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412)

Extended Abstract

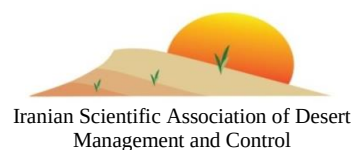
Introduction

Groundwater is the main source of fresh water in arid and semi-arid regions, making it resilient to the lack of precipitation. Previously, groundwater was considered an unlimited or, at a minimum, entirely renewable natural resource. However, in recent decades, primarily because of population growth and industrial development, it has been under irreparable pressure, which has resulted in groundwater depletion in most parts of the world, in particular in Iran. In addition to the mentioned factors, climatic events, climatic changes caused by global warming and drought sequences, geological and topographical characteristics are also effective at raising and lowering ground water levels. Several studies have been conducted to investigate factors affecting the depletion of aquifers. Studies such as the investigation of climatic factors and aquifer extraction on changes in the level of the Maharluo lake, changes in groundwater quantity and quality in Sistan and Balochistan and factors affecting the depletion of aquifer storage in Darab have shown that the human and climatic factors have been effective in depleting groundwater. Studies in China have stated that socio-economic and agricultural development, land use changes, and dam construction are the most important factors in depleting groundwater resources. The Minab Plain is one of the fertile areas of Hormozgan province, where excessive groundwater extraction has reduced groundwater levels in the area. This plain also plays an important part in the transfer of water between basins from Minab to Bandar Abbas, so that a large quantity of water is pumped and transferred daily. Therefore, it is important to study the variables that affect the depletion of groundwater reserves in this plain. Considerable research has been carried out in the Minab plain to investigate changes in hydroclimatic variables, land use and groundwater. However, no research was conducted on the effect of these factors on groundwater loss. The aim of this research is to analyze the trend of hydro-climatic variables and groundwater level, to investigate land use changes, to detect the trend of groundwater extraction, water transfer operations from Minab plain to Bandar Abbas and, to investigate its effects on depletion in the Minab plain.



Desert Management

www.isadmc.ir



Material and Methods

The study area in the present study is the Minab Plain which the Esteghlal Dam was built on this river in 1983, with a water intake volume of 250 MCM. The data used in the research including the groundwater level, precipitation, discharge, and temperature. The number of 47 piezometric or observation wells have measured water level variations in the Minab plain since 1986, and 20 rain gauge stations have been distributed around case studies, of which 10 active rain gauge stations, six evapotranspiration stations and four hydrometer stations are used with a long statistical period. In the current study, the Mann-Kendall non-parametric method was used to analyze the trend. The point change was determined by the Pettitt's test. Landsat satellite time series images were used to extract land use classes. Considering the existing land uses in the region, five land uses were considered: agricultural, rock, rangeland, urban and waterbodies. The images were analyzed in three time periods of 1991, 2005 and 2021 using Landsat satellite images.

Results and Discussion

The results indicate that during the 1986-2020 statistical period, the average level of groundwater in the plain fell by 10.19 m. The calculated Mann-Kendall statistic is -6.69, indicating a significant negative trend and, according to the Pettitt test statistics, 2013 was reported as a time of change. With respect to the trend of hydroclimatic variables, temperature and evapotranspiration are increasing at all stations, while precipitation and flow are trending downward which is not statistically significant. In addition, at most stations, change points were from 2001. The results of the land use change survey showed that rangeland decreased by 22%, and irrigated agricultural land and urban land increased by 2.2 and 2.8 times, respectively. In investigating the effect of human factors on groundwater depletion levels, it showed that the number of wells increased from about 100 to 796 wells, 16 wells were drilled in this plain to provide drinking water to Bandar Abbas, and the inter-basin water transfer with a discharge flow of 1200 lit/s, started since 2002 has put double pressure on the storage. The other reason for groundwater depletion is the decrease in aquifer feeding because of the decrease in precipitation, increase in temperature and evaporation, and decrease in infiltration of water from the Minab River, especially after the operation of Esteghlal dam in 1984. The amount of aquifer feed due to runoff infiltration is 12/77 MCM, or 22% of the total aquifer feed. Finally, it can be concluded that natural factors, including a reduction in precipitation and runoff and an increase in temperature, and non-natural factors such as building dams, increasing the allocation of aquifers for agriculture, domestic and industrial purposes, inter-basin transfer water, the increase in agricultural land and residential areas led to a double pressure on groundwater storage in the Minab Plain, resulting in a marked depletion of groundwater levels in the Minab Plain.

Keywords: Hydroclimatic factors; Trend analysis test; Inter-basin water transfer; Land use changes





بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر افت سفرهٔ آب زیرزمینی در دشت میناب

جعفر بهاری میمند^۱، ام‌البنین بذرافشان^{۲*}، یحیی اسماعیل پور^۲، مرضیه شکاری^۲، حسین زمانی^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳. استادیار گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

doi: [10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412)

چکیده

یکی از منابع آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک آب‌های زیرزمینی است که موجب تاب‌آوری در برابر کمبود بارش می‌شود. اما در چنددههٔ گذشته، به دلیل رشد جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعتی، فشار جبران‌ناپذیری بر آن وارد نموده و موجب افت سطح آب زیرزمینی در بیشتر نقاط دنیا بخصوص در ایران شده است. از طرفی علاوه بر تغییرات کاربری اراضی، نوسانات متغیرهای هیدرواقليمی نیز بر تغییرات تراز سفره مؤثر است. دشت میناب در استان هرمزگان طی چند دههٔ اخیر، به دلایل متعدد دچار افت تراز آب زیرزمینی شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل هیدرواقليمی و انسانی بر این تغییرات صورت گرفته است. برای این اساس، با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست، نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی در سه بازهٔ زمانی استخراج شد. همچنین متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیک و سطح آب زیرزمینی منطقه نیز در بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و پتیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی حاکی از افت ۱۰/۱۹m در دشت است که این کاهش تراز از سال ۱۳۸۱ آغاز و تاکنون با رشد ۰/۴۴۹m در سال ادامه دارد. نتایج بررسی روند متغیرهای هیدرواقليمی نشان داد، باران و دبی جریان رودخانه در این منطقه رو به کاهش و تبخیر-تعرق پتانسیل و دما رو به افزایش هستند و عموماً نقاط شکست و نقطهٔ تغییرات در نمودار از دههٔ ۱۳۸۰ آغاز شده است. تغییرات کاربری اراضی نشان داد، مقدار اراضی مرتعی ۲۲٪ کاهش و اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی فاریاب تقریباً دوبرابر شده است. همچنین احداث و بهره‌برداری سد میناب از سال ۱۳۶۳، کاهش جریان آب ورودی از حوزهٔ آبخیز بالادست به دشت و کاهش ۲۲٪ تغذیه آبخوان، افزایش تعداد چاه‌ها طی سه دههٔ گذشته برای هدف کشاورزی و تهیهٔ آب شرب بندرعباس و میناب از دیگر عوامل مؤثر بر افت آبخوان بوده است.

واژگان کلیدی: آزمون روند؛ انتقال آب بین حوضه‌ای؛ تغییر کاربری اراضی؛ هیدرواقليم



■ مقدمه

آب‌های زیرزمینی منبع اصلی آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که موجب تاب آوری در برابر کمبود بارش می‌شود. آب‌های زیرزمینی پیش از این به عنوان یک منبع طبیعی بی‌حد و حصر یا حداقل به طور کامل تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شد، اما در طول چنددهه گذشته، عمدتاً به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنعتی، فشار جبران‌ناپذیری بر آن وارد نموده و سبب افت سطح آب‌زیرزمینی در اکثر نقاط دنیا بخصوص در ایران شده است (۱۰). اگرچه پیشرفت در فناوری کشاورزی در دنیا چشمگیر بوده است، اما در بسیاری از مناطق به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، مدیریت ضعیف منابع آب، منجر به تخلیه قابل توجه آب زیرزمینی شده که خود سبب کاهش کمیت و کیفیت آب، فرونشست و منازعات آبی شده است که این مسئله اهمیت مدیریت منابع آب زیرزمینی را در این مناطق بیش از پیش ضروری می‌نماید. علاوه بر عوامل انسانی، رویدادهای اقلیمی، تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و توالی‌های خشکسالی، مشخصات زمین‌شناسی و پستی و بلندی نیز بر افت و خیزهای تراز آب زیرزمینی مؤثرند (۴۰).

علاوه بر عامل هیدرواقلیم، تغییرات کاربری اراضی نیز موجب تغییر در چرخه هیدرولوژیک حوزه آبخیز می‌شود و در نتیجه موجب برهم خوردن توازن بین مولفه‌های این چرخه می‌شود (۵). هر دو پدیده خشکسالی و تغییرات کاربری اراضی علاوه بر کمیت منابع آب، کیفیت این منابع را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین برای درک درست از نوسانات کمی و کیفی منابع آب در شرایط خشکسالی، در نظر گرفتن تغییر کاربری زمین در بازه‌های مختلف نیز ضروری است.

کشور ایران با میانگین سالانه 250 mm بارش یکی از کشورهای خشک دنیا محسوب می‌شود، شدت استخراج آب‌های زیرزمینی در کشور ما، سه برابر استاندارد دنیا گزارش شده است و از ۶۰۰ دشت موجود در ایران، ۲۹۷ دشت در شرایط فوق بحرانی هستند (۱۷، ۲۲، ۲۶) که بسیاری در اثر برداشت بی‌رویه تا 20 m افت داشته‌اند (۳۰). برای نمونه دشت شاهرود در دشت کویر طی دوره زمانی

۱۳۷۲ تا ۱۳۸۴ به مقدار 14 m ؛ دشت داراب در استان فارس طی دوره ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۵ به میزان $12/6\text{ m}$ ؛ دشت مشهد طی دوره زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷ به مقدار $12/1\text{ m}$ ؛ دشت کاشان در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۶ به میزان 10 m ؛ دشت اراک در کویر میقان طی دوره زمانی ۱۳۴۹ تا ۱۳۸۴ به میزان 10 m ؛ دشت میناب در بیابان‌های ساحلی جنوب طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ به میزان 10 m ؛ و دشت نیشابور به میزان 6 m طی دوره زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۵ (۱)، (۳، ۳۷، ۲۱، ۶)، لذا لزوم توجه به منابع آب زیرزمینی در ایران امری حیاتی است.

در سطح دنیا نیز گزارش‌های متعددی از افت تراز آب زیرزمینی گزارش شده است که می‌توان به در هند با افتی معادل ۲۰ تا 34 m طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ (۳۷)؛ در دنیا طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ با افتی معادل ۱ تا $2/7$ ؛ (۳۹) $0/6\text{ mm/year}$ تا 31 mm/year در ایالات متحده طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ (۱۶، ۳۵) و $0/31\text{ mm/year}$ در سطح دنیا طی سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ (۱۲) اشاره کرد.

در زمینه بررسی عوامل مؤثر بر افت سطح آبخوان‌ها مطالعات متعددی صورت گرفته است. مطالعه محققان در بررسی عوامل اقلیمی و برداشت از آبخوان بر تغییرات تراز دریاچه مهارلو نشان داد، تراز مهارلو با کاهش 82% ؛ در مواجهه مستقیم اثرات کاهش بارش نبوده، اما افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل به‌همراه افزایش پمپاژ و تقلیل تخصیص آب رودخانه به مهارلو یکی از مهمترین دلایل کاهش سطح آب دریاچه بوده است (۲۴). محققان در بررسی تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در سیستان و بلوچستان اعلام نمودند، طی ۳۰ سال گذشته، کیفیت آب زیرزمینی 25% کاهش و تراز آب زیرزمینی کاهش یافته است که مهم‌ترین عوامل علاوه بر خشکسالی‌های مکرر، عدم دریافت حقابه رودخانه هیرمند، افزایش جمعیت و افزایش پمپاژ و تغییرات کاربری اراضی است (۲). محققان در بررسی عوامل مؤثر بر افت تراز آب در داراب طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲، افت بیش از 30 m در برخی نقاط دشت داراب را گزارش دادند. ایشان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افت قابل ملاحظه را برداشت بی‌رویه طی سه دهه گذشته اعلام نمودند (۱۸). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران در بررسی تأثیر توالی‌های خشکسالی و عوامل انسانی بر تراز آب در دشت

دشت میناب یکی از مناطق حاصل خیز استان هرمزگان است، که متاسفانه خشکسالی‌های اقلیمی در سال‌های اخیر و استخراج بیش از حد از ذخایر آب زیرزمینی باعث کاهش تراز آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است. به دلیل تنش شدید آبی و حفر چاه‌های عمیق با هدف تامین آب شرب و کشاورزی، با کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی مواجه است. از طرفی این دشت در انتقال آب بین حوضه‌ای از میناب به بندرعباس نیز نقش پررنگی دارد و روزانه حجم زیادی آب پمپاژ و منتقل می‌شود (۲۸). لذا بررسی متغیرهای مؤثر بر افت سفره آب زیرزمینی در این دشت ضروری به نظر می‌رسد. تاکنون تحقیقات زیادی در دشت میناب با هدف بررسی روند تغییرات متغیرهای هیدرواقليمی، کاربری اراضی و آب زیرزمینی صورت گرفته، اما تحقیقی که به تأثیر این عوامل بر افت آب زیرزمینی بپردازد، دیده نشده است. از مهم‌ترین اهداف پژوهش حاضر، تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی و سطح آب زیرزمینی طی دوره مورد بررسی، بررسی تغییرات پوشش گیاهی و نوع استفاده از زمین، روند نوسانات برداشت از آب‌های زیرزمینی، عملیات انتقال آب از دشت میناب به بندرعباس و بررسی اثرات آن بر نزول سطح ذخایر آب زیرزمینی در دشت میناب است. کمتر پژوهشی در سال‌های اخیر به شناسایی جامع و تفصیلی عوامل مؤثر بر افت تراز آب در دشت میناب پرداخته است.

■ مواد و روش

معرفی منطقه مورد بررسی و داده‌ها

دشت میناب با وسعت 653 Km^2 با اقلیم گرم و خشک، در جنوب ایران واقع شده است. بالادست دشت میناب، حوزه آبخیز رودخانه میناب قرار دارد که بر روی این رودخانه در بالادست دشت میناب، در سال ۱۳۶۲ سد استقلال با حجم آگیری ۲۵۰ میلیون مترمکعب احداث شده است. حداقل ارتفاع منطقه صفر در نزدیکی ساحل خلیج فارس و حداکثر ۹۰m از سطح دریای آزاد است. منطقه مورد بررسی بین طول‌های جغرافیایی $47^{\circ} 56'$ و $8^{\circ} 57'$ شرقی و عرض‌های $26^{\circ} 58'$ و $27^{\circ} 24'$ شمالی قرار گرفته است. از نظر زمین شناسی در ابتدای دشت آبرفت دانه درشت حاوی ریگ و شن و ماسه و به تدریج در

داراب، نشان دادند، این دشت در سه‌دوره مورد بررسی شامل ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ بیش از ۳۶m افت داشته است، که افزایش سطح اراضی کشاورزی و مسکونی و کاهش بارش، تأثیر مستقیمی بر این افت داشته است (۵). محققین در بررسی تغییرات کاربری اراضی بروی افت تراز آب زیرزمینی در ماهیدشت کرمانشاه، گزارش دادند، میزان افت طی دوره ۲۰ سال گذشته، ۲۳m بوده و تغییرات اراضی کشاورزی دیم از به آبی بیش از ۲۰٪ بوده است، بطوری که سطح اراضی دیم از ۹۹۶۱ به ۹۸۹۶ha کاهش و اراضی آبی از ۵۰۴ به ۵۶۹ha افزایش داشته است. در این مدت تعداد چاه‌های بهره‌برداری از ۱۰۰ به ۲۵۰۰ حلقه افزایش یافته است (۱۳).

در بررسی افت تراز آب زیرزمینی در دشت‌های ساحلی استان هرمزگان، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که زمان انتشار خشکسالی هواشناسی بر آب زیرزمینی حداقل ۶ و حداکثر ۴۸ ماه به طول می‌انجامد. همچنین روند تغییرات تراز آب طی دو دهه گذشته نشان از کاهش معنی‌دار آن در دشت‌های مرکزی و شرقی است. بطوری که آماره Z کندال در دشت میناب ۳/۰۱- گزارش شده است (۹).

در بررسی عوامل انسانی و طبیعی شامل تغییرات آب و هوایی بر افت تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز ماناس در شمال چین، محققان گزارش دادند، طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۹ بطور متوسط ۱۱ تا ۱۷m افت داشته است که توسعه اقتصادی - اجتماعی و کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی و سدسازی مهمترین عامل در آن بوده است (۳۹). محققان در بررسی تغییرات تراز آب دشت کاشان گزارش دادند، این دشت طی ۲۹ سال گذشته ۲۹m، بطور متوسط سالانه ۵۴m/۰ افت داشته است. بیشترین افت و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به طور متوسط در بخش‌هایی از دشت صورت گرفته است که تمرکز زمین‌های کشاورزی در این منطقه بالا بوده است (۳۲).

همچنین محققان در بررسی اثرات شهرسازی و تغییرات پوشش گیاهی بر تراز آب زیرزمینی در استان یزد، گزارش دادند، در مناطقی که تراکم جمعیت و شهرسازی و اراضی کشاورزی بیشتر بوده‌است، تراز آب زیرزمینی به طور قابل توجهی کاهش داشته است (۲۳).

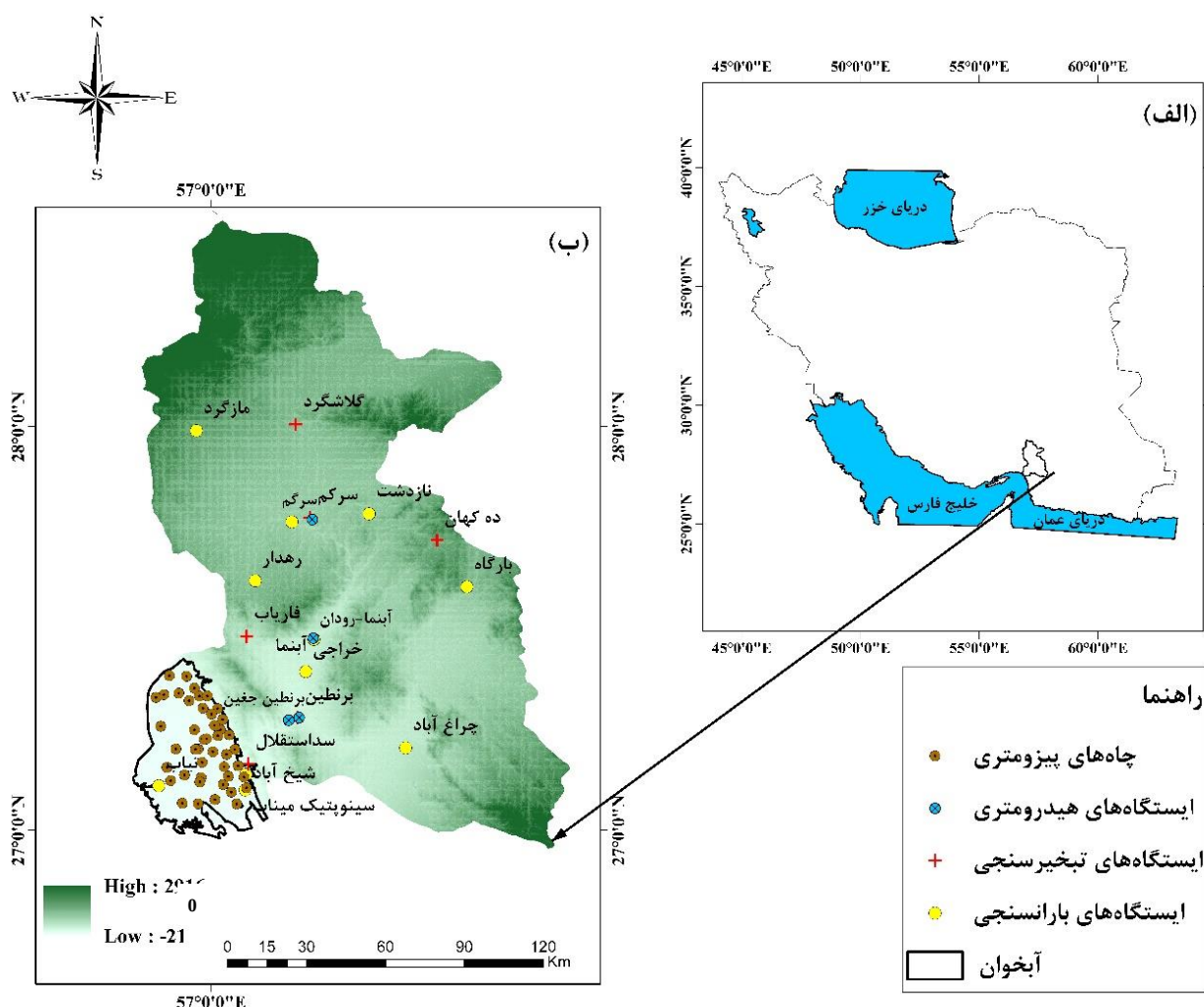
در دشت میناب را از سال ۱۳۶۵ اندازه‌گیری کرده‌اند و ۲۰ ایستگاه بارانسنجی در اطراف حوضه آبخیز میناب و درون دشت توزیع شده‌اند که از این تعداد، ۱۰ ایستگاه بارانسنجی فعال، ۶ ایستگاه تبخیرسنجی و ۴ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری طولانی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱، شکل ۱ ب).

آزمون تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی

در پژوهش حاضر، برآورد روند با روش من-کندال (۲۵) صورت گرفت. براین اساس، ابتدا برای تصادفی بودن داده‌ها از آماره T کندال (رابطه ۱) استفاده شد.

$$T = \left[\frac{4P}{n(n-1)} \right] - 1 \quad (1)$$

انتهای دشت، رسی است. بخش عمده زمین شناسی دشت ماسه سنگ فلیشی است (۲۰). میانگین ماهیانه دما $28/1^{\circ}\text{C}$ و میانگین بارندگی $212/5\text{mm}$ در سال است. بیش از ۹۰٪ بارش‌ها طی ماه‌های دی تا اسفند رخ می‌دهد (۷). مقدار کل سطح زیر کشت آبی در این منطقه 14396ha شامل 13273ha باغ و 1096ha زمین‌های زراعی است. بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه نیز نشان می‌دهد که آب زیرزمینی دشت میناب در اغلب مناطق برای مصارف مختلف دارای محدودیت نبوده و می‌تواند برای گیاهان زراعی و باغی مختلف مورد استفاده قرار گیرد. موقعیت منطقه مورد مطالعه را در ایران و حوضه میناب در (شکل ۱) نشان می‌دهد. داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر تراز آب زیرزمینی، بارش، دبی، شدت بارش و دما است. چاه مشاهده‌ای به تعداد ۴۷ حلقه تغییرات تراز آب



شکل ۱. موقعیت دشت میناب و ایستگاه‌های مورد بررسی (الف): ایران (ب): حوزه آبخیز میناب. تن رنگ نشان‌دهنده تغییرات ارتفاع از سطح دریا در حوضه میناب است.

جدول ۱. مشخصات آماری ایستگاه‌های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه‌های باران‌سنجی	متوسط سالانه بارش (mm)	ایستگاه‌های تبخیرسنجی	متوسط سالانه دما (°C)	متوسط سالانه تبخیر (mm)	ایستگاه‌های هیدرومتری	متوسط سالانه دبی (m ³ /s)
برنطین میناب	۱۹۴	برنطین میناب	۲۶/۵	۳۶۰۲	برنطین میناب	۸/۹۷
بارگاه	۱۹۸	ده کهن	۲۲	۲۶۱۱	جغین	۱/۱۴
تیاب	۲۰۳	سد استقلال	۲۸/۴	۲۶۷۷	سداستقلال	۳/۴۱
چراغ‌آباد	۱۸۱	سرکم	۲۵/۲	۳۲۴۲	آب‌نما	۴/۰۱
خراجی	۲۳۱	فاریاب	۲۵/۷	۳۳۴۶		
رهدار	۲۵۶	گلاشگرد	۲۵/۵	۲۹۱۱		
شیخ‌آباد	۱۹۱	-				
مازگرد	۱۷۴	-				
محمدآباد	۲۵۹	-				
نازدشت	۱۷۱	-				

که T: آماره کندانال و P: مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف ni که بعد از آن قرار می‌گیرند. P از (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$P = \sum_{i=1}^n ni \quad (2)$$

که در این رابطه، n: تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده است. به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه ۳ استفاده می‌شود:

$$T_t = \pm t_g \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (3)$$

که tg: مقدار بحرانی نرمال با سطح احتمال آزمون است که در سطح احتمال ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار و با استفاده از (رابطه ۳)، برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی من-کندانال می‌باشد. در این آزمون، آماره U_i نشان دهنده مقدار جهت روند می‌باشد. در این روش داده‌ها را رتبه‌بندی و آماره t_i ، نسبت رتبه i به رتبه‌های ماقبل محاسبه می‌شود. برای بررسی تغییرات و معنی‌دار بودن آن‌ها باید شاخص i U' نیز تعیین شود. چنانچه دو منحنی U و U' در محدوده اطمینان ۹۵٪ درون محدوده بحرانی $(\pm 1/96)$ به هم برخورد کنند، زمان شروع تغییر ناگهانی وجهش در سری زمانی

است و در صورتی که خارج از محدوده‌ی بحرانی همدیگر را قطع نمایند، بیانگر وجود روند معنی‌دار است (۱۶).

محاسبه روند با روش آزمون پتیت

چنانچه دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی هیدروکلیماتیک X_i را در نظر بگیرید، که $i = 1, \dots, \tau$ باشد. زمانی آزمون پتیت (۳۴) تغییر در نقطه τ را معنی‌دار می‌داند که X_t برای $(i = 1, \dots, \tau)$ دارای تابع توزیع $F_1(x)$ و X_t برای $(t = \tau + 1, \dots, T)$ دارای تابع توزیع $F_2(x)$ بوده و $H_0: \tau = T$ باشد. این آزمون دو فرض $F_1(x) \neq F_2(x)$ برای عدم وجود تغییر و $H_1: \tau \neq T$ برای وجود روند را مقابل هم و آماره K_T را برای تست دو نمونه $X_1, \dots, X_t$ و $X_{t+1}, \dots, X_T$ از یک جامعه در نظر می‌گیرد (رابطه ۴).

$$K_T = \max |U_{t,T}|, 1 \leq t < T \quad (4)$$

که در آن U : آماره پتیت، T و t : عامل زمان و K_T : احتمال تقریبی است. $U_{t,T}$ از (رابطه ۵) بدست می‌آید:

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (5)$$

احتمال اهمیت تقریبی K_T با P_{OA} تعیین می‌گردد و به صورت (رابطه ۶) محاسبه می‌شود (۳۴).

لذا سال ۱۳۶۶ نقطه شروع جهش و اگر خارج از حد بحرانی به هم برخورد کنند (خط چین آبی)، بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. U_i طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ خارج از باند بالا و دارای روند افزایشی معنی‌دار است و از سال ۱۳۸۱ به بعد وارد روند منفی و خارج از باند پائین می‌شود. روند و نقاط شکست در داده‌های سفره در مقیاس ماهانه و سالانه در (شکل ۲) نشان داده شد. براساس نتایج، در مقیاس سالانه، مقدار آماره من-کندال محاسبه شده، ۶/۶۹- است، که نشان‌دهنده روند منفی معنی‌دار و بسیار شدید در تراز آب زیرزمینی است. براساس آماره پتیت زمان جهش سال ۱۳۸۱ به دست آمد. در مقیاس ماهانه نیز سال ۱۳۸۱ به بعد سال شروع تغییرات معنی‌دار در تراز سفره بوده و تمام ماه‌ها دارای روند منفی معنی‌دار است. شکل ۴ تغییرات تراز آب را در دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. بعنوان مثال در شمال دشت تراز آب ۱m و در سال ۱۳۹۹ به ۴m افت رسیده و در بخش شرقی ۳m در سال ۱۳۸۵ بوده که در سال ۱۳۹۹ به ۱۹m کاهش یافته است.

تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی

ایستگاه‌های سنجش بارش، دما و دبی که درون دشت و یا حوضه بالادست دشت دارای آمار طولانی‌مدت بودند برای بررسی روند مورد استفاده قرار گرفت. روند متغیرهای هیدرواقليمی در (جدول ۳) ارائه شد. براساس نتایج متغیر دما در تمامی ایستگاه‌ها رو به افزایش است اما به لحاظ آماری فقط ایستگاه برنطین در سطح اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار است. بارش نیز در تمام ایستگاه‌ها کاهشی اما فاقد روند معنی‌دار است. آماره من-کندال در مورد تبخیر و تعرق در بالادست حوضه دارای روند افزایشی معنی‌دار و در پائین دست دارای روند افزایشی اما از نظر آماری معنی‌دار نیست. دبی جریان متوسط سالانه نیز در تمامی رودخانه‌های حوزه‌های آبخیز بالادست در حال کاهش است اما این روند از نظر آماری بی‌معنی است و تنها دبی در برنطین میناب دارای روند کاهشی معنی‌دار است که نقطه شروع کاهش سال ۱۳۸۲ است. تغییرات سالانه متغیرهای مورد بررسی در باند اطمینان ۹۵٪ در ایستگاه نمونه برنطین میناب در (شکل ۵) نشان داده شد.

$$P_{OA} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(K^+)^2}{(T^3 + T^2)} \right\}; T \rightarrow \infty \quad (6)$$

به‌طوری‌که P_{OA} : احتمالی از تشخیص نقطه تغییر است. اگر ارزش عددی P_{OA} کمتر از ۰/۰۵ باشد مشخص‌کننده تغییر قابل توجه در سری زمانی با توجه به سطح معنی‌داری ۵٪ است.

تغییرات کاربری اراضی

تصاویر مورد استفاده برای استخراج طبقه‌های کاربری اراضی، شامل تصاویر ماهواره‌ای سری لندست بود. با در نظر گرفتن کاربری‌های موجود در منطقه، پنج کاربری اراضی کشاورزی، سنگی، مرتع، شهری و آب مد نظر قرار گرفت. تصاویر در سه دوره زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۸۴ و ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. برای طبقه‌بندی از الگوریتم بیش‌ترین شباهت در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 استفاده شد. (۴). برای تعیین صحت نقشه‌ها از ضریب کاپا (رابطه ۷) استفاده شد.

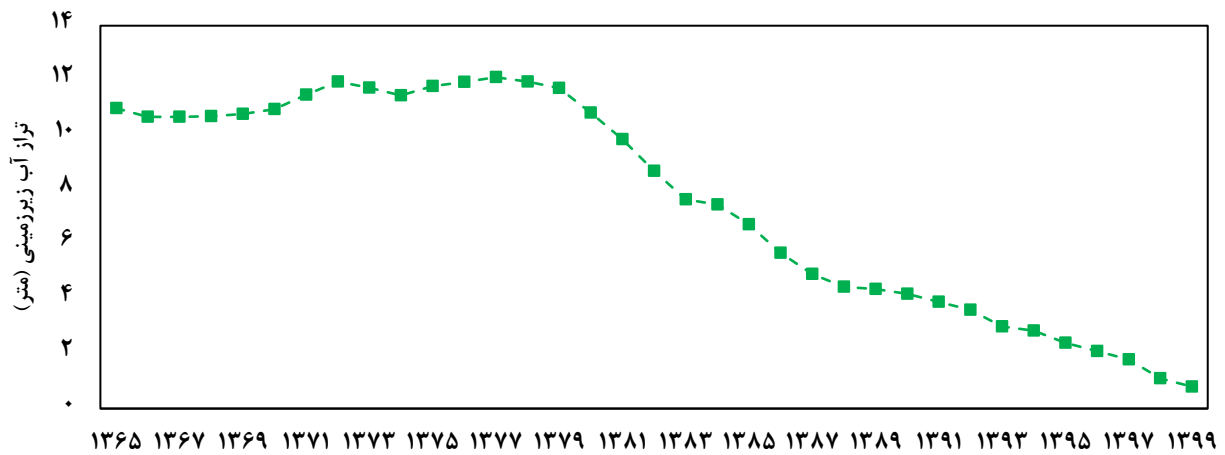
$$K = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ij} - \sum_{i=1}^N (x_i + x + j)}{N^2 - \sum_{i=1}^N (x_i + x + j)} \quad (7)$$

که در آن، N : تعداد کل پیکسل‌ها در ماتریس خطا، X_{ij} : مجموع قطر اصلی ماتریس خطا، X_i : مجموع ردیف X_{ij} : مجموع ستون متناظر از ماتریس خطا می‌باشد (۱۱).

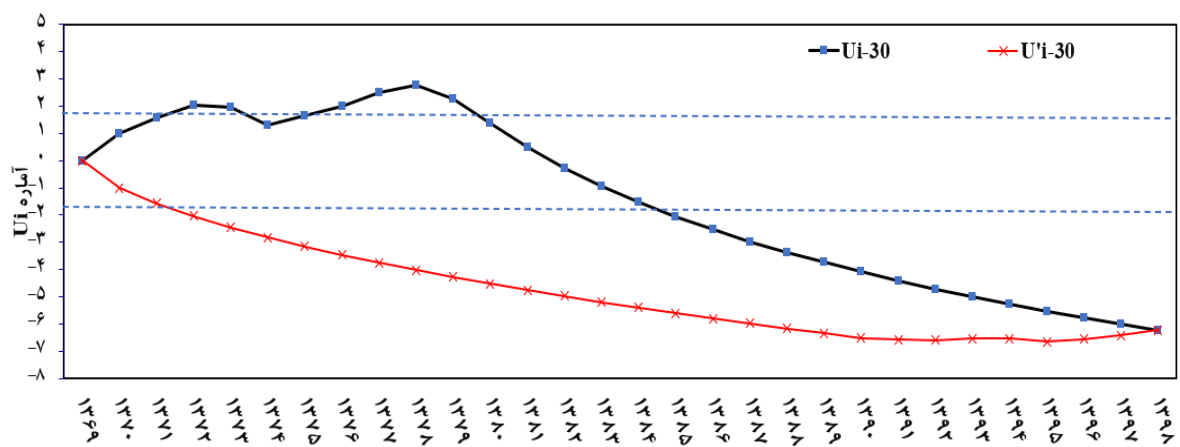
■ نتایج و بحث

تغییرات تراز آب زیرزمینی

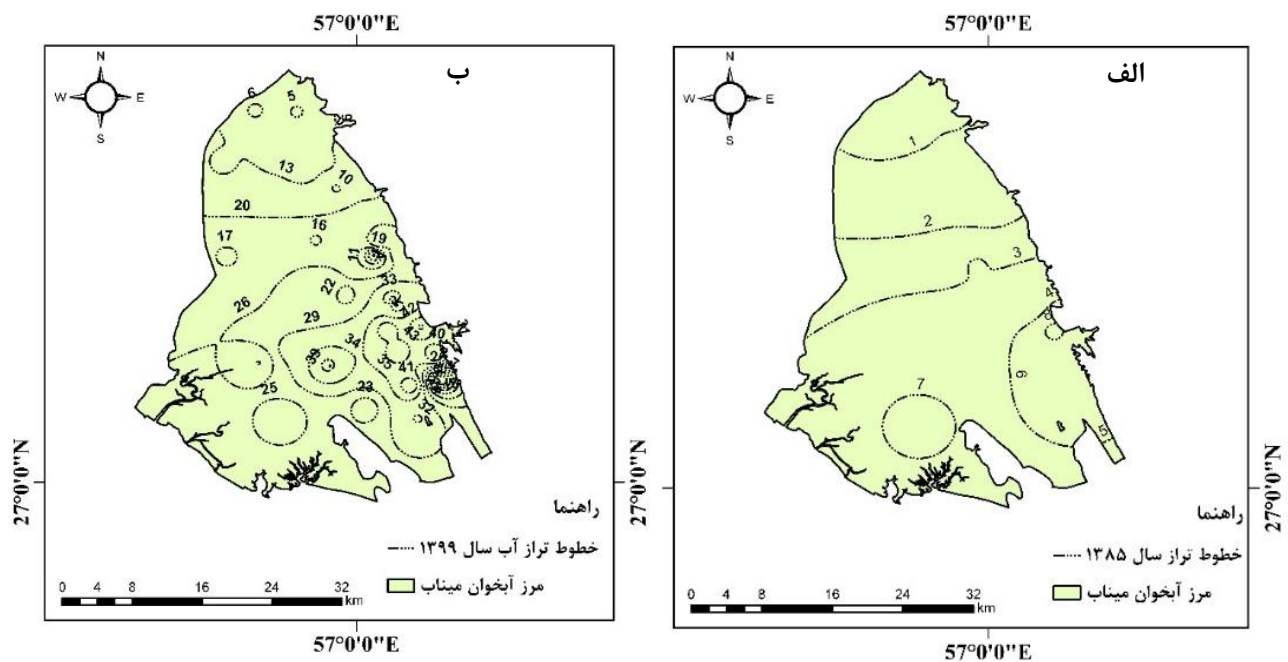
در سطح دشت تعداد ۴۷ حلقه چاه مشاهده‌ای وجود دارد که همه مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی تغییرات کل دشت، از روش پلیگون‌بندی تیسن، تراز متوسط برآورد شد (شکل ۲). طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹، این تراز ۱۰/۱۹m افت داشته است. این تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۲ کاهشی، در دوره کوتاه مدت پنج ساله (۱۳۷۴ تا ۱۳۷۹) افزایشی و سپس با شیب تندی کاهش یافته است. طبق روش‌شناسی آزمون گرافیکی من-کندال زمانی که دو منحنی U و U' همدیگر را در محدوده اطمینان ۹۵٪ و در حدود بحرانی $\pm 1/96$ قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی، جهش یا شکست است (شکل ۳).



شکل ۲. تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت میناب طی دوره آماری مورد بررسی



شکل ۳. روند تراز سفره آب زیرزمینی بر اساس آزمون گرافیکی من- کندال طی دوره آماری مورد بررسی



شکل ۴. تغییرات تراز آب در دو سال ۱۳۸۵ (الف) و ۱۳۹۹ (ب) بعنوان نمونه در دشت میناب

جدول ۲. روند تراز سفره آب زیرزمینی در دشت میناب در مقیاس فصلی و نقطه شکست

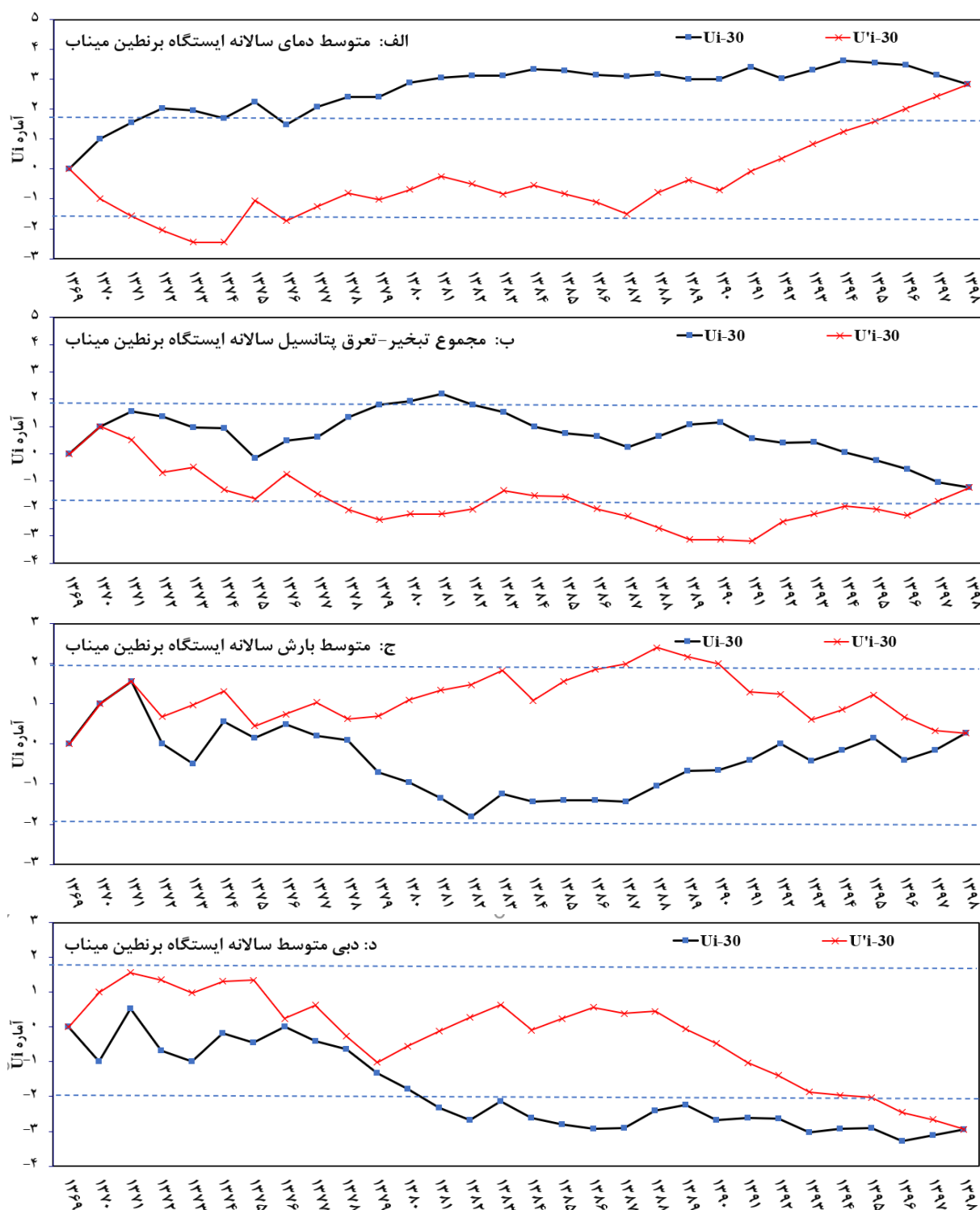
آماره/ ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
من-کندال (Z)	-۵/۵۶	-۵/۵۱	-۶/۲۱	-۶/۵۴	-۶/۱	-۶/۱۲	-۵/۵	-۵/۹۵	-۴/۸	-۴/۷۸	-۵/۲	-۵/۵	-۶/۶۹
P-value	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱>	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷
پتیت (U)	۷۷	۶۴	۶۶	۷۱	۶۸	۷۲	۷۱	۸۸	۷۱	۶۹	۷۸	۷۱	۷۸
P-value	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>
نقطه شکست (سال)	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱

اعداد پررنگ: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵٪

جدول ۳. آمارهٔ من-کندال و پتیت در بررسی روند در متغیرهای هیدرواقليمی

متغیر مورد بررسی	ایستگاه	آمارهٔ کندال	P-value	آمارهٔ پتیت	P-value	نقطه شروع روند
دمای متوسط سالانه	برنطین	۲/۱۹۴	۰/۰۰۱	۸۱	۰/۰۰۰۱	۱۳۹۶
	ده‌کهان	۰/۸۷۶	۰/۵۸۸	۲۵	۰/۴۵	۱۳۸۵
	سد استقلال	۱/۲۹	۰/۲۵	۳۵	۰/۵۶	۱۳۸۵
	سرکم	۱/۹۷	۰/۱۲	۲۰	۰/۵۲	۱۳۸۶
	فاریاب	۰/۹۸۷	۰/۸۵	۱۸	۰/۷۸	۱۳۸۵
	گلاشگرد	۰/۷۹۲	۰/۴۵	۱۵	۰/۵۸	۱۳۷۴
	سینوپتیک میناب	۰/۸۸	۰/۳۳	۲۵	۰/۸۷	۱۳۸۰
	برنطین	-۱/۰۳	۰/۱۵	۲۱	۰/۴۵	۱۳۸۱
تبخیر متوسط سالانه	ده‌کهان	۲/۲۲**	۰/۰۱۵	۷۸	۰/۰۱۲	۱۳۸۴
	سد استقلال	۰/۵۸	۰/۷۵۱	۳۱	۰/۲۵۸	۱۳۸۹
	سرکم	۰/۱۵	۰/۶۳	۱۹	۰/۸۵۴	۱۳۸۲
	فاریاب	۳/۰۶**	۰/۰۰۱	۸۱	۰/۰۰۰۱	۱۳۸۰
	گلاشگرد	۲/۵۳**	۰/۰۰۱	۸۲	۰/۰۰۰۱	۱۳۷۸
	سینوپتیک میناب	۱/۷۴	۰/۰۶	۶۱	۰/۰۷	۱۳۸۲
	برنطین میناب	-۱/۵۲	۰/۱۲	۲۴	۰/۲۷	۱۳۸۴
	بارگاه	۰/۸۶۹	۰/۱۵	۵۴	۰/۵۴	۱۳۸۵
بارش سالانه	تیاب	-۰/۷۹۱	۰/۵۸	۴۱	۰/۸۴	۱۳۸۹
	چراغ‌آباد	-۰/۳۸۷	۰/۱۲	۵۱	۰/۵۱	۱۳۹۰
	خراجی	-۱/۰۴۴	۰/۱۵	۲۴	۰/۶۲	۱۳۸۱
	رهدار	-۱/۰۸۹	۰/۵۸	۵۱	۰/۶۲۱	۱۳۸۵
	شیخ‌آباد	-۰/۳۰۵	۰/۱۸	۲۱	۰/۳۰۱	۱۳۸۴
	مازگرد	-۱/۳۳۸	۰/۵۷	۲۵	۰/۱۴۸	۱۳۷۸
	محمدآباد	۰/۰۴۹	۰/۲۰۵	۳۵	۰/۶۱۲	۱۳۷۷
	نازدشت	-۱/۶۳	۰/۴۸۰	۳۷	۰/۴۰۳	۱۳۸۱
دبی متوسط سالانه	سینوپتیک میناب	۰/۷۵	۰/۴۵۱	۴۱	۰/۲۰۸	۱۳۸۰
	آب‌نما	-۲/۴۵**	۰/۰۰۱	۸۷	۰/۰۴۵	۱۳۸۰
	برنطین جغین	-۱/۲۷	۰/۱۲	۵۶	۰/۲۸	۱۳۸۹
	برنطین میناب	-۱/۴۸	۰/۱۵	۵۱	۰/۳۲	۱۳۸۸
	سرکم	-۰/۸۷	۰/۵۸	۴۱	۰/۷۸	۱۳۸۸

** معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹٪؛ * معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵٪



شکل ۵. روند تغییرات متغیرهای هیدرواقليمی بر اساس آزمون گرافیکی من-کندال طی دوره آماری مورد بررسی در ایستگاه نمونه برنطین میناب

۶) در این مطالعه ابتدا نقشه‌های استخراج شده توسط ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۴). براساس

تغییرات کاربری اراضی

نقشه‌های کاربری زمینی حاصل از تصاویر لندست^۱ در سه دوره زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۸۴، ۱۴۰۰ تهیه گردید (شکل

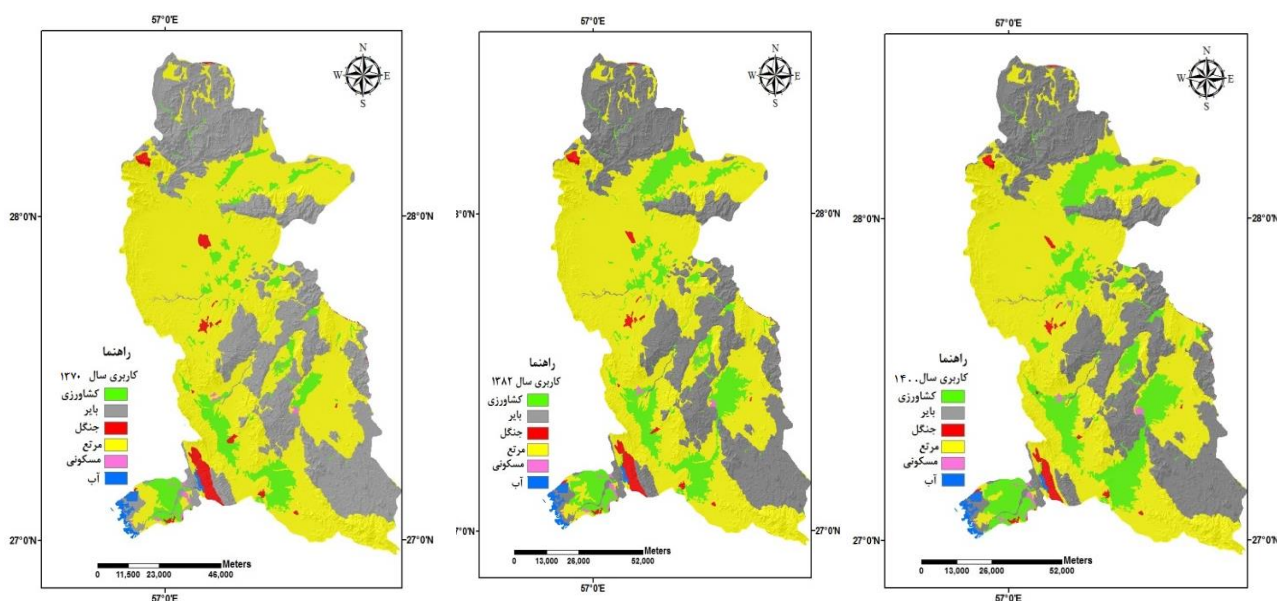
^۱ Landsat

نتایج ضریب کاپا، نقشه‌های تولیدشده دارای دقت قابل قبولی است.

تغییرات انواع طبقه‌های کاربری طی سه دوره مورد بررسی در (جدول ۵) ارائه شد. براساس نتایج، اراضی مرتعی از ۶۱۷۰ به ۵۴۵۳ Km^2 یعنی ۲۲٪ کاهش یافته و اراضی کشاورزی فاریاب از ۵۵۸ به ۱۲۴۲ Km^2 برابر با ۲/۲ برابری افزایش و اراضی مسکونی نیز از ۱۷ به ۴۹ Km^2 یعنی ۲/۸ برابر افزایش یافته است.

عوامل انسانی شامل استخراج از آبهای زیرزمینی، احداث سد و انتقال آب بین حوضه‌ای

رودخانه میناب رودخانه اصلی و پرآب بالادست دشت میناب محسوب می‌شود که حاوی رسوبات بستر درشت‌دانه و قابل نفوذ است، بخش زیادی از آب‌های سطحی که از این رودخانه می‌گذرد به تغذیه سفره منتهی می‌شود. با ساخت سد و بهره‌برداری، حجم زیادی از رواناب‌ها به دشت نرسیده است.



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۷۰ (الف)، ۱۳۸۴ (ب) و ۱۴۰۰ (پ)

جدول ۴. دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سه دوره‌ی زمانی

سال	ضریب کاپا	درصد دقت کلی
۱۹۹۰	۸۶	۷۸
۲۰۰۵	۷۴	۹۰
۲۰۲۱	۸۹	۷۵

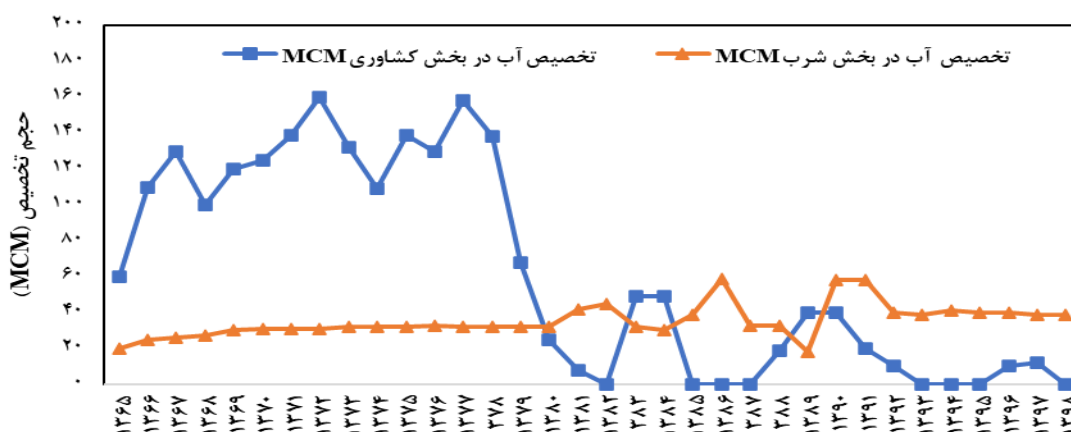
جدول ۵. مساحت طبقه‌های طبقه‌بندی شده در سه دوره‌ی زمانی مورد بررسی

مساحت طبقات برحسب Km^2			
طبقه	۱۹۹۰	۲۰۰۵	۲۰۲۱
سنگی	۳۴۷۵/۲۷۹	۳۴۷۵/۲۹۳	۳۴۷۵/۳۱۶
آبی (سطح دریاچه)	۱۲/۵۰۴	۱۲/۵۱۴	۱۲/۵۱۵
کشاورزی	۵۵۸/۰۳۴	۷۷۴/۵۱۲	۱۲۴۲/۳۷۴
شهری	۱۷/۰۷۳	۳۱/۷۵۹	۴۹/۷۰۸
مرتع-بیشه‌زار-جنگل	۶۱۷۰/۳۶۴	۵۹۳۹/۲۱۲	۵۴۵۳/۳۷۵

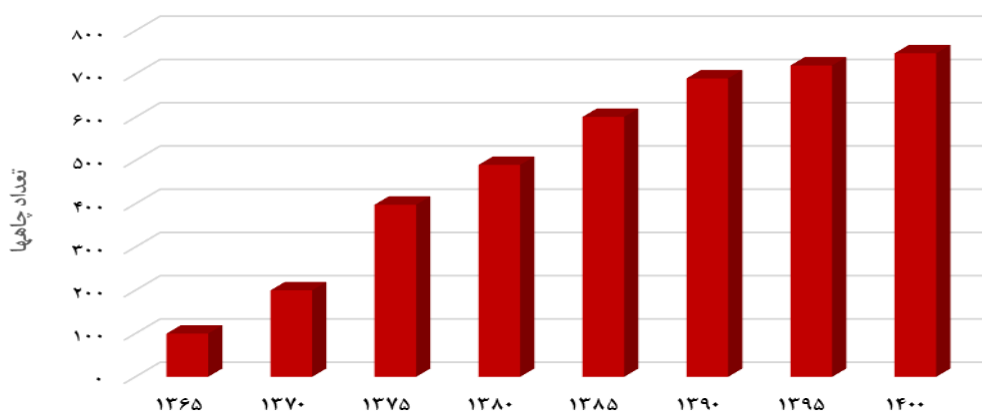
دشت میناب مورد بررسی قرار گرفته است. براین اساس، طی سه دهه گذشته آمار متغیرهای هیدرومتئورولوژیک، آمار برداشت از چاه‌ها و تغییرات کاربری اراضی تهیه و تغییرات آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی تغییرات تراز سفره در دشت میناب نشان داد، طی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹، از تراز ۰/۸ به ۱۰/۹۹ کاهش یافته، که بطور متوسط ۱۰/۱۹m افت را تجربه نموده است. این دشت طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹ دارای تغییرات بسیار ناچیز و از سال ۱۳۸۰ تاکنون شیب تند کاهشی را طی نموده است، بطوری که بطور متوسط سالانه، ۰/۴۴۹m کاهش تراز داشته است. نتایج بذرافشان و همکاران (۱۰) افت ۶m را تا سال ۱۳۸۱ ارائه کرده است. بررسی نقطه جهش با آزمون پتیت، سال ۱۳۸۱ را بعنوان نقطه عطف تغییرات ناگهانی در تراز سفره را تأیید می‌نماید. بررسی تغییرات تراز ماهانه سفره نیز تأیید کننده همین نتایج است.

براساس هدف طرح‌ریزی شده برای احداث سد میناب، مقرر بود تا سالانه حجمی از آب به بخش کشاورزی و شرب تعلق گیرد. اما بر اساس اطلاعات موجود که در (شکل ۷) ارائه شده است، در دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷، مقدار آب تخصیص یافته کشاورزی بطور متوسط از ۱۰۲MCM در پنج سال اول به ۱۵/۸ MCM طی پنج سال دوم کاهش یافته است (شکل ۷) که این کاهش تخصیص یعنی ۹۰MCM از طریق استخراج بیشتر و توسعه چاه‌ها و افزایش استخراج از آبخوان میناب برداشت می‌شود. همچنین مقدار مصرف آب در بخش خانگی از سد میناب نیز از مقدار ۲۹MCM به ۲۰ MCM کاهش داشته است (شکل ۷).

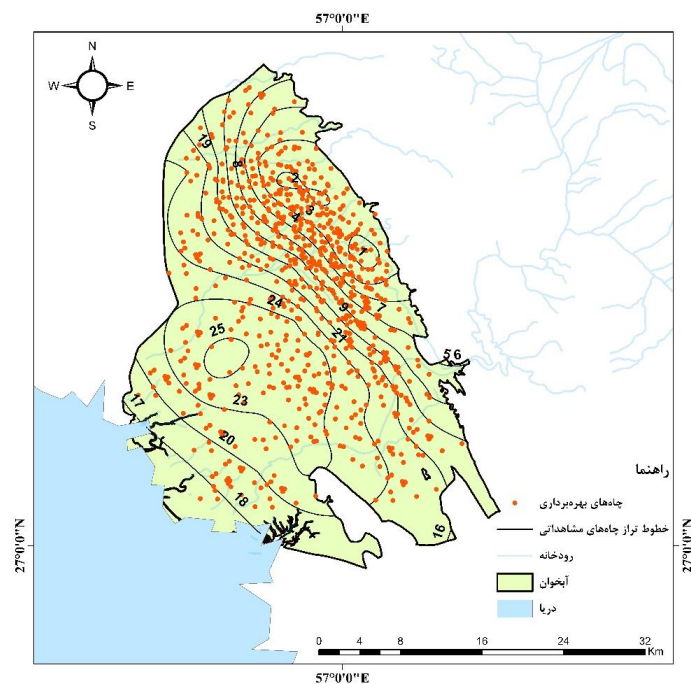
تغییرات تعداد چاه‌های حفر شده طی دوره ۳۵ سال گذشته در میناب در شکل ۸، ارائه شد. براساس نتایج، تعداد چاه‌ها از حدود ۱۰۰ حلقه به ۷۹۶ چاه افزایش داشته است. پژوهش حاضر با هدف تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی و بررسی عوامل انسانی، دلایل افت تراز سفره آب زیرزمینی



شکل ۷. تغییرات مقدار آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی و شرب از سد میناب طی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۸



شکل ۸. تغییرات تعداد چاه‌های بهره‌برداری مجاز در دشت میناب



شکل ۹. تراکم چاه‌های بهره‌برداری در دشت میناب

است که نشان‌دهنده روند رو به افزایش متغیر دما و کاهش متغیر بارش خواهد بود. لذا یکی از دلایل کاهش سطح آب زیرزمینی در خصوص متغیرهای هیدرواقليمی، علاوه بر افزایش پمپاژ، کاهش تغذیه آبخوان از طریق کاهش بارندگی، افزایش دما و تبخیر و کاهش نفوذ آب از رودخانه میناب به‌ویژه پس از بهره‌برداری از سد استقلال میناب از سال ۱۳۶۳ است. با توجه به روند کاهشی جریان رودخانه و کاهش جریان‌های ورودی از ارتفاعات حوزه‌آبخیز بالادست و در نتیجه نفوذ رواناب‌ها کاهش یافته است. نفوذ رواناب، سالانه ۲۲٪ تغذیه آبخوان را تامین می‌نماید. بر اساس گزارش بیلان آب منطقه مطالعاتی میناب (آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۹۹)، مقدار تغذیه آبخوان ناشی از نفوذ رواناب رودخانه، سالانه ۱۲/۷۷ MCM است که معادل ۲۲٪ از کل تغذیه آبخوان است. با احداث و بهره‌برداری سد میناب در سال ۱۳۶۳ این حجم از نفوذ به سفره کاهش یافته و میزان آب ورودی به سفره به شدت کاهش یافته است. قابل ذکر است که بخش قابل توجهی از آب این سد به بخش کشاورزی اختصاص یافته بود.

از طرفی، براساس آمار موجود از سال ۱۳۶۵ تاکنون تعداد چاه‌های بهره‌برداری در سطح دشت ۷ برابر شده است. بطوری‌که تعداد ۷۹۶ چاه بهره‌برداری مجاز در سطح دشت حفر شده است که ۴۵۷ حلقه آن فاقد دبی هستند. ۳۳۹

نتایج محققان (۲۸)، در بررسی تفصیلی تغییرات تراز چاه‌های نمونه‌برداری در بخش‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی دشت میناب گزارش دادند، نقطه شکست در اکثر چاه‌های بخش شرقی و جنوبی دشت سال ۱۳۸۱ و در سایر نقاط سال ۱۳۸۳ است. ایشان آسیب‌پذیرترین نقاط دشت را بخش‌های شرقی و جنوبی معرفی کرد. براساس نقشه پراکنش چاه‌های بهره‌برداری ارائه شده در پژوهش حاضر (شکل ۹)، بیشترین تراکم چاه‌های بهره‌برداری در همین نقاط توسعه یافته است. همچنین همانطور که پیشتر اعلام شد، حفر ۱۶ حلقه چاه در همین منطقه برای هدف تأمین آب‌شرب بندرعباس و میناب با دبی تخلیه ۱۲۰۰ lit/s در سال ۱۳۸۱ فشار مضاعف بر سفره وارد نموده است.

در بررسی عوامل هیدرواقليمی مؤثر بر آبخوان نتایج نشان داد، دما در حال افزایش، بارش و رواناب در حال کاهش و تبخیر در حال افزایش است، اگرچه در برخی از نقاط حوضه مشرف بر دشت، روند معنی‌داری از نظر آماری دیده نشد، اما تغییرات متغیرهای اقلیمی در برخی ایستگاه‌ها، مشهود است. نتایج محققین در حوضه‌های آبخیز جنوب ایران (۲۹)، در استان هرمزگان (۳۳، ۱۴) و در کل ایران (۳۱) نیز تأیید کننده نتایج این تحقیق است. براساس نتایج بذرافشان و همکاران (۱۰)، روند شدت خشکسالی در مقیاس‌های زمانی بلندمدت در میناب دارای روند افزایشی

مورد بررسی سطح آبخوان ۱۰/۱۹m افت داشته است، نقطه عطف این تغییرات از سال ۱۳۸۱ آغاز شده است، بطوری که سالانه بطور متوسط ۰/۴۴۹m افت را تجربه کرده است. در سال مذکور بیش از ۱۶ چاه عمیق برای انتقال آب و تامین آب شرب شهر بندرعباس و میناب حفر شده است که روزانه بیش از ۱۲۰۰ lit/s دبی استخراج می کند. یکی از معضلات حال حاضر بسیاری از حوزه های آبخیز و دشت ها در کشور، انتقال فیزیکی آب است که سبب مشکلات جدی برای حوضه مبدأ شده است. همچنین لازم به ذکر است، احداث سد میناب در بالادست دشت و انتقال آب آن به شهر بندرعباس، سبب کاهش تغذیه آبخوان، کاهش سهم بخش کشاورزی و شرب (حدود ۱۱۰ میلیون مترمکعب) در دشت شده است.

علاوه بر آن بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره های مورد بررسی حاکی از افزایش ۲/۲ برابری اراضی کشاورزی فاریاب، افزایش ۲/۸ برابری اراضی مسکونی و کاهش ۲۲٪ اراضی مرتعی شده است. بی شک، افزایش هفت برابری تعداد چاه ها در دوره مورد بررسی متاثر از افزایش اراضی کشاورزی و مسکونی و افزایش جمعیت منطقه است.

عوامل هیدرواقليمی شامل بارش و رواناب دارای روند نزولی و دما و تبخیر-تعرق پتانسیل دارای روند صعودی است که عموماً این تغییرات از دهه ۱۳۸۰ آغاز شده است. اگرچه تغییرات بارش در دشت و حوضه مشرف بر دشت از نظر آماری معنی دار نیست، اما نمود این کاهش در کاهش رواناب های سطحی، کاهش جریان های ورودی از ارتفاعات حوزه آبخیز بالادست و در نتیجه نفوذ رواناب ها برای تغذیه آبخوان نمایان شده است.

لذا در جمع بندی می توان اذعان نمود، در بررسی عوامل طبیعی کاهش بارش و رواناب و افزایش دما و در عوامل غیرطبیعی احداث سد، افزایش تخصیص آبخوان برای مصارف کشاورزی و بخش خانگی و صنعت، انتقال فیزیکی آب از حوضه مبدأ به مقصد بصورت بین حوضه ای، افزایش سطح اراضی کشاورزی و مسکونی موجب فشار مضاعف بر سفره آب زیرزمینی دشت میناب و در نتیجه افت شدید در تراز آب های زیرزمینی دشت میناب شده است. پیشنهاد می گردد، از رویکردهای کمی سازی برای بررسی سهم هر

حلقه باقیمانده برای بخش کشاورزی، شرب و صنعت مصرف می شود که متوسط دبی تخلیه آنها ۴lit/s است. شکل ۹ توزیع چاه ها را در سطح دشت نشان می دهد. همچنین، از سال ۱۳۸۱ تاکنون ۱۶ حلقه چاه در بستر رودخانه میناب برای تامین آب شرب شهر بندرعباس (انتقال آب بین حوضه ای) در شرق و جنوب دشت حفر شده است و روزانه ۱۲۰۰lit/s آب منتقل می شود. عوامل فوق از جمله احداث سد، افزایش تخصیص آبخوان برای مصارف کشاورزی و بخش خانگی (انتقال آب)، موجب فشار مضاعف بر سفره آب زیرزمینی دشت میناب و در نتیجه کاهش تجمعی در سطح آب های زیرزمینی شده است.

تغییرات کاربری اراضی در دشت میناب حاکی از آن است که، اراضی مرتعی طی سه دهه گذشته ۲۲٪ کاهش، اراضی کشاورزی ۲۲۰٪ افزایش و اراضی شهری و مسکونی ۲۸۰٪ افزایش داشته است. کل اراضی کشاورزی در سطح دشت میناب فاریاب بوده و از آب آبیاری استفاده می شود. افزایش ۲/۲ برابری سطح زیرکشت اراضی کشاورزی قطعاً می تواند فشار مضاعفی بر سفره وارد سازد. از طرفی تغییرات کاربری مرتع به سایر کاربری ها مثل کشاورزی، مسکونی یا اراضی رها شده می تواند میزان نفوذپذیری رواناب های سطحی را نیز کاهش دهد. نتایج تغییرات کاربری اراضی در حوضه مورد بررسی نشان داد (۸)، تغییرات گسترده مراتع سبب تغییر وضعیت آنها از خوب و متوسط به فقیر و افزایش اراضی کشاورزی موجب کاهش قابل ملاحظه جریان پایه در رودخانه میناب شده و آن را از وضعیت نیمه دائمی به فصلی تغییر داده است. همچنین نتایج محققان در ماهیدشت کرمانشاه (۱۳) و در دشت داراب (۵) در بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر کاهش تراز سفره آب زیرزمینی نشان دادند، از مهم ترین دلایل افت در دشت های نامبرده، تغییر زمین های کشت دیم به فاریاب در این مناطق و افزایش سطح زیرکشت زمین های کشاورزی است.

■ نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل انسانی و طبیعی بر افت سفره در دشت میناب طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. براساس نتایج بدست آمده طی دوره

زمین‌های کشاورزی، اجرای طرح‌های تغذیه آبخوان در دشت پیشنهاد می‌شود.

■ سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان، به واسطه در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق کمال سپاس را داریم.

یک از عوامل مؤثر بر افت آبخوان استفاده گردد. در پایان به‌منظور بهبود وضعیت آبخوان: جلوگیری از تعمیق و تغییر چاه‌های موجود، نظارت بر میزان مصرف چاه‌های کشاورزی، مدیریت و کاهش انتقال فیزیکی آب برای بخش شرب با تاکید بر توسعه آب شیرین‌کن‌ها در بندرعباس، مدیریت منابع آب بر پایه ردپای آب محصولات کشاورزی برای مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، پایش تغییرات کاربری اراضی برای جلوگیری از توسعه بی‌رویه و بی‌برنامه

■ References

- Ahmadi, S.H., & Sedghamiz, A. (2007). Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level. *Environment and Monitoring Assessment*, 129, 277-294. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9361-z>
- Ahrari Roudi, M. (2018). Assessment the effects of drought on groundwater quantity and quality of Sistan and Baluchistan Province. *New Finding in Applied Geology*, 12(23), 104-113. DOI: 10.22092/NFAG.2018.1325044.1327 [In Persian]
- Akbari, M., Jarge, M.R. & Madani Sadat, H. (2009). Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS) (Case study: Mashhad Plain Aquifer). *Water and Soil Conservation*, 16(4), 63-78. DOI: 20.1001.1.23222069.1388.16.4.4.0 [In Persian]
- Alimohammadi, A., Mousivand, A.J., & Shayan, S. (2010). Prediction of landuse and landcover changes by using multi-temporal satellite imagery and Markov-chain. *Spatial Planning (Modarres Human Science)*, 14(3), 117-130. DOI: 10.22092/WMEJ.2019.128009.1267 [In Persian]
- Asadi Zarch, M. A., Jamnezhad, F., Ekhtesasi, M. R., & Hoseini, S. Z. (2020). Investigating the effects of drought and land-use changes on quantity and quality of groundwater resources: a case Study of Darab plain. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(28), 89-102. DOI: <http://doi.org/10.22052/DEEJ.2020.9.28.59> [In Persian]
- Azhdari, A., & Kazemi Seghale, H. R. (2018). Determination of microbial contamination in traditional and pasteurized butter samples, marketed in Birjand city. *Food Hygiene*, 8(1), 39-48. [In Persian]
- Azimi Sardari, M. R., Bazrafshan, O., Panagopoulos, T., & Sardooi, E. R. (2019). Modeling the impact of climate change and land use change scenarios on soil erosion at the Minab Dam Watershed. *Sustainability*, 11(12), 3353. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11123353>
- Barkhordari, J., and Khosroushahi, M. (2008) Investigation of effects of land cover and climate change on river flow (Case study: Minab watershed), *Pajouhesh & Sazandegi*, 77, 191-199. [In Persian].
- Bazrafshan, O., Mahmudzadeh, F., & Bazrafshan, J. (2017). Evaluation of temporal trends of the drought indices SPI and SPEI in the Southern Coast of Iran. *Desert Management*, 4(8), 54-69. DOI: <https://doi.org/10.22034/jdmal.2017.24662> [In Persian]
- Bazrafshan, O., Parandin, F., & Farokhzadeh, B. (2016). Assessment of hydro-meteorological drought effects on groundwater resources in Hormozgan region-South of Iran. *Ecopersia*, 4(4), 1569-1584. DOI: <https://doi.org/10.3321/ep14040564>
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 37(1), 35-46. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)

12. Doll, P., H. Muller Schmied, C. Schuh, F. T. Portmann, and A. Eicker (2014), Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites, *Water Resource Research*, 50, 5698–5720. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014wr015595>
13. Emadodin, S., Shadieemajd, N., & Arekhi, S. (2020). Analysis of the impact of land use change on groundwater level drop) Case study: Mahidasht, Kermanshah province). *Natural Environmental Hazards*, 9(25), 125-142. DOI: <http://doi.org/10.22111/JNEH.2020.31698.1565>
14. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivand, H., & Barati, A. (2021). Simulation of future spatial and temporal changes in land uses and cover in arid areas (Case study: Minab plain). *Iranian Range and Desert Research*, 18(66), 110-127. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125019> [In Persian]
15. Famiglietti, J., M. Lo, S. Ho, J. Bethune, K. Anderson, T. Syed, S. Swenson, C. de Linage, & M. Rodell (2011), Satellites measure recent rates of groundwater depletion in California's central valley, *Geophysical Research Letter*, 38(3), 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GL046442>
16. Fattahi Masrour, P., & Bazrafshan, O. (2016). Analysis of the temperature extremes changes over the past half century in southern coasts of Iran. *Extension and Development of Watershed Management*, 4(14), 17-25. [In Persian]
17. Forootan, E., Rietbroek, R. Kusche, J. Sharifi, M.A. & Awange, J.L. (2014). Separation of large-scale water storage patterns over Iran using GRACE, altimetry and hydrological data. *Remote Sensing Environment*, 140, 580-595. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.025>
18. Ghaedi, S., & Agah, S. (2018). Evaluation the impact of natural and human factors on the underground water level of Darab County. *Natural Environmental Hazards*, 7(16), 145-16. DOI: <https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3198> [In Persian]
19. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D.W., & Medina-Elizade, M. 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), 14288-14293. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.060629110>
20. Jamour, R., Eilbeigy, M., & Morsali, M. (2019). Assessment of the land subsidence crisis and the advent of salt water in the Minab plain aquifer. *Iranian journal of Ecohydrology*, 6(1), 223-238. DOI: <https://doi.org/10.22059/ije.2019.270938.998> [In Persian]
21. Jamshidzadeh, Z. & Mirbagheri, S.A. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan basin, central Iran. *Desalination*, 270, 23-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.067>
22. Joodaki, G., Wahr, J. & Swenson, S. (2014). Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models and well observations. *Water Resources Research*, 50, 2679-2692. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013WR014633>
23. Kamaran Dastjerdi, H., Rajaei, S.A. & Mansourian, H. (2022). The Effects of urbanization on reduction of groundwater level and changes in vegetation and surface temperature in Iran's desert areas (case study: Yazd province). *International Journal of Environmental Research*, 16 (7), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00384-4>
24. Kazemi, M., Feiznia, S., Khosravi, H., Naji, S., & Mesbah, H. (2019). The study of Maharlu Lake area and its marginal land use changes using Landsat images. *Watershed Engineering and Management*, 11(4), 1130-1139. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.102413.1057> [In Persian]
25. Kendall, M.G. (1975). *Rank correlation methods*. Griffin, London, Scientific Research Publisher.

26. Madani, K. (2014). Water management in Iran: What is causing the looming crisis? *Environmental Studies Science*, 4, 315-328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z>
27. Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13, 245-259.
28. Mehni, M., & Bazrafshan, O. (2017). Spatiotemporal of quality and quantity of groundwater resources in the Minab plain over the 3past decades. *Extension and Development of Watershed Management*, 5(18), 51-59. [In Persian]
29. Moradi, M., Bazrafshan, O., Bahreman, A., & Esmaelpour, Y. (2018). Assessment of the relations between the trends of climatic factors and river flow in southern coastal watersheds, Iran. *Watershed Management Research Journal*, 31(2), 79-92. DOI: <https://doi.org/10.22092/wmej.2018.120263.1070> [In Persian]
30. Motaghi, M., Djamour, Y., Walter, T.R., Wetzel, H.U., Zschau, J. & Arabi, S. (2007). Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS. *Geophysical Journal International*, 168, 518-526. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2006.03246.x>
31. Mozaffari, E., Bazrafshan, O., Moradi, N. (2021). Spatio-temporal variability of characteristics of meteorological drought in Iran under climate change scenarios. *Desert Management*, 8(16), 153-163. DOI: <https://doi.org/10.22034/jdmal.2021.243146> [In Persian]
32. Nikbakht, R., Arokh, M., Ebrahimi, B., Miranzadeh, M. B., Rabbani, D., & Atoof, F. (2021). Investigating changes in groundwater level in Kashan plain. *International Archives of Health Sciences*, 8(4), 249-252. DOI: http://doi.org/10.4103/iahs.iahs_2_21
33. Nouro Pourdargazi, M., Bazrafshan, O., & Esmaelpour, Y. (2022). Agricultural drought monitoring using climatic, vegetation and soil moisture data in Hormozgan province. *Nivar*, 46(116), 150-164. DOI: 10.30467/nivar.2022.352541.1224 [In Persian]
34. Pettitt A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(2), 126-135. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>
35. Pokhrel, Y. N., Koirala, S., Yeh, P. J. F., Hanasaki, N., Longuevergne, L., Kanae, S., & Oki, T. (2015). Incorporation of groundwater pumping in a global and surface model with the representation of human impacts. *Water Resources Research*, 51(1), 78-96. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014WR015602>
36. Rodell, M., Velicogna, I., & Famiglietti, J. S. (2009). Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature*, 460(7258), 999-1002. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08238>
37. Solaimani, K. and Sadeghi, S. (2009). Detection of ground water changes using geographic information system (A Case Study; Arak Plain, Iran). *Applied Science*, 9(7), 1338-1343. DOI: <https://doi.org/10.3923/jas.2009.1338.1343>
38. Wada, Y., Van Beek, L. P., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W., Vasak, S., & Bierkens, M. F. (2010). Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters*, 37(20), 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GL044571>
39. Wu, Y., Yang, G., Tian, L., Gu, X., Li, X., He, X., ... & Xiao, S. (2021). Spatiotemporal variation in groundwater level within the Manas River Basin, Northwest China: Relative impacts of natural and human factors. *Open Geosciences*, 13(1), 626-638. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0258>
40. Zamani, T., Karimi, H., Tavakoli, M., & Alimoradi, S. (2018). Investigation the factors affecting the groundwater drawdown in Mehran Plain, Ilam. *Hydrogeology*, 2(2), 17-28. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/hydro.2018.5422> [In Persian]

Identifying and Determining the Length of The Greenhouses Cultivation Period Using Aerial Photos and Sentinel-2 Images

N. Tahmasebi Zadeh¹, H.R. Ghafarian Malamiri^{2*}

1. M.Sc. of Remote Sensing and Geographical Information System, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: hrghafarian@yazd.ac.ir

Received date: 11/08/2022

Accepted date: 18/10/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.560045.1391](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560045.1391)

Extended Abstract

Introduction

Over the past 60 years, the use of plastic covers as a tool to increase the harvest and increase the yield of horticultural crops has steadily increased worldwide. Plastic greenhouses have turned desert areas into areas with modern agricultural development, the province of Almeria in the south of Spain is a good example. It now has many greenhouses, making it a global model of agricultural development; but greenhouses contain large quantities of phthalates and cause harm to people, like hormonal disturbances, heart problems, cancer, etc. However, plastic greenhouses are widely built to produce vegetables and fruits near cities. As a result, several remote sensing methods have been developed to identify and monitor the distribution of plastic covered greenhouses in order to manage water resources, identify sites and quantities of plastic greenhouses. Remote detection is the only practical method to monitor plastic greenhouses in a vast geographic area. In the past few years, there have been few studies using high spatial resolution images. In one study, three main absorption ranges were identified that are unaffected by dust, washing and surface factors. In Spain, an artificial intelligence neural network has been proposed to identify greenhouse using Quick Bird images with a resolution of 1.5m. Studies based on medium spatial resolution imagery were also conducted, resulting in different results. In search on land cover classification using Landsat TM images, no favorable results were found. Research has proposed a new method for mapping greenhouses using Sentinel-2 dual-time images and 1D-CNN deep learning. The aim of the current research is to identify the length of the cultivation period of greenhouse crops using Sentinel-2 satellite images. Researchers used a variety of satellite imagery to identify and classify greenhouses. The innovative objective of the current research is to evaluate the Sentinel-2 satellite images in determining the length of the cultivation period of greenhouse crops; which was done for the first time within the country.

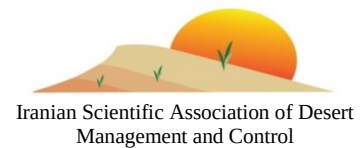
Material and Methods

In the first step, the cultivated area of greenhouses was identified using an aerial photograph. Then, useful bands were extracted in greenhouse studies using Sentinel-2 time series images. Next, vegetation and plastic cover indices were calculated for the greenhouse growing period.



Desert Management

www.isadmc.ir



1) Identify and determine the area under cultivation in greenhouses: By comparing the pixel-based classification algorithms and the object-oriented classification algorithms, the cultivated area of greenhouses was identified. ENVI and eCognition software were used for pixel-based classification and object-oriented classification, respectively. It should be noted that only one aerial photograph with three bands, blue, green and red, has been used in object-oriented classification. In order to classify the base pixel, learning samples were selected using expert knowledge from the study area. In some instances, Google Earth was used as well. Learning samples were selected scattered across the image to improve accuracy. For validation of the maps obtained from these algorithms, ground control points were used. To reduce human error, these points were also entered into Google Earth. 2) Identifying functional bands in the greenhouse study: The spectral behavior curve of different earth surface covers in Blue, Green, Red, SWIR, NIR bands was drawn in an image of the Sentinel-2 satellite. These spectral signatures were compared on May 20, 2020 i.e., when outdoor vegetation and greenhouse cultivation were at their peak. 3) Determining the duration of the greenhouse growing season: Vegetation indices of the NDVI, SAVI, OSAVI, MSAVI, GNDVI, RVI, DVI, RGVI, IPVI and plastic cover indices PGI, RPGI, PI, PMLI were compared using Sentinel-2 satellite time series images.

Results and Discussion

Greenhouse cultivation is used to improve quality and increase food production. However, their development has many negative effects on the environment. Therefore, obtaining accurate and timely information on the distribution of greenhouses and the time of planting and harvesting crops under plastic covers can make a significant contribution to agricultural management, water management and soil protection. The present study is the first study to identify the length of the greenhouse cultivation period using Sentinel-2 satellite time series images. The results showed that among the object-oriented classification algorithms, two classification algorithms, Bayes and KNN, were more precise for the identification and determination of the cultivated area of greenhouses. The reflection of the plant below the plastic cover of the greenhouse in the NIR, Narrow NIR, Red Edge and SWIR bands increases by an equal amount in comparison with the reflection from the vegetation in the open space. Comparing vegetation cover and greenhouse cover indices showed that the indices designed based on SWIR and Red bands showed greater reflection during the hot season of the year. Indices based on NIR, Narrow NIR, and Red Edge bands were more reflective from October to late February. Based on the results obtained from the ground truth data, greenhouses are plastered during the warm season. This caused an increase in the reflectance in indices designed based on SWIR and Red bands and a decrease in reflectance in indices designed based on NIR, Narrow NIR, Red Edge bands, during the hot season. Therefore, combining all indices, two crop periods were observed: the first started in early March, peak cover was reached in April, and harvest continued. Until the middle of August. The second harvest started at the end of August and peaked in December, until the end of harvest in mid-February.

Keywords: Infrared radiation; Pixel-based classification; Object-oriented classification; Aerial photo; Agricultural management





شناسایی و تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از عکس هوایی و تصاویر سنتینل ۲

ندا طهماسبی‌زاده^۱، حمیدرضا غفاریان مالیری^{۲*}

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: hrg hafarian@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶

doi [10.22034/JDMAL.2022.560045.1391](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560045.1391)

چکیده

کشاورزی در محیط گلخانه برای تولید غذا در مناطق گرم و خشک همراه با کمبود آب و نیز در مناطقی که آب‌وهوا مانع از کشت در تمام طول سال است؛ یک راه‌حل پایدار بشمار می‌رود؛ بنابراین شناسایی گلخانه‌ها و اطلاع از زمان کشت آنها برای مدیران کشاورزی راهگشا است. از طرفی تخمین مقدار سطح زیر کشت و مقدار آب مورد نیاز در یک منطقه برای مدیریت منابع آبی کشاورزی امری حیاتی است. هدف پژوهش حاضر تعیین طول دوره کشت محصولات گلخانه‌ای با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 است. در مرحله اول، برای شناسایی گلخانه‌ها با بهره‌گیری از عکس هوایی با قدرت تفکیک مکانی ۱m خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل مبنا اعمال شدند. در مرحله بعدی، برای تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر سری زمانی سنتینل ۲، ابتدا باندهای باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge و SWIR بررسی شدند. سپس شاخص‌های پوشش گیاهی شامل NDVI، SAVI، OSAVI، MSAVI، GNDVI، RVI، DVI، RGVI، IPVI و شاخص‌های پوشش پلاستیکی شامل PGI، RPI، PI، PMLI مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد که از میان خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا، خوارزمیک Bayes با دقت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۳ و خوارزمیک KNN با دقت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۲ برای شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها دقت بالاتری دارند. بازتاب در گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی مانند بازتاب از پوشش گیاهی است، تنها بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در تمام باندها و به مقدار مساوی افزایش می‌یابد. باند قرمز در محدوده ۶۶۵nm و باند مادون قرمز نزدیک در محدوده ۷۰۵nm به‌عنوان دو باند کلیدی برای مطالعات گلخانه‌ای کاربرد دارند. با ترکیب اطلاعات تمام شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی دو دوره کشت مشاهده شد: کشت اول از اوایل اسفند شروع شده، در فروردین به اوج پوشش می‌رسد و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه دارد. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر به اوج پوشش رسیده تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان دهنده عملکرد خوب تصاویر Sentinel-2 در تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها است.

واژگان کلیدی: تابش مادون قرمز؛ طبقه‌بندی پیکسل مبنا؛ طبقه‌بندی شیء‌گرا؛ مدیریت کشاورزی

■ مقدمه

طی ۶۰ سال گذشته، استفاده از پوشش‌های پلاستیکی به‌عنوان ابزاری برای افزایش برداشت و افزایش عملکرد محصولات باغی، در سراسر جهان به‌طور پیوسته در حال افزایش بوده است (۸). در سال ۲۰۱۶، مساحت گلخانه‌های پوشیده از پلاستیک 3019000 Km^2 در سراسر جهان برآورد شد (۳)؛ که بیشتر در اروپا، شمال آفریقا، خاورمیانه و چین هستند (۵). گلخانه‌های پلاستیکی امکان تبدیل مناطق بیابانی را به مناطق با توسعه کشاورزی مدرن فراهم کرده‌اند و موجب رشد اقتصادی در مناطق بیابانی شده‌اند؛ نمونه بارز آن استان آلمرا در جنوب اسپانیا است. زمانی که تنها به خاطر بیابان‌هایش شناخته می‌شد اکنون دارای تعداد زیادی گلخانه است که آن را به مدل جهانی توسعه کشاورزی تبدیل کرده است (۸)؛ اما گلخانه‌ها حاوی مقدار زیادی فتالات هستند، فتالات یا دی‌استرهای اسید فتالیک گروهی از مواد شیمیایی آلی به هم مرتبط هستند که معمولاً در صنعت پلاستیک‌سازی به‌عنوان مواد نرم‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این افزودنی و نرم‌کننده‌ها معمولاً به مواد دیگر، به‌ویژه پلی‌وینیل کلرید و پلیمرهای دیگر نظیر لاستیک و استیرن، اضافه می‌شوند تا آن‌ها را انعطاف‌پذیر و کشسان کنند. غلظت بالای PAE تهدیدی بالقوه برای سلامت انسان است که مضراتی مانند اختلال هورمون‌ها، مشکلات قلبی، سرطان و... را برای انسان به همراه دارد (۱۹، ۳۱). با این حال گلخانه‌های پلاستیکی به‌طور گسترده برای تولید سبزیجات و میوه‌ها در نزدیکی شهرها ساخته می‌شوند؛ بنابراین به‌منظور مدیریت بهتر منابع آب، آگاهی از مکان‌ها و مقادیر گلخانه‌های پلاستیکی، روش‌های متعدد سنجش‌ازدوری برای شناسایی و نظارت بر توزیع گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی توسعه داده شده است (۲۷). سنجش‌ازدور تنها روش عملی برای نظارت بر گلخانه‌های پلاستیکی در یک منطقه جغرافیایی بزرگ است. در سال‌های اخیر بررسی‌های محدودی با استفاده از تصاویر با رزولوشن مکانی بالا انجام شده است. در پژوهشی با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط یک طیف‌سنج زمینی، سه محدوده اصلی جذب در محدوده

۱۲۱۸nm، ۱۷۳۲nm و ۲۳۱۳nm شناسایی شد که تحت تأثیر گردوغبار، شستشو و عوامل سطحی قرار نمی‌گیرند؛ اما بهترین محدوده طیفی برای نقشه‌برداری پلاستیکی حدود ۱۷۳۲nm ذکر شد، زیرا با ویژگی‌های طیفی سایر مواد معدنی، خاک، پوشش گیاهی یا تضعیف جو هم‌خوانی ندارد (۱۸). پژوهشی با عنوان نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی با استفاده از معیارهای طیفی به‌دست‌آمده از ماهواره GaoFen-2 در دو مقیاس مختلف انجام شد. دقت ۹۵٪ برای گلخانه اول به دست آمد. تمام مراحل روی یک منطقه بزرگ‌تر با مساحت 2025 km^2 نیز اعمال شد. نتایج نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی منطقه وسیع‌تر، بیانگر تأیید این رویکرد جهت نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی بود (۲۵). در اسپانیا شبکه عصبی هوش مصنوعی برای شناسایی گلخانه با استفاده از تصاویر QuickBird با رزولوشن $1/5 \text{ m}$ ارائه شد (۴). در جنوب ایتالیا روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از عکس‌های هوایی رنگی رزولوشن مکانی بالا برای نظارت بر تاکستان با پوشش پلاستیکی استفاده شد (۲۹). مطالعاتی بر اساس تصاویر با رزولوشن مکانی متوسط نیز انجام گرفته است که نتایج متفاوتی به همراه داشت. در پژوهشی طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از تصاویر Landsat TM در ارتفاعات گرمسیری از روش موازی در ترکیب با حداکثر احتمال و حداقل فاصله برای استخراج میدان‌های مالچ شده استفاده کردند اما نتایج مطلوبی حاصل نشد (۶). در پژوهشی روش جدیدی برای نقشه‌برداری از گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر دو زمانه Sentinel-2 و یادگیری عمیق 1D-CNN پیشنهاد شد (۲۷). در اسپانیا شناسایی محصولات باغی گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه Landsat 8 و WorldView-2 بررسی شد. برای محاسبه اطلاعات طیفی، ویژگی‌های بافت و چندین شاخص پوشش گیاهی^۱ استفاده شد. بهترین دقت کلی طبقه‌بندی $81/3\%$ برای سری‌های زمانی Landsat 8 حاصل شد؛ که برای محصولات گوجه‌فرنگی و فلفل خوب و برای خیارسبز و بادمجان به‌مراتب بدتر بود. با افزودن اطلاعات تصویر WorldView-2 نتایج بهبود یافت (۱). در

^۱ Vis (Vegetation index)

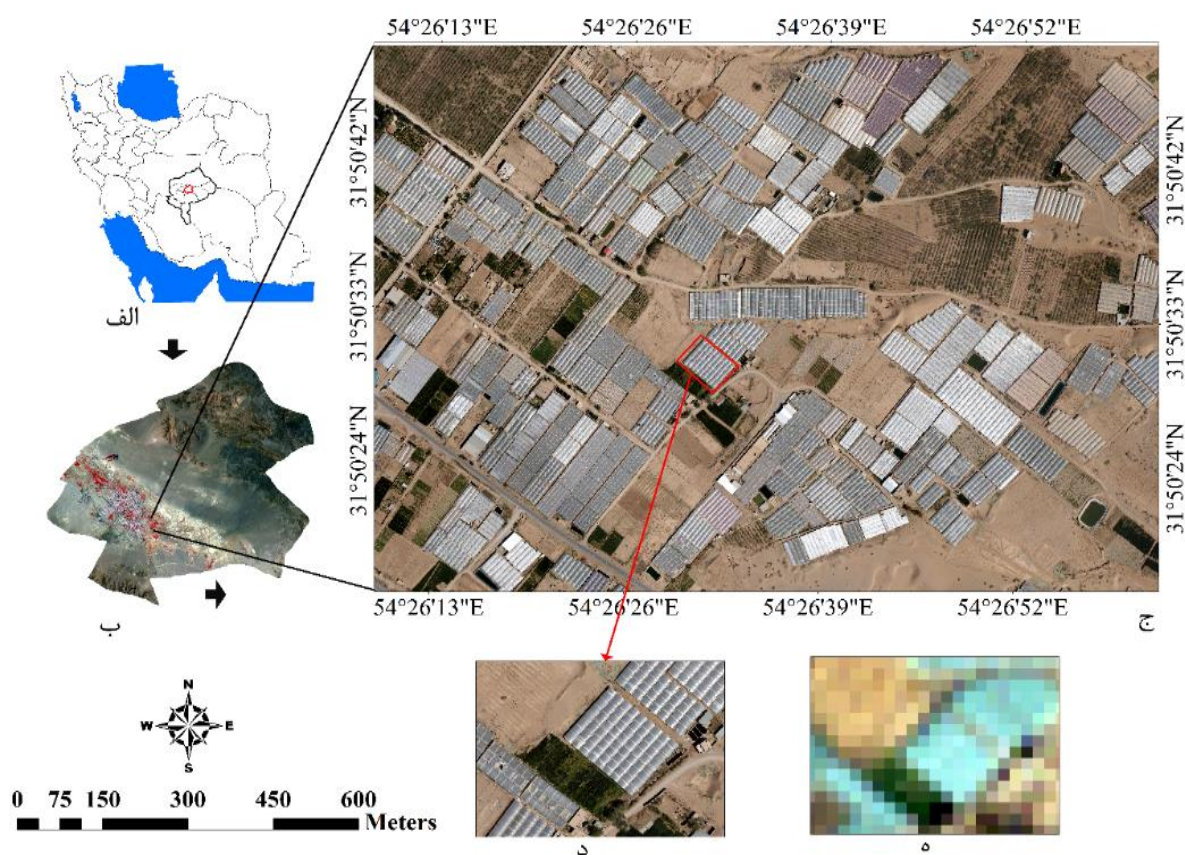
محلۀ اکرمیه در استان یزد و در شرق شهر یزد، در محدوده جغرافیایی $54^{\circ}26'13''$ تا $54^{\circ}26'13''$ طول شرقی و $31^{\circ}50'24''$ تا $31^{\circ}50'42''$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). وسعت منطقه مورد مطالعه حدود 1307964 m^2 است. میانگین سالانه بارندگی استان یزد $70/7 \text{ mm}$ و تبخیر و تعرق سالانه نیز 2000 mm است؛ بنابراین طبق روش طبقه‌بندی اقلیمی کوپن آب و هوای گرم و خشک است (۲۶). عامل اصلی این خشکی، دور بودن از سفره آب‌های زیرزمینی، تبخیر و تعرق زیاد و بارندگی کم است. از سوی دیگر مهم‌ترین منبع آب مصرفی استان یزد، قبل از انتقال آب از زاینده‌رود به استان، از طریق حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و قنات‌ها بوده است که در بخش کشاورزی و مصارف شهری و خانگی استفاده می‌شوند. پوشش غالب منطقه مورد مطالعه گلخانه، زمین‌های کشاورزی و مناطق بایر است.

تحقیقی با عنوان نقشه‌برداری از گلخانه پلاستیکی با داده‌های ماهواره‌ای رزولوشن متوسط در چین، یک شاخص جدید برای جبران چالش تصاویر با رزولوشن متوسط مانند Landsat8 پیشنهاد شد. ضریب کاپا $0/83$ دقت کلی $91\%/2$ به دست آمد، بنابراین این شاخص برای شناسایی گلخانه‌های شفاف در تصویر Landsat تصحیح اتمسفری شده پیشنهاد شد (۳۲).

پژوهش‌های انجام شده برای شناسایی و طبقه‌بندی گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف بوده است. هدف ابتکاری پژوهش حاضر ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 در تعیین طول دوره کشت محصولات گلخانه‌ای است؛ که برای اولین بار در داخل کشور انجام شده است.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی



شکل ۱. الف) نقشه ایران (ب) تصویر Sentinel-2 از شهر یزد (ج) عکس هوایی محلۀ اکرمیه (د) عکس هوایی گلخانه مورد مطالعه (ه) تصویر Sentinel-2 گلخانه مورد مطالعه. مقیاس نشان داده‌شده مربوط به تصویر (ج) است. ترکیب رنگی تصویر (ب) حاصل ترکیب باندهای ۳-۴-۸ یا VNIR-Red-Green است.

روش پژوهش

داده‌ها

ماهواره Sentinel-2 ماهواره‌ای خورشید آهنگ است؛ توسط آژانس فضایی اروپا^۱ باهدف نظارت بر تغییرات سطح زمین طراحی شده است. پروژه Sentinel-2 دارای دو ماهواره یکسان Sentinel-2A و Sentinel-2B است. این دو ماهواره با زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند و به ترتیب در تاریخ ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ و ۷ مارس ۲۰۱۷ با استفاده از موشک مگا به فضا پرتاب شدند. سنجنده Sentinel-2، MSI^۲ است که میدان دید آن ۲۹۰Km و ساعت ۱۰:۳۰ صبح به وقت محلی از خط استوا عبور می‌کند. دوره تصویربرداری با یک ماهواره Sentinel-2 ۱۰ روز در استوا و با دو ماهواره ۵ روز است (۲۸). مشخصات باندی و طیفی تصاویر Sentinel-2 در جدول ۱ ارائه شده است. در پژوهش حاضر از یک عکس هوایی شامل باندهای آبی، سبز و قرمز با قدرت تفکیک مکانی ۱m استفاده شد. این عکس هوایی توسط هواپیما با دوربین phase one ixu1000-100Mp ارتفاع پرواز ۹۰۰m در خرداد ۱۴۰۰ اخذ شد. عکس هوایی از شهرداری یزد دریافت شد.

همچنین از ۳۹ تصویر سری زمانی Sentinel-2 از تاریخ ۲۰۲۰/۰۱/۰۷ تا ۲۰۲۰/۱۲/۲۷ نیز استفاده شد. باندهای Blue, Green, Red, SWIR, NIR، مورد استفاده قرار گرفتند. جزئیات تصاویر Sentinel-2 در پیوست ۱ ارائه شده است. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر با خوارزمیک Sen2Res^۳ در نرم‌افزار SNAP به ۱۰m ارتقا داده شد. این خوارزمیک بصورت افزونه در نرم افزار SNAP نصب می‌شود؛ سپس با انتخاب باندها پردازش‌های مربوطه به صورت خودکار انجام و تصاویر ۱۰ متری حاصل می‌شوند.

روش تحقیق

در این بررسی در ابتدا با عکس هوایی سطح زیر کشت گلخانه‌ها شناسایی شد. سپس باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای استخراج و با استفاده از تصاویر سری زمانی Sentinel-2 و محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی طول دوره کشت گلخانه شناسایی گردید.

جدول ۱. مشخصات باندی و طیفی تصاویر Sentinel-2 (۲۸)

S2B		S2A		قدرت تفکیک مکانی (m)	باند	محدوده طیفی
عرض باند (nm)	طول موج (nm)	عرض باند (nm)	طول موج (nm)			
۲۰	۴۴۲/۲	۲۱	۴۴۲/۷	۶۰	۱	VNIR
۶۶	۴۹۲/۱	۶۶	۴۹۲/۴	۱۰	۲	
۳۶	۵۵۹/۰	۳۶	۵۵۹/۸	۱۰	۳	
۳۱	۶۶۴/۹	۳۱	۶۶۴/۶	۱۰	۴	
۱۶	۷۰۳/۸	۱۵	۷۰۴/۱	۲۰	۵	
۱۵	۷۳۹/۱	۱۵	۷۴۰/۵	۲۰	۶	
۲۰	۷۷۹/۷	۲۰	۷۸۲/۸	۲۰	۷	
۱۰۶	۸۳۲/۹	۱۰۶	۸۳۲/۸	۱۰	۸	SWIR
۲۲	۸۶۴/۰	۲۱	۸۶۴/۷	۲۰	۸A	
۲۱	۹۴۳/۲	۲۰	۹۴۵/۱	۶۰	۹	
۳۰	۱۳۷۶/۹	۳۱	۱۳۷۳/۵	۶۰	۱۰	
۹۴	۱۶۱۰/۴	۹۱	۱۶۱۰/۴	۲۰	۱۱	
۱۸۵	۲۱۸۵/۷	۱۷۵	۲۲۰۲/۴	۲۰	۱۲	

^۳ Super-Resolution^۱ European Space Agency (ESA)^۲ Multispectral Instrument

مراحل انجام کار

شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها

به منظور شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه و زمین‌های کشاورزی، خوارزمیک‌های طبقه بندی پیکسل مبنا شامل، خوشه بندی کی-میانگین^۱، خوارزمیک کمترین فاصله^۲، خوارزمیک شبکه عصبی^۳، خوارزمیک حداکثر احتمال^۴، ماشین بردار پشتیبان^۵ و خوارزمیک‌های طبقه بندی شی گرا شامل، خوارزمیک بیز^۶، خوارزمیک کی-نزدیک ترین همسایه^۷، خوارزمیک درخت تصمیم^۸، خوارزمیک درخت تصادفی^۹ و خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان، با هم مقایسه و در نهایت با استفاده از این خوارزمیک‌ها طول دوره کشت گلخانه‌ها شناسایی می‌گردد.

در پژوهش حاضر به منظور انجام طبقه بندی پیکسل مبنا از نرم افزار ENVI و برای طبقه بندی شیء گرا از نرم افزار eCognition استفاده شد. پردازش تصویر به روش شی گرا طبق مراحل زیر انجام شد: (۱) قطعه بندی تصویر^{۱۰} (۲) تعریف اطلاعات برای هر طبقه (۳) تعریف شرایط طبقه بندی برای هر طبقه (۴) تفکیک شیء‌های نمونه آموزشی (۵) طبقه بندی تصویر (۶) ارزیابی صحت طبقه بندی و انتخاب بهترین نتیجه طبقه بندی. لازم به ذکر است که در طبقه بندی شیء گرا تنها از یک عکس هوایی با سه باند، آبی، سبز و قرمز و مقادیر ۰/۷ و ۰/۹ به ترتیب برای shape و Compactness استفاده شد. همچنین از خوارزمیک Multiresolution برای قطعه بندی تصویر بهره گیری شد و برای طبقه بندی پیکسل مبنا، نمونه های تعلیمی با استفاده از دانش کارشناسی از منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند و در مواردی نیز از Google Earth کمک گرفته شد. نمونه های تعلیمی در سطح تصویر جهت افزایش دقت کار بصورت پراکنده انتخاب شدند.

در راستای اعتبار سنجی نقشه های حاصل از روش های طبقه بندی شیء گرا و پیکسل مبنا، موقعیت جغرافیایی ۴۰۰ نقطه کنترل در بازدیدهای زمینی صورت گرفته از

منطقه مورد مطالعه برداشت شد. برای کاهش خطای انسانی این نقاط در GoogleEarth نیز ثبت شدند. سپس ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و همچنین دقت کلی برآورد گردید.

شناسایی باندهای کاربردی در مطالعه گلخانه‌ای

برای شناسایی باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای منحنی رفتار طیفی پوشش های مختلف سطح زمین در باندهای Blue, Green, Red, SWIR, NIR یک تصویر از ماهواره Sentinel-2 در نرم افزار ENVI ترسیم شد. این امضاهای طیفی در تاریخ ۳۱ اردیبهشت با یکدیگر مقایسه شدند یعنی در زمانی که پوشش گیاهی در فضای باز و کشت گلخانه‌ای در اوج رشد خود بودند.

شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها

در آغاز تاریخ ۳۹ تصویر از ماهواره Sentinel-2 در سال ۲۰۲۰ به روز از سال^{۱۱} تبدیل شد و سپس شاخص های پوشش گیاهی با شاخص های پوشش پلاستیکی برای تعیین شاخص بهینه به منظور تشخیص تغییرات گلخانه‌ای، مقایسه شدند. شاخص های پوشش گیاهی NDVI, SAVI, OSAVI, MSAVI, GNDVI, RVI, DVI, RGV, IPVI و شاخص های پوشش پلاستیکی PGI, RPGI, PI, PMLI محاسبه شدند. لیست این شاخص ها در جدول ۲ آمده است.

در جدول فوق، Blue انعکاس باند آبی؛ Green انعکاس باند سبز؛ L فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است که برای مناطق با پوشش گیاهی تنک ۱، برای پوشش متوسط ۰/۵ و برای پوشش های گیاهی انبوه صفر یا ۰/۲۵ لحاظ می شود (۱۳)؛ NIR انعکاس باند مادون قرمز نزدیک؛ Red انعکاس در باند قرمز؛ SWIR انعکاس مادون قرمز موج کوتاه است (جدول ۲). در پژوهش حاضر فاکتور تعدیل کننده اثر خاک ۰/۵ در نظر گرفته شد.

⁷ KNN (K-nearest neighbors)

⁸ DT (Decision Tree)

⁹ RT (Random Tree)

¹⁰ Segmentation

¹¹ Julian day

¹ K-means clustering

² MD (Minimum Distance)

³ NN (Neural Network)

⁴ ML (Maximum Likelihood)

⁵ SVM (Support Vector Machine)

⁶ Bayes

جدول ۲. شاخص‌های محاسبه‌شده جهت شناسایی دوره کشت گلخانه

شاخص‌ها	ویژگی‌های آزموده شده	توضیحات	رفرنس
شاخص‌های پوشش گیاهی	NDVI (Normalized Difference VI)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(۱۷)
	SAVI (Soil-adjusted vegetation index)	$\frac{1.5 \times (NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}$	(۱۳)
	OSAVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.16)}$	(۲۳)
	MSAVI (Modified Soil-adjusted Vegetation Index)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.5} \times 1 + L$	(۲۱)
	GNDVI (green NDVI)	$\frac{NIR - Green}{NIR + Green}$	(۱۱)
	RVI (Ratio vegetation index)	$\frac{NIR}{Red}$	(۱۴)
	DVI (Difference Vegetation Index)	$NIR - Red$	(۲۲)
	RGVI (Rice Growth Vegetation Index)	$\frac{Blue + Red}{NIR + SWIR1 + SWIR2} - 1$	(۱۲)
	IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)	$\frac{NIR}{NIR + Red} (NDVI + 1)$	(۷)
	PGI (Plastic Greenhouse Index)	$100 \times \left(\frac{Blue \times (NIR - Red)}{Blue + Green + NIR} \right) \times \frac{3}{(100 \times Blue)}$	(۳۲)
	RPGI (Retrogressive Plastic Greenhouse Index)	$\frac{(100 \times Blue)}{1 - (Blue + Green + NIR) \times \frac{3}{100}}$	(۳۲)
	PMLI (Plastic-Mulched Landcover Index)	$\frac{SWIR1 - Red}{SWIR1 + Red}$	(۲۰)
	PI (Plastic Index)	$\frac{NIR}{NIR + Red}$	(۳۰)

شاخص‌های پوشش گیاهی

شاخص‌های پلاستیکی

نتایج و بحث

شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها

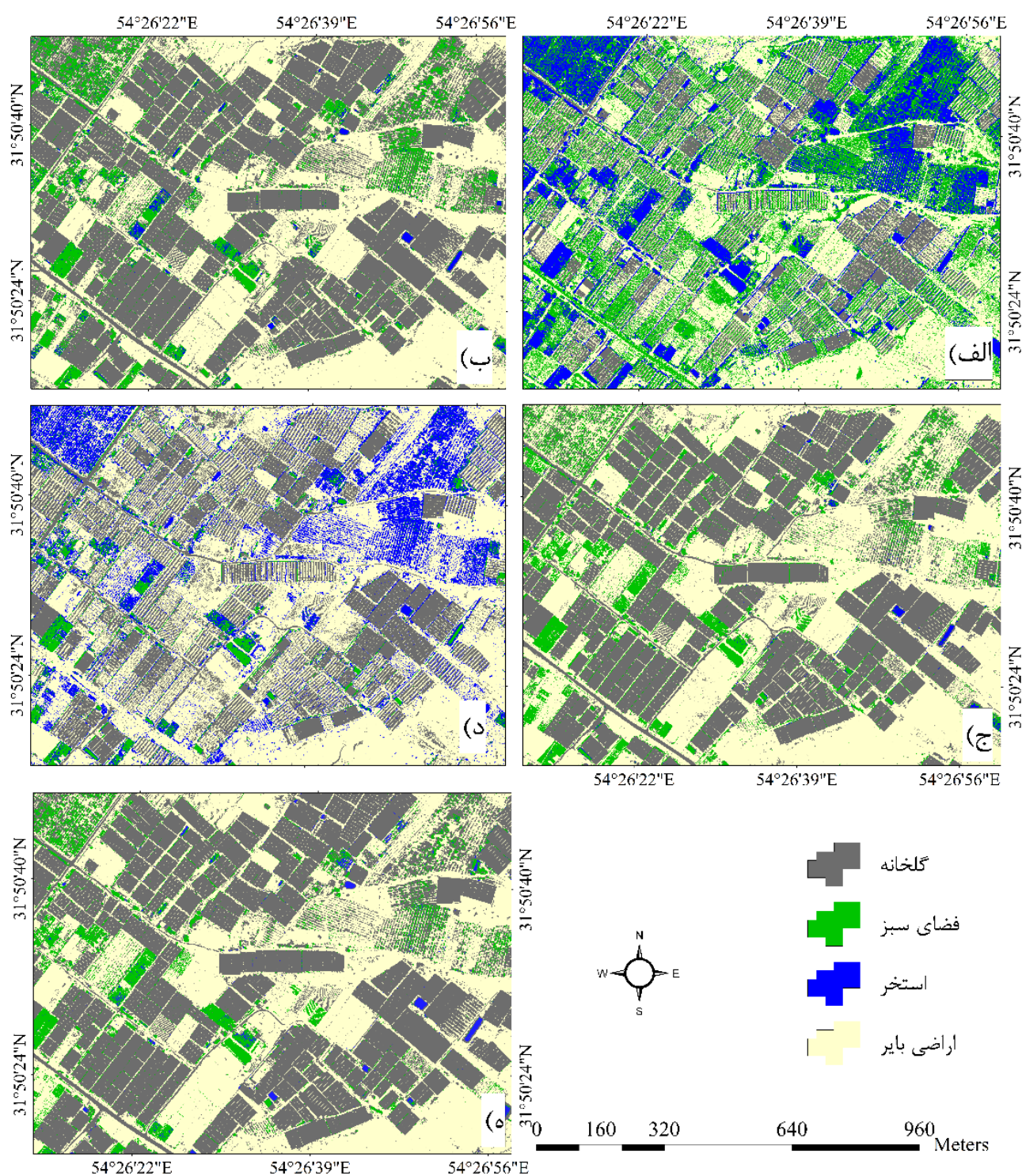
نقشه‌های حاصل از خوارزمیک‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا در (شکل ۲) و خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا در (شکل ۳) ارائه شده است. تفسیر بصری نقشه‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا در شکل ۲ نشان می‌دهد، خوارزمیک‌های کی میانگین (قسمت الف) و کمترین فاصله (قسمت د) دقت کمی دارند، در سایر خوارزمیک‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا گلخانه‌ها و زمین‌های بایر به خوبی طبقه‌بندی شده‌اند. ولی استخرها و پوشش‌های گیاهی از یکدیگر تفکیک نشده‌اند (قسمت ب، ه و ج). در مقابل، تفسیر بصری خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا در شکل ۳ نشان می‌دهد، در تمامی خوارزمیک‌ها طبقات از یکدیگر

تفکیک شده‌اند و تنها در پیکسل‌های محدودی تفکیک به خوبی انجام نگرفته است.

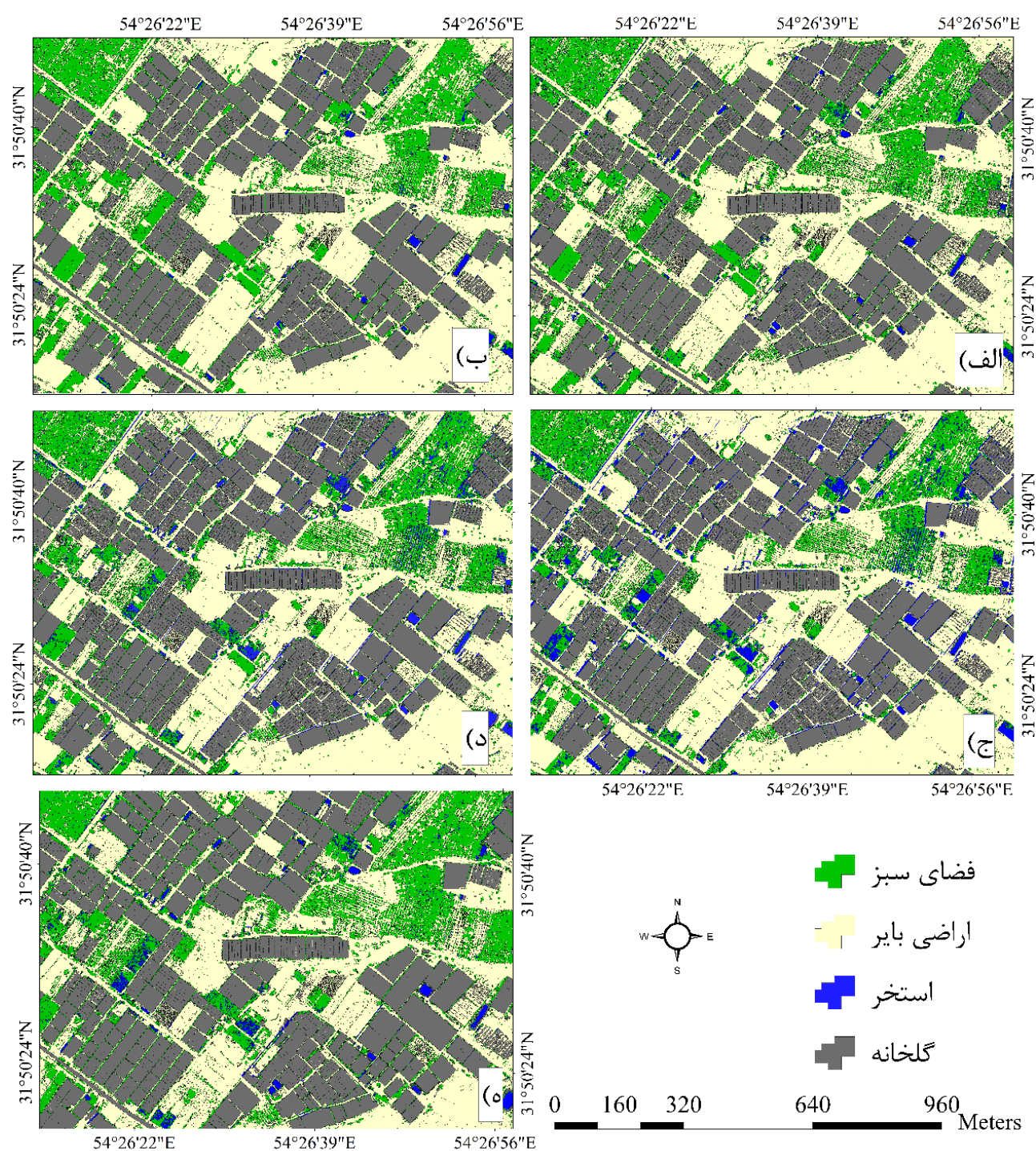
نتایج حاصل از اعتبارسنجی طبقه‌بندی پیکسل مبنا در جدول ۳ و طبقه‌بندی شیء‌گرا در جدول ۴ آمده است. به‌طور کلی در روش پیکسل مبنا، بیشترین دقت برای SVM با صحت کلی ۸۳٪ و ضریب کاپا ۰/۷۸ و ML با صحت کلی ۸۳٪ و ضریب کاپا ۰/۷۷ به دست آمد. در طبقه‌بندی شیء‌گرا دو خوارزمیک Bayes با صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۷ و خوارزمیک KNN با صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۲ بیشترین دقت را در فرایند ارزیابی به دست آوردند (جدول ۳ و ۴). پژوهش‌های مشابه صورت گرفته پیش‌ازاین نیز حاکی از دقت بالای طبقه‌بندی شیء‌گرا در مقایسه با طبقه‌بندی شیء‌گرا است. در پژوهشی برای نقشه‌برداری گلخانه‌ها از تصاویر Landsat-8 استفاده

شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شی گرا در مقایسه با طبقه‌بندی پیکسل مبنا دقت قابل قبول تری دارد. چند گلخانه‌ها از پوشش گیاهی پراکنده به صورت کامل تفکیک نشدند (۵). نتایج مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی

برای تشخیص گلخانه‌های شیشه‌ای و پلاستیکی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای WorldView-2 نشان داد که طبقه‌بندی کننده‌های SVM، RF و ۹۳٪ و ۹۱٪ دقت کلی بیشتری نسبت به ML ۸۰٪ داشتند (۱۶).



شکل ۲. نتایج طبقه‌بندی پیکسل مبنا: (الف) خوشه‌بندی کی-میانگین (ب) خوارزمیک حداکثر احتمال (پ) خوارزمیک حداکثر احتمال (ج) خوارزمیک شبکه عصبی (د) خوارزمیک کمترین فاصله (ه) خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان



شکل ۳. نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا: الف) کی-نزدیک‌ترین همسایه ب) خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان ج) خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری د) خوارزمیک درخت تصادفی ه) خوارزمیک بیز

دیگر در آذربایجان غربی خوارزمیک طبقه‌بندی پیکسل مبنا حداکثر احتمال و خوارزمیک شیء‌گرا نزدیک‌ترین همسایه با یکدیگر مقایسه شدند که روش شیء‌گرا دقت بالاتری را نشان داد (۹). در پژوهش دیگری از جمله (۱۰، ۲۴) نیز دقت طبقه‌بندی شیء‌گرا تایید شد.

در مطالعه‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی با مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا و شیء‌گرا به این نتیجه دست یافتند که روش شیء‌گرا با ضریب کاپا ۰/۹۴ و صحت کلی ۰/۹۱ دقت بیشتری نسبت به روش پیکسل مبنا با ضریب کاپا ۰/۸۷ و صحت کلی ۰/۸۶ دارد (۲). در پژوهشی

جدول ۳. ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت کلی برای کاربری‌های مختلف حاصل از طبقه‌بندی پیکسل مبنا

خوارزمیک طبقه‌بندی	روش طبقه‌بندی	پارامتر آماری	استخر	فضای سبز	زمین‌های بایر	گلخانه	دقت کلی (%)	ضریب کاپا
طبقه‌بندی پیکسل مبنا	K-Meansh	دقت کاربر	۵۰	۰	۶۳/۱۲	۹۵/۸۳	۵۲/۴۴	۰/۳۶
		دقت تولیدکننده	۱۰۰	۰	۸۸	۲۱/۹۰		
	Maximum Likelihood	دقت کاربر	۷۴/۲۴	۶۴/۰۶	۱۰۰	۹۴/۵۹	۸۳	۰/۷۷
		دقت تولیدکننده	۴۹	۸۲	۱۰۰	۱۰۰		
	Minimum Distance	دقت کاربر	۴۱	۴۱	۶۳/۸۳	۸۳/۰۸	۵۵/۶۶	۰/۴۰
		دقت تولیدکننده	۴۱	۴۱	۸۹/۱۱	۵۱/۴۳		
	Neural Network	دقت کاربر	۸۸/۸۹	۵۱/۳۲	۱۰۰	۸۲/۰۳	۷۵/۳۶	۰/۶۷
		دقت تولیدکننده	۲۴	۷۸	۹۸/۰۲	۱۰۰		
	SVM	دقت کاربر	۸۵/۰۷	۶۵	۸۸/۸۹	۹۹/۰۲	۸۳/۷۴	۰/۷۸
		دقت تولیدکننده	۵۷	۷۸	۱۰۰	۹۹/۰۵		

جدول ۴. ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت کلی برای کاربری‌های مختلف حاصل از طبقه‌بندی شیء‌گرا

خوارزمیک طبقه‌بندی	روش طبقه‌بندی	پارامتر آماری	استخر	فضای سبز	زمین‌های بایر	گلخانه	صحت کلی (%)	ضریب کاپا
طبقه‌بندی شیء‌گرا	Bayes	دقت کاربر	۷۷/۰۶	۸۲/۰۲	۹۳/۴۵	۹۸/۹۸	۸۷	۰/۸۳
		دقت تولیدکننده	۸۴	۷۳	۹۹	۹۵/۱۴		
	K-nearest neighbors	دقت کاربر	۸۷/۵	۷۷/۵۴	۹۳/۵۱	۹۹	۸۷	۰/۸۲
		دقت تولیدکننده	۶۳	۸۸	۱	۹۷/۰۸		
	Random Trees	دقت کاربر	۶۸/۹۶	۶۵/۷۴	۹۰/۱۷	۹۸/۹۶	۸۱	۰/۷۴
		دقت تولیدکننده	۶۰	۷۱	۱	۹۳/۲۰		
	Decision Tree	دقت کاربر	۷۱/۰۵	۸۰/۲۴	۹۰/۹۹	۹۸/۹۷	۸۵	۰/۸۰
		دقت تولیدکننده	۸۱	۶۵	۱	۹۴/۱۷		
	Support Vector Machines	دقت کاربر	۹۰/۳۸	۶۴/۵۸	۹۳/۵۱	۹۹	۸۴	۰/۷۸
		دقت تولیدکننده	۴۷	۹۳	۱	۹۶/۱۱		

شناسایی باندهای کاربردی در مطالعه گلخانه‌ها

رفتار طیفی پوشش‌های مختلف سطح زمین در شکل ۴ باهم مقایسه شدند. در این شکل، قسمت الف) خاک در مقایسه با سایر پدیده‌ها از یک رفتار طیفی بدون نوسان و یا کم نوسان برخوردار است. رفتار طیفی خاک رابطه مستقیم با طول موج دارد. به عبارت دیگر با حرکت از محدوده مرئی به سمت مادون قرمز طول موج کوتاه، بازتاب افزایش پیدا می‌کند. تا اینکه در محدوده مادون قرمز نزدیک یک کانون جذب بر اثر رطوبت ایجاد می‌شود و پس از آن روند افزایشی با افزایش طول موج هم چنان ادامه پیدا

می‌کند. عوامل اثرگذار بر رفتار طیفی خاک عبارت‌اند از: ۱- کانی‌های تشکیل دهنده خاک ۲- رطوبت خاک ۳- بافت خاک ۴- مواد آلی موجود در خاک ۵- رنگ خاک ۶- زهکشی خاک. قسمت ب) نسبت بازتاب آب در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار اندک است. آب در باند آبی بیشترین بازتاب را دارد و با حرکت از باند آبی به سمت بخش مادون قرمز طول موج کوتاه نسبت بازتاب به شدت کاهش پیدا می‌کند تا آنکه میزان بازتاب در محدوده مادون قرمز میانی به صفر برسد. به طور کلی آب بیشتر از آنکه پدیده‌های مختلف را بازتاب کند، جذب می‌نماید.

پلاستیکی مانند بازتاب از پوشش گیاهی است. تنها بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در تمام باندها و به مقدار مساوی افزایش می‌یابد؛ بنابراین باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به عنوان دو باند کلیدی برای بررسی‌های گلخانه‌ای نیز کاربرد دارد.

شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها

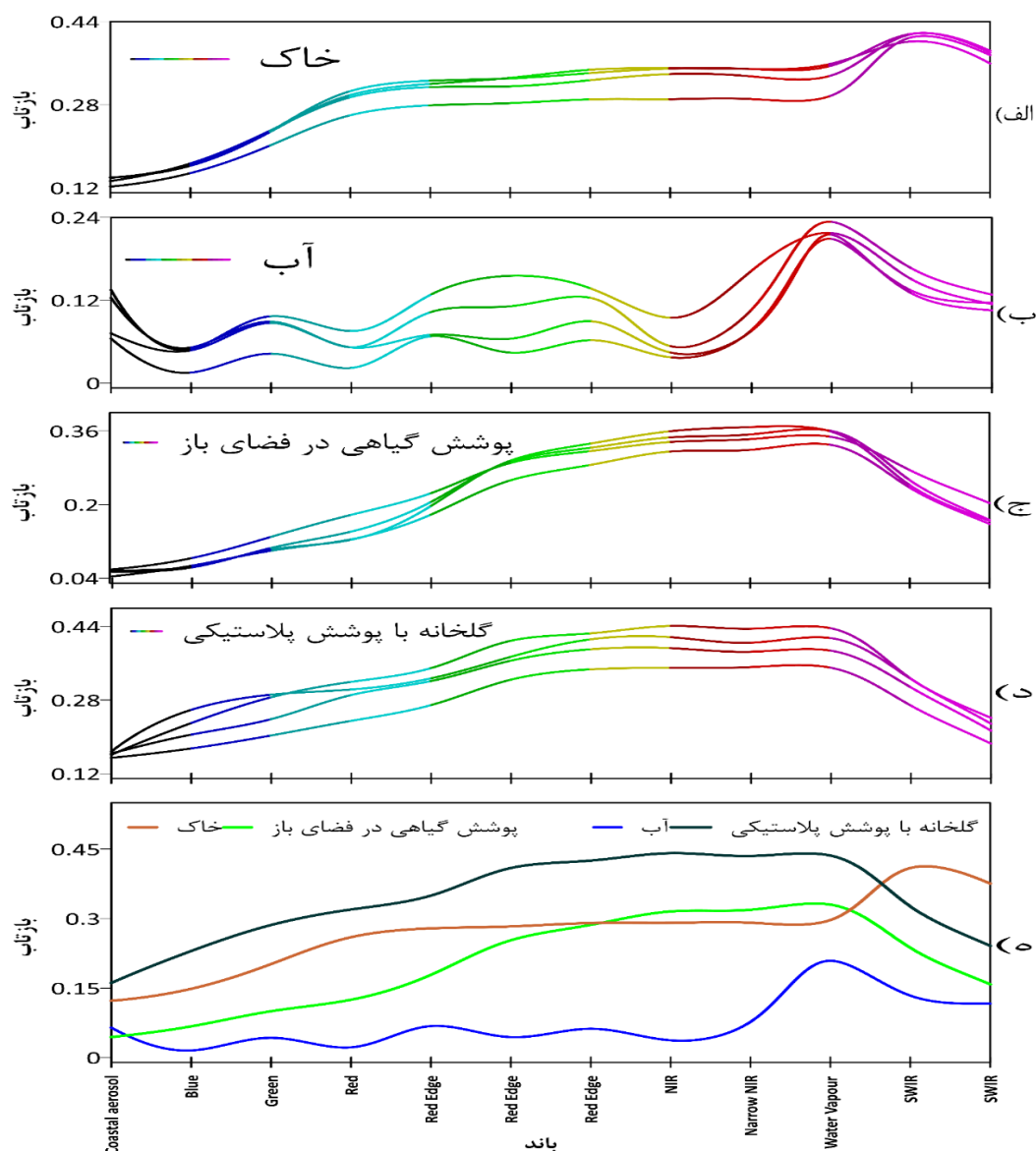
تغییرات بازتاب باندهای مختلف در سری‌های زمانی تصاویر Sentinel-2 در (شکل ۵) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بازتاب گلخانه‌ای در باند NIR، Red Edge و SWIR در زمان رشد محصول افزایش یافته است. بیشترین افزایش بازتاب مربوط به باندهای Narrow NIR و NIR به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۰ در فصل رشد گیاه است (شکل ۵). پژوهشی که در چین انجام شد نیز نشان داد، بازتاب گلخانه‌ها در طول رشد و نمو گیاه تغییر می‌کند و تفاوت ویژگی باندهای narrow یعنی باندهای باریک قرمز و مادون قرمز نزدیک در تصاویر Sentinel-2، نقش مهمی در نقشه‌برداری گلخانه‌ای با دقت بالا ایفا می‌کند (۲۷). در پژوهش دیگری کیفیت، رشد و تولید محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در محدوده مادون قرمز نزدیک بررسی شد. نتایج نشان داد شاخص سطح برگ برای محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در دوره تابستان افزایش می‌یابد (۱۵).

تغییرات سری زمانی شاخص‌های پوشش گیاهی گلخانه در شکل ۶ ارائه شده است. شاخص RVI بیشترین بازتاب را دارد و شاخص MSAVI دارای کمترین بازتاب است. به طور کلی تمامی شاخص‌های پوشش گیاهی روند رشد گیاهی یکسانی را در طول یک سال نشان می‌دهند. برای تفسیر بهتر دیگر نمودارها در شکل ۷ به صورت مجزا نشان داده شده‌اند.

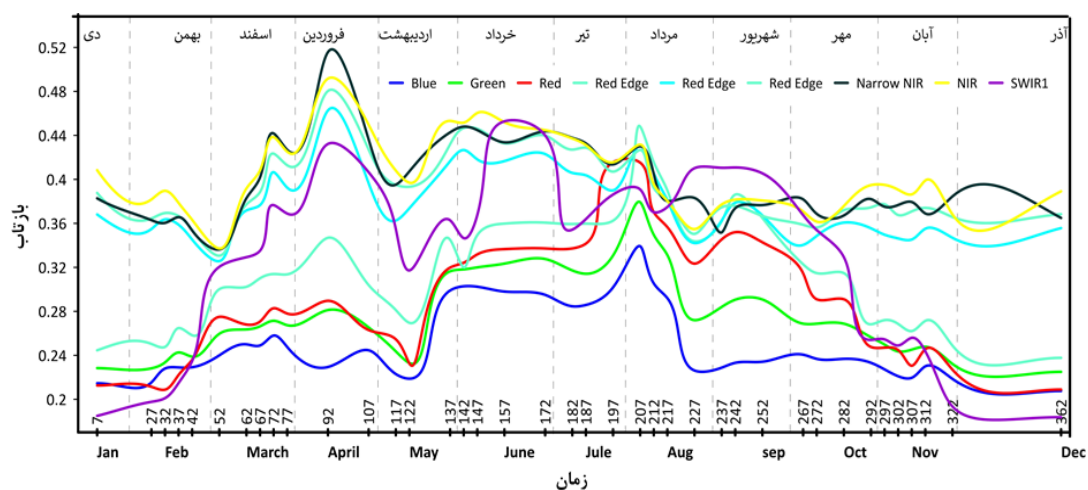
مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی DVI-MSAVI- SAVI-NDVI-OSAVI-GNDVI در شکل ۷ نشان‌دهنده این است که تمامی شاخص‌های ذکر شده تقریباً روند یکسانی برای گلخانه مورد مطالعه در یک سال نشان می‌دهد. شاخص NDVI دارای بیشترین بازتاب و شاخص DVI بازتاب کمتری دارد. روند تغییرات شاخص‌های پوشش پلاستیکی PGI، RPI و PMLI در شکل ۸ ارائه شده است.

قسمت ج) به طور کلی رفتار طیفی گیاه نسبت به دیگر پدیده‌ها از نوسان بیشتری برخوردار است. نسبت بازتاب محدوده مرئی گیاه در مقایسه با محدوده مادون قرمز، بسیار کمتر است. بیشترین بازتاب در بخش مرئی را باند سبز با توجه به مقدار کلروفیل و کاروتنوئید موجود در گیاه دارد، یعنی هرچقدر گیاه سالم‌تر، میزان کلروفیل در آن بیشتر و در نتیجه میزان بازتاب باند سبز بیشتر می‌شود. کلروفیل در گیاه موجب جذب امواج قرمز و آبی توسط گیاه بازتاب سبز می‌شود. باکم شدن کلروفیل در گیاه مقدار کاروتنوئید در گیاه زیاد می‌شود و موجب افزایش بازتاب در بخش قرمز طیف و کاهش بازتاب در بخش سبز طیف الکترومغناطیسی می‌گردد. بر همین اساس در فصل پاییز و زمستان پوشش گیاهی به رنگ نارنجی و قرمز دیده می‌شود. باند مادون قرمز بشدت امواج رسیده را بازتاب می‌کند. بازتاب در بخش مادون قرمز نزدیک یا فلات قرمز رابطه مستقیم با کلروفیل گیاه دارد. در شرایطی که میزان کلروفیل کافی وجود داشته باشد، باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب برخوردار است. وجود رطوبت در گیاه باعث شده تا در محدوده مادون قرمز طول موج کوتاه کانون‌های جذبی قابل توجهی ایجاد شود. چراکه امواج مادون قرمز خصوصاً مادون قرمز طول موج کوتاه از حساسیت بسیار بالایی نسبت به رطوبت و آب برخوردار هستند و موجب کاهش بازتاب می‌شوند. قسمت د) منحنی‌های بازتاب طیفی گلخانه‌های با پوشش پلاستیک، موازی با بازتاب پوشش گیاهی است اگرچه بازتاب در گلخانه‌های پلاستیکی بیشتر است چراکه پوشش پلاستیکی روی سقف گلخانه‌ها بازتاب سطح را بر روی چهار باند چند طیفی به طور مساوی افزایش داده است. قسمت ه) گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی یعنی منحنی سیاه بازتاب بالاتری نسبت به پوشش گیاهی در زمین‌های زراعی باز منحنی سبز، نشان می‌دهد. به این صورت که، بازتاب گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی بر روی تمام باندها به طور مساوی افزایش پیدا کرده است.

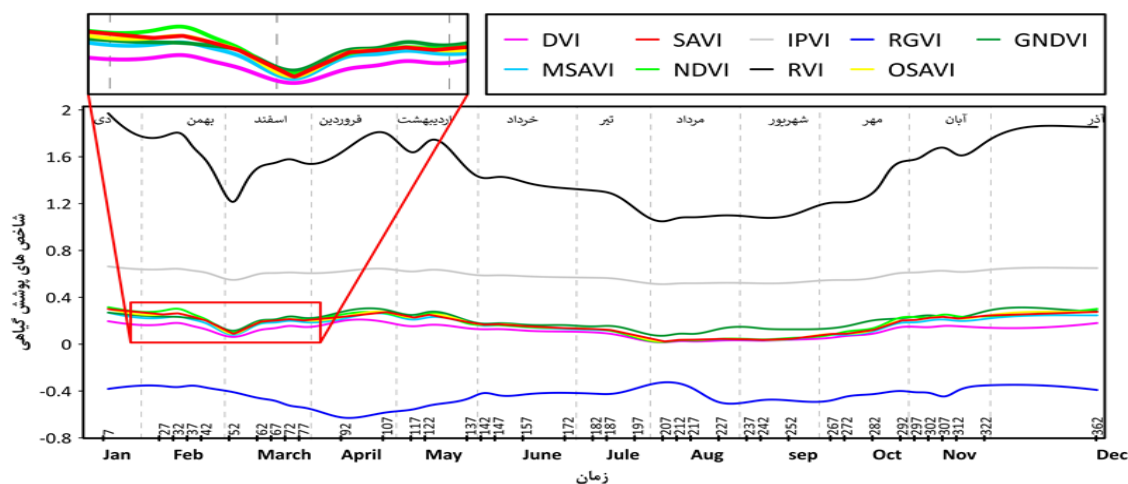
بر این اساس، باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک دو باند کلیدی در مطالعه پوشش گیاهی می‌باشند. باند قرمز از بیشترین جذب و باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب در رفتار طیفی گیاه برخوردار است. از آنجاکه بخش (د) در شکل ۴ نشان داد، بازتاب در گلخانه‌های با پوشش



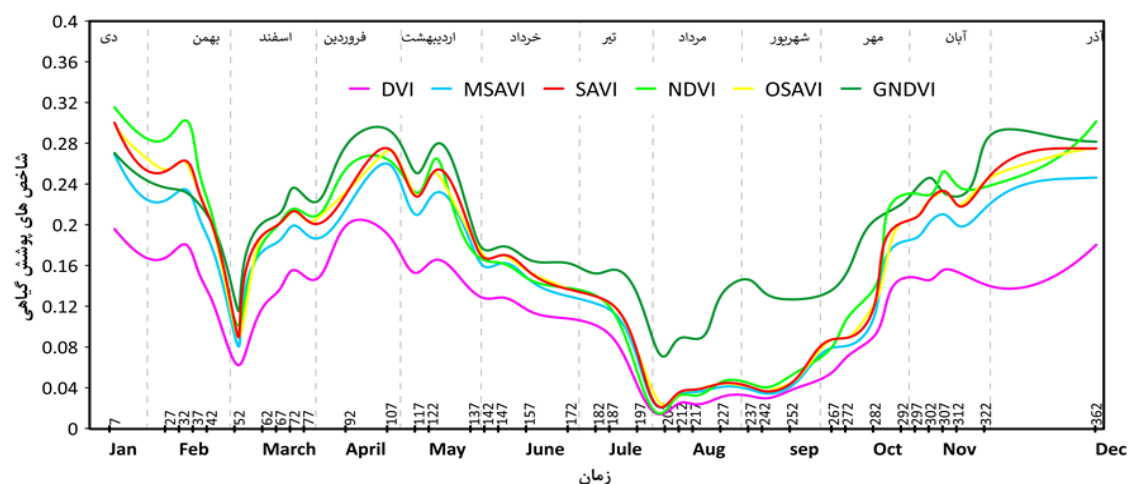
شکل ۴. الف: بازتاب خاک؛ ب: بازتاب آب؛ ج: بازتاب پوشش گیاهی در فضای باز؛ د: بازتاب گلخانه با پوشش پلاستیکی؛ ه: مقایسه رفتار طیفی پوشش‌های مختلف سطح زمین



شکل ۵. تغییرات بازتاب باندهای مختلف در سری زمانی



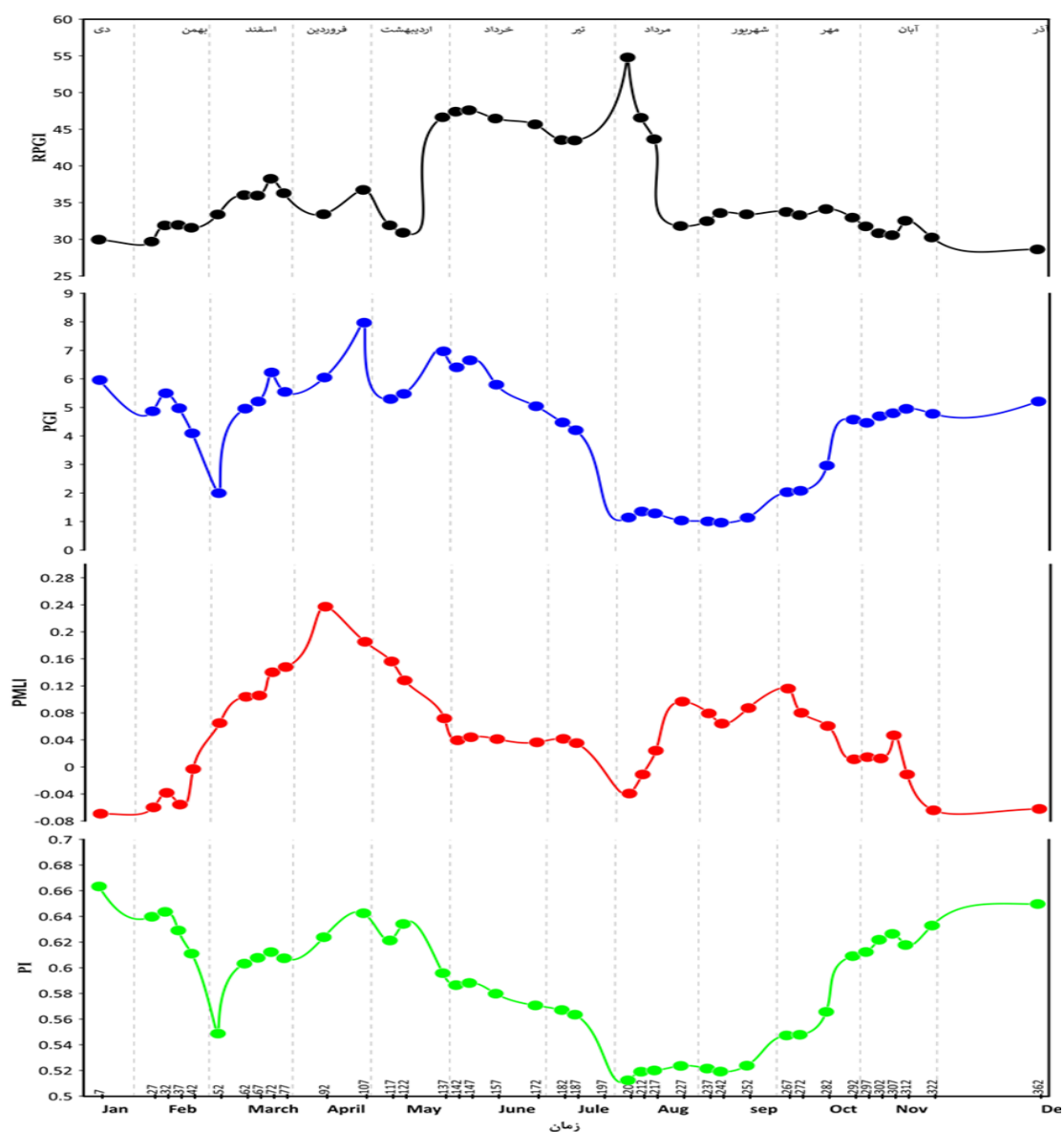
شکل ۶. تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی گلخانه در سری زمانی



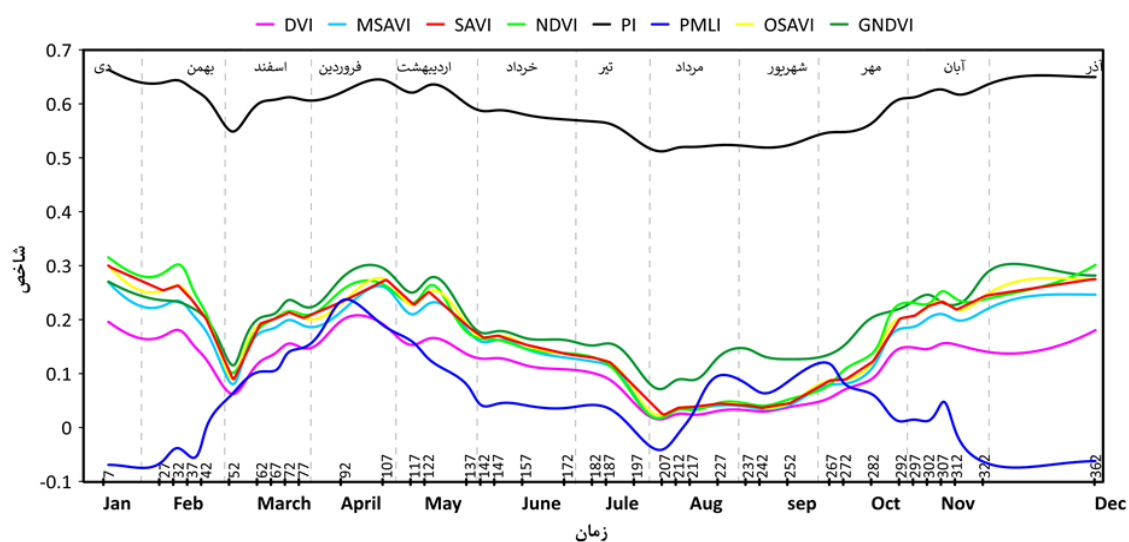
شکل ۷. شاخص‌های پوشش گیاهی DVI-MSAVI-SAVI-NDVI-OSAVI-GNDVI

تعیین طول دوره کشت در شکل ۹ مقایسه‌ای بین شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی صورت گرفته است. شاخص‌های PI، NDVI، SAVI، MSAVI، DVI، OSAVI، GNDVI روند تغییرات مشابه‌ای را نشان می‌دهند. شاخص PMLI در فصل گرم سال بازتاب بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌های ذکر شده نشان می‌دهد. با توجه به اینکه بازتاب بیشتر نشان‌دهنده این است که گلخانه در تاریخ مذکور دارای پوشش گیاهی است؛ مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی و پوشش گلخانه‌ای نشان‌دهنده این موضوع است که دو دوره محصول کشت می‌شود. کشت اول از اوایل اسفند شروع شده و در فروردین اوج پوشش را داشته و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه داشته است. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر اوج پوشش را داشته تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است.

نتایج نشان می‌دهد، شاخص‌های PGI و PI روند تغییرات یکسانی دارند. با این تفاوت که دامنه مقادیر PI بین ۰/۵ تا ۰/۷ و دامنه مقادیر PGI بین صفر تا ۹ است. تغییرات بازتاب این دو شاخص مانند شاخص‌های پوشش گیاهی است (شکل ۷). شاخص RPGL از اواسط اردیبهشت تا اواخر مرداد بازتاب بیشتری را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر این شاخص بازتاب زیادی را برای فصل گرم سال نشان می‌دهد. شاخص PMLI روند شبیه به بازتاب پوشش گیاهی دارد با این تفاوت که در فصل گرم سال که شاخص‌های پوشش گیاهی بازتاب کمی نشان داده‌اند این شاخص بازتاب زیادی ثبت کرده است؛ این شاخص از باند SWIR استفاده می‌کند که به شدت جاذب رطوبت است اما در تابستان سقف گلخانه گچ‌پاشی می‌شود که باعث خشک شدن سطح و افزایش بازتاب می‌شود. از این رو این شاخص‌های پوشش پلاستیکی در شکل ۹ با شاخص‌های پوشش گیاهی مقایسه می‌شوند. جهت انتخاب شاخص بهینه



شکل ۸. تغییرات شاخص‌های پوشش پلاستیکی گلخانه در سری زمانی



شکل ۹. مقایسه تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی با شاخص‌های پوشش پلاستیکی در یک گلخانه

دوره کشت محصول را نشان می‌دهند، که تاریخ‌های معمول کشت^۱ (T) برداشت^۲ (R)، خالی ماندن گلخانه^۳ (E) و اوج پوشش گلخانه^۴ (G) است. باتوجه به بازدید میدانی صورت گرفته از منطقه (شکل ۱۰)، برای پاسخگویی به ابهام‌ها ذکر چند نکته ضروری است:

اول: کاهش بازتاب در تابستان به دلیل گچ پاشی گلخانه برای کنترل گرمای داخل گلخانه‌ها در تیر و مرداد است و برای کنترل دما در فصل سرد سقف گلخانه شستشو داده می‌شود.

دوم: بعد از کشت زمستانه به‌طور معمول گلخانه‌ها خالی نمی‌شوند یا بعد از ۱۰ روز استراحت، مجدد کشت بعدی شروع می‌شود.

سوم: با توجه به تنوع محصول، چرخه محصول بسیار متغیر است.

برای ارزیابی نتایج و پاسخ به برخی از ابهامات مانند کاهش بازتاب گلخانه در فصل گرم سال از منطقه مطالعاتی در ۱۸ مهر بازدید به عمل آمد (جدول ۵ و شکل ۱۰). طول دوره کشت به‌دست آمده از طریق پرس‌وجو از گلخانه‌داران در منطقه مطالعاتی، نشان داد در این منطقه دو دوره محصول کشت می‌شود؛ الف) کشت اول یا کشت تابستانه: در اوایل بهمن تا اوایل اسفند کشت صورت می‌گیرد بعد از اینکه گیاه به اوج رشد رسید، حدوداً از ۵۰ روز تا دو ماه محصول دارد یعنی حدوداً از فروردین تا اواخر خرداد محصول برداشت می‌شود. ب) کشت دوم یا کشت زمستانه: در اواخر مرداد تا اواخر شهریور صورت می‌گیرد، بعد از اینکه گیاه به اوج پوشش خود رسید، از آبان تا اوایل بهمن محصول برداشت می‌شود. نتایج به‌دست آمده از تعیین طول دوره کشت با استفاده از تصاویر Sentinel-2 (شکل ۹) و نتایج به‌دست آمده از طریق بازدید میدانی (جدول ۵) دو

جدول ۵. خلاصه‌ای از چرخه رشد خیار سبز به‌دست آمده از بازدید زمینی در منطقه مورد مطالعه

ماه	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
مرحله رشد (خیار)	R	R	G	T/G	E/T	R/E	R	R	G/R	T/G	T/E	R



(الف)



(ب)



(ج)



(د)



(ه)



(و)

شکل ۱۰. تصاویر نقاط بازدید شده. الف) گلخانه با سقف گچ پاشی شده ب) پوشش گیاهی گلخانه ج) گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی پوسیده د) گلخانه با سقف گچ پاشی شده ه) استخر گلخانه و) در حال شستشوی گلخانه گچ پاشی شده. تصاویر مربوط به ۱۸ مهر می‌باشند.

³ Empty

⁴ Peak coverage

¹ Transplantation

² Removal

■ نتیجه‌گیری

کشت گلخانه‌ای عملی است که برای بهبود کیفیت و افزایش تولید مواد غذایی استفاده می‌شود. با این وجود توسعه آن‌ها تأثیرات منفی زیادی بر محیط دارد. توانایی به دست آوردن اطلاعات دقیق و به‌موقع از توزیع گلخانه‌ها و زمان کشت و برداشت محصولات در زیر پوشش‌های پلاستیکی می‌تواند سهم مهمی در مدیریت کشاورزی، مدیریت آب و حفاظت از خاک داشته باشد.

این تحقیق اولین مطالعه برای شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهواره Sentinel-2 است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از یک عکس هوایی مرز و مساحت گلخانه‌ها استخراج شد، سپس در ۳۱ اردیبهشت ماه که گلخانه‌ها دارای پوشش گیاهی هستند بازتاب باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge، SWIR و بررسی شد و باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای استخراج شد. در پایان شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی روی ۳۹ تصویر Sentinel-2 برای شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها اعمال شد. یافته‌ها نشان داد از میان خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا دو خوارزمیک طبقه‌بندی Bayes و KNN جهت شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها دقت بهتری داشتند. بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge و

SWIR نسبت به بازتاب از پوشش گیاهی در فضای باز به مقدار مساوی افزایش می‌یابد. مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی و پوشش گلخانه‌ای نشان داد شاخص‌هایی که براساس باند SWIR و باند Red طراحی شده‌اند در فصل گرم سال بازتاب بیشتری نشان دادند. شاخص‌هایی که بر مبنای باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge طراحی شده‌اند از مهر تا اواخر بهمن بازتاب بیشتری داشتند.

براساس نتایج به‌دست آمده از بازدید زمینی در فصل گرم سال گلخانه‌ها گچ‌پاشی می‌شوند. این امر باعث افزایش بازتاب در شاخص‌هایی که بر مبنای باند SWIR و Red طراحی شده‌اند و کاهش بازتاب در شاخص‌هایی که براساس باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge طراحی شده‌اند، در فصل گرم سال شد.

از این رو با ترکیب اطلاعات تمام شاخص‌ها دو دوره کشت مشاهده شد: کشت اول از اوایل اسفند شروع شده، در فروردین به اوج پوشش رسیده و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه داشته است. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر به اوج پوشش رسیده تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است.

■ سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت دانشگاه یزد در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

■ References

1. Aguilar, M. A., Vallario, A., Aguilar, F. J., Garcia Lorca, A., & Parente, C. (2015). Object-based greenhouse horticultural crop identification from multi-temporal satellite imagery: A case study in Almeria, Spain. *Remote Sensing*, 7(6), 7378-7401. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70607378>
2. Arkhi, D., & Kalavi, S. (2019). Comparison of pixel-based and object-oriented classification methods for land use mapping Using satellite image (Case Study: Ilam City). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 9(32), 1-16. DOI:10.22111/GAIJ.2019.4797 [In Persian]
3. Briassoulis, D., Dougka, G., Dimakogianni, D., & Vayas, I. (2016). Analysis of the collapse of a greenhouse with vaulted roof. *Biosystems Engineering*, 151(11), 495-509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.018>

4. Carvajal, F., Crisanto, E., Aguilar, F. J., Agüera, F., & Aguilar, M. A. (2006). Greenhouses detection using an artificial neural network with a very high-resolution satellite image. In *ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna*, 37-42.
5. Chaofan, W., Jinsong, D., Ke, W., Ligang, M., & Tahmassebi, A. R. S. (2016). Object-based classification approach for greenhouse mapping using Landsat-8 imagery. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(1), 79-88. DOI: 10.3965/j.ijabe.20160901.1414
6. Colby, J. D., & Keating, P. L. (1998). Land cover classification using Landsat TM imagery in the tropical highlands: the influence of anisotropic reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1479-1500. DOI:10.1080/014311698215306
7. Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of Environment*, 34(1), 71-73. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z)
8. Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006). PLastic films for agricultural applications. *Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85-102. DOI: <https://doi.org/10.1177/8756087906064220>
9. Feizizadeh, B., & Helali, H. (2010). Comparison pixel-based, object-oriented methods and effective parameters in Classification Land cover/land use of west province Azerbaijan. *Physical Geography Research Quarterly*, 42(71). 73-84. [In Persian]
10. Ghafari, S., Moradi, H. R., & Modarres, R. (2018). Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains). *RS and GIS for Natural Resources*, 9(1), 40-57. [In Persian]
11. Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80(1), 76-87. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9)
12. Houborg, R., Anderson, M., & Daughtry, C. (2009). Utility of an image-based canopy reflectance modeling tool for remote estimation of LAI and leaf chlorophyll content at the field scale. *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 259-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.014>
13. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
14. Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50(4), 663-666. DOI: <https://doi.org/10.2307/1936256>
15. Kittas, C., Katsoulas, N., Katsoupa, M., & Papaioannou, C. H. (2012). Test of a greenhouse covered by polyethylene film that reflects near-infrared radiation. In *VII International Symposium on Light in Horticultural Systems*, (956), 507-513. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.60>
16. Koc-San, D. (2013). Evaluation of different classification techniques for the detection of glass and plastic greenhouses from WorldView-2 satellite imagery. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7(1), 073553-073553. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.073553>

17. Kogan, F. (1993). *United States droughts of late 1980's as seen by NOAA polar orbiting satellites*. Proceedings of IGARSS'93-IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Tokyo, Japan. DOI: <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1993.322522>
18. Levin, N., Lugassi, R., Ramon, U., Braun, O., & Ben-Dor, E. (2007). Remote sensing as a tool for monitoring plasticulture in agricultural landscapes. *International journal of remote sensing*, 28(1), 183-202. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160600658156>
19. Li, C., Chen, J., Wang, J., Han, P., Luan, Y., Ma, X., & Lu, A. (2016). Phthalate esters in soil, plastic film, and vegetable from greenhouse vegetable production bases in Beijing, China: concentrations, sources, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 568, 1037-1043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.077>
20. Lu, L., Di, L., & Ye, Y. (2014). A decision-tree classifier for extracting transparent plastic-mulched landcover from Landsat-5 TM images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(11), 4548-4558. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2327226
21. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment*, 48(2), 119-126. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90134-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1)
22. Richardson, A. J., & Wiegand, C. L. (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 43(12), 1541-1552.
23. Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107. DOI: 10.1016/0034-4257(95)00186-7
24. Roostaei, S., Mokhtari, D., Kamran, V., & Khodaei Geshlag, L. (2019). Comparison of Pixel-based Algorithm (maximum likelihood) and Object-based Method (Support Vector Machine) in Classification of Land Use (Ahar-Varzeghan Area). *Quantitative Geomorphological Research*, 8(1), 118-129. [In Persian]
25. Shi, L., Huang, X., Zhong, T., & Taubenböck, H. (2020). Mapping plastic greenhouses using spectral metrics derived from GaoFen-2 satellite data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 49-59. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2950466
26. Shirani, F., Mazidi, A., & Khodaghali, M. (2009). Regionalization of Climate in Yazd Province Using Multivariate Statistical Methods. *Journal of Geography and Regional Development*, 7(13), 140-157. DOI: <https://doi.org/10.22067/geography.v7i13.8980> [In Persian]
27. Sun, H., Wang, L., Lin, R., Zhang, Z., & Zhang, B. (2021). Mapping plastic greenhouses with two-temporal sentinel-2 images and 1d-cnn deep learning. *Remote Sensing*, 13(14), 2820. DOI: 10.3390/rs13142820
28. The European Space Agency. (2022). Sentinel-2 mission guide. Retrieved June 7, 2022, from <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>
29. Tarantino, E., & Figorito, B. (2012). Mapping rural areas with widespread plastic covered vineyards using true color aerial data. *Remote Sensing*, 4(7), 1913-1928. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4071913>

30. Themistocleous, K., Papoutsas, C., Michaelides, S., & Hadjimitsis, D. (2020). Investigating detection of floating plastic litter from space using sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 12(16), 2648. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12162648>
31. Wang, J., Chen, G., Christie, P., Zhang, M., Luo, Y., & Teng, Y. (2015). Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses. *Science of the Total Environment*, 523, 129-137. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.02.101
32. Yang, D., Chen, J., Zhou, Y., Chen, X., Chen, X., & Cao, X. (2017). Mapping plastic greenhouse with medium spatial resolution satellite data: Development of a new spectral index. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 128(6), 47-60. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.03.002

Evaluation of Changes in Reference Evapotranspiration in Iran Over the Last Decades

A. Yahyavi Dizaj¹, K. Javan², S. Khaledi³, T. Akbari Azirani^{4*}

1. Ph. D Student in Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor of Geography, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Urmia, Iran.
3. Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: t_akbari@sbu.ac.ir

Received date: 26/04/2023

Accepted date: 30/05/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2000984.1413](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000984.1413)

Extended Abstract

Introduction

Today, one of the biggest challenges for mankind is the lack of water resources in the world. This is one of the limiting factors for agricultural development in Iran in recent years. Identifying and estimating reference evapotranspiration (ET_0) can help make decisions to plan and mitigate the use of water resources and appropriate management methods in the country. Thus, one of the ways to reduce water losses in the fields is good irrigation planning, which is based on accurate estimation of the water requirements of plants and ET_0 . The aim of this research is to evaluate the ET_0 changes using temperature and radiation methods, statistical tests such as Man-Kendall, Sen's slope analysis in Iran over the last decades.

Material and Methods

In the current research, primary evaluation of data, such as sorting, etc., was conducted in the desired ET_0 calculation format. For the classification of weather station climate, annual precipitation and temperature data from 1976 to 2020 were used. To estimate ET_0 , maximum temperature ($^{\circ}\text{C}$), minimum temperature ($^{\circ}\text{C}$), average relative humidity (%), wind speed (m/s), and sunshine hour (h) were used on a monthly time scale. The Koppen-Geiger climate classification method was used to classify the meteorological stations studied. For estimating monthly and annual ET_0 , the methods such as FAO Penman-Monteith (FAO PM), Hargreaves-Samani (H-S), and Priestley Taylor (PT) were used. Then, an attempt was made to introduce the appropriate model for each climate by using the results of ET_0 estimation using RMSE and MAE. ET_0 maps were produced with more accuracy based on the results of the RMSE. Among different geostatistical interpolation methods, the Kriging method worked better than the other methods, which was used as the superior interpolation method. The Mann-Kendall non-parametric test was used to detect the trend of time series. To examine the trend slope in the ET_0 time series, the



non-parametric Sen's slope method was used. For qualitative analysis of the ET_0 trend, the innovative ITA trend was used for all three methods on a yearly basis

Results and Discussion

In this research, the station climate classification results show that climate varieties in Iran are high and can be divided into seven different climates. According to the RMSE and MAE statistical evaluations, the H-S method in semi-desert climates, dry and cold steppe, dry desert, temperate with dry summers, very hot semi-desert and snowy climates; and PT method in dry desert climates, moderate with dry summers, semi-desert, and very hot semi-desert were recognized as superior methods. In the temperate and rainy climate zone of Bandar Anzali, the H-S, and in Rasht, the PT methods were evaluated as suitable methods. Based on the monthly ET_0 estimation, the amount of ET_0 is significantly reduced in the northwestern, western and northeastern regions during the winter season. In winter, ET_0 decreases as a result of increased air moisture. In the spring season, the amount of ET_0 declined in the northern latitudes. The onset of convective spring rains in the northern latitudes of the country is one of the reasons behind this reduction in ET_0 in these areas. During the summer season, regions in the upper latitudes have a lower ET_0 because of their lower temperature than southern latitudes. In the autumn, there is a lower ET_0 in the northern latitudes than in the southern regions of the country. Trend analysis shows that with the exception of the Arak station with an ET_0 downward trend in April, most ET_0 time series have a positive trend in the rest of the stations. Sanandaj is the only station that has a downward trend in ET_0 in November. An increasing trend is observed in most of the studied stations, but in some other stations such as Arak and Sanandaj, a downward trend in the Reference Evapotranspiration may be observed. Finally, the results of the Innovative Trend Analysis (ITA) showed an upward trend in the amount of ET_0 in both high and low areas in all seasons. This shows the increase of the long-term ET_0 trend, indicating the increase in water requirements for plants in Iran. In the present study, climatic data from 40 stations from 1976 to 2020 were used to estimate ET_0 in Iran. The Koppen- Geiger method was also used to classify the weather stations into the seven climates classes. The FAO PM, H-S, and PT models were used to estimate monthly and annually ET_0 . To choose the appropriate method of estimating ET_0 in each climate zones; the H-S and PT methods were compared with the FAO PM method, and validated using RMSE and MAE statistics. Due to the involvement of various processes in ET_0 changes, the best estimation method differs between stations. In this research, the H-S method was more compatible than the PT method at most of the stations. Results have been presented as monthly and annual zoning maps. The zoning results of the three ET_0 calculation methods mentioned showed that changes in climatic elements in different regions and periods have different effects on the ET_0 value. The trend in ET_0 changes using the Mann-Kendall test showed that the ET_0 data at most stations have an increasing slope. Only two stations (Arak representing the top stations and Sanandaj representing the bottom station) have a decreasing slope. Based on the results of the ET_0 time series analysis using ITA, the ET_0 trend increased at all stations representative of the high and low elevation zones. Overall results show that TE_0 has increased in most parts of the country, resulting in increased water requirements for plants. In the absence of effective management, Iran will face a serious water crisis in the future.

Keywords: FAO Penman-Monteith56; Hargreaves Samani; Priestley Taylor; Innovative Trend Analysis





ارزیابی تغییر مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ایران طی دهه‌های اخیر

آمنه یحیوی دیزج^۱، خدیجه جوان^۲، شهریار خالدي^۳، طیبه اکبری ازیرانی^{۴*}

۱. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. استاد اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴. استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: t_akbari@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹

doi [10.22034/JDMAL.2023.2000984.1413](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000984.1413)

چکیده

بررسی تبخیر و تعرق مرجع در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند کشور ایران برای مدیریت علمی منابع آب ضروری است. در پژوهش حاضر تبخیر و تعرق مرجع طی دهه‌های اخیر مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از داده‌های ۴۰ ایستگاه همدیدی (۱۳۵۶ تا ۱۴۰۰) بهره‌گیری شد. برپایه طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه‌ها به روش کوپن-گایگر، ۷ طبقه اقلیمی حاصل شد. برای برآورد تبخیر و تعرق، روش‌های فائو پنمن مانتیث، هارگریوز سامانی و پریستلی تیلور استفاده شد. اعتبارسنجی نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از آماره‌های RMSE و MAE نشان داد که روش‌های هارگریوز سامانی و پریستلی تیلور در مقایسه با روش استاندارد فائو پنمن مانتیث؛ روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق برای هر اقلیم است. مطابق ارزیابی، روش هارگریوز سامانی در اقلیم‌های نیمه‌بیابانی، استپ خشک و سرد، بیابان خشک، معتدل با تابستان‌های خشک، نیمه‌بیابانی بسیار گرم و اقلیم برفی به ترتیب با تعداد ۹، ۶، ۵، ۵ و ۲ ایستگاه و پریستلی تیلور در اقلیم‌های بیابانی خشک، معتدل با تابستان‌های خشک، نیمه‌بیابانی و نیمه‌بیابانی بسیار گرم با تعداد ایستگاه‌های ۳، ۳، ۲ و ۱ روش برتر شناخته شدند. در اقلیم معتدل پرباران بندر انزلی، روش هارگریوز سامانی و در رشت پریستلی تیلور، مناسب ارزیابی شد. نتایج در مقیاس ماهانه و سالانه پهنه‌بندی و تحلیل شد. آزمون‌های من کندال، شیب سن و روند نوآورانه ITA برای ارزیابی تغییرات روند تبخیر و تعرق استفاده شدند. براساس نتایج ترکیب عناصر اقلیمی، عوامل محلی نظیر ارتفاعات و عرض جغرافیایی و فرامحلی مانند گردش عمومی جو بر تغییر روند تبخیر و تعرق نقش زیادی دارند. بطوری که در عرض‌های جنوبی که از گرمایش بیشتر سطح زمین برخوردارند، مقدار تبخیر و تعرق بیشتر و در عرض‌های شمالی به دلیل دمای پایین‌تر، کمتر است. نتایج حاکی از آن است که روند سالانه تبخیر و تعرق افزایشی و نیاز آبی گیاهان افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: فائو پنمن مانتیث ۵۶؛ هارگریوز سامانی؛ پریستلی تیلور؛ روند نوآورانه



■ مقدمه

کمبود منابع آب در جهان یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشر و عامل محدود کننده توسعه کشاورزی در سال‌های اخیر بوده است. از آنجایی که بیشتر گستره ایران نیز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است از این چالش به دور نبوده و تنش‌های وارده را احساس می‌نماید. امروزه با توجه به مسئله بحران آب و نیاز به برنامه‌ریزی دقیق، آگاهی از تغییر مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع^۱ (ET_0) ضروری است و به دلیل بررسی تغییر متغیرهای اقلیمی بصورت ترکیبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲). با توجه به اینکه ET_0 تابعی از ویژگی‌های اقلیمی، ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه است و برخی از آنها در زمان و مکان متغیر هستند (۷)؛ روند ET_0 نیز در مناطق مختلف کره زمین بسیار متنوع است (۲۶). درواقع چون تغییرات در متغیرهای هواشناسی به طور یکنواخت بر روی کره زمین رخ نمی‌دهد. در نتیجه تغییرات مختلف در ویژگی‌های بیان شده باعث شده که افزایش قابل توجه روند ET_0 در مناطق استپی سرد و خشک شمال شرقی آسیا (۴۱). آرژانتین (۱۰). بخش شرقی پاکستان (۱). کره جنوبی (۱۳، ۱۵). رومانی (۲۷). و شبه جزیره مالزی (۲۶). مشاهده شود. در حالی که کاهش روند ET_0 در منطقه نیمه خشک برزیل (۹). بنگلادش (۳۰). مناطق مرطوب ایران (۲۴) و چین (۴۰). گزارش شده است و هیچ تغییری در روند ET_0 نیز در برخی مناطق از جمله بریتانیای کبیر (۸) و کوه‌های Qilian چین (۲۱) گزارش نشده است. نوسان روند ET_0 نیز در برخی مناطق مانند ارتفاعات تبت (۴۲)، مناطق حساس زیست محیطی چین (۲۰) و حوضه رودخانه لیائو غربی چین (۱۲). مشاهده شده است. لازم به ذکر است که در موارد (۱۰، ۱۳، ۱۵، ۲۷، ۲۶، ۳۰، ۲۱، ۴۲، ۲۰ و ۱۲) برای برآورد تبخیر و تعرق مرجع از روش فائو پنمن مانیتیت استفاده شده و موارد (۴۱، ۱، ۲۴، ۴۰ و ۸) به ترتیب با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل همبستگی و تحلیل رگرسیون، سنجش از دور، شاخص خشکی، الگوریتم یادگیری ماشین، و مدل فیزیکی JULES انجام شده است.

با توجه به اینکه برای برآورد ET_0 ، بررسی روند تغییرات آن نیز برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و غیره ضروری است. بر این اساس روابط متعددی برای محاسبه ET_0 با استفاده از روش‌های تجربی ارائه شده‌اند که در چهار گروه روش‌های مبتنی بر تابش، دما، ترکیبی و رطوبتی طبقه‌بندی می‌شوند (۲۲، ۲۵). پژوهشگران روش ترکیبی، روش فائو پنمن مانیتیت را به عنوان روشی معتبر برای تخمین ET_0 توصیه کرده‌اند (۳). با وجود دقت زیاد این روش، وابستگی به متغیرهای متعدد هواشناسی ضعف این روش محسوب می‌شود. در روابط گروه دمایی، دما متغیر اصلی است و معمولاً برای ایستگاه‌هایی که فاقد آمار کامل هواشناسی هستند به کار می‌رود. در روابط گروه تابشی، از انرژی خورشید به عنوان عامل اصلی ET_0 استفاده می‌شود و در روابط گروه رطوبتی نیز عواملی نظیر رطوبت نسبی و دما مؤثرند (۳۳). در این میان در بررسی‌های مختلفی که به وسیله پژوهشگران در جهان صورت گرفته، روش فائو پنمن مانیتیت ۵۶ به عنوان دقیق‌ترین روش تحت شرایط آب و هوای مختلف ارائه و معرفی شده است (۳، ۵). مرور پیشینه مطالعات بیانگر آن است که روش‌هایی مانند فائو پنمن مانیتیت، پریستلی تیلور، هارگریوز، ماکینک، بلانی کریدل، و هارگریوز سامانی، از جمله روش‌های قابل قبول برای محاسبه ET_0 هستند (۳، ۵، ۳۶). در این باره تعیین ET_0 بصورت نقطه‌ای اندازه‌گیری یا برآورد می‌شود. از آنجا که بیشتر بررسی‌ها در مقیاس منطقه‌ای انجام می‌شود، نیاز به تعمیم این اطلاعات از حالت نقطه‌ای به منطقه‌ای می‌باشد. اما به علت توزیع و تراکم نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی امکان بررسی دقیق تغییرات منطقه‌ای آن نیست. بنابراین، ضرورت دارد تا مقادیر ET_0 را در نقاط فاقد آمار برآورد و آن را از حالت نقطه‌ای به منطقه‌ای تعمیم داد (۱۸). جمع بندی پژوهش‌های مختلف در اقصی نقاط جهان نشان می‌دهد که برآورد ET_0 برای مدیریت بحران آب و غیره در تمامی اقلیم‌ها حائز اهمیت فراوان بوده و هست. بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند ایران که دارای پراکنش نامنظم بارش بوده و در عین حال دچار تنش کم آبی است ضرورت تغییرات روند ET_0 اهمیت

¹Reference Evapotranspiration

همدید (۱۶). طی دوره آماری ۴۵ ساله ۱۳۵۶ تا ۱۴۰۰ (جدول ۱). ضمن ارزیابی‌های اولیه داده‌ها مانند: مرتب‌سازی و بازسازی داده‌های مفقوده و در پایان آماده‌سازی داده‌ها به فرمت مورد نظر محاسبه ET_0 (۴). بهره گرفته شد. به منظور طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه (گستره ایران)؛ از داده‌های بارش mm و دمای $^{\circ}C$ سالانه ایستگاه‌های هواشناسی منتخب، در طول دوره آماری مورد نظر استفاده شد؛ برای برآورد ET_0 دوره آماری مورد نظر از داده‌های همدید (۱۶). از جمله دمای بیشینه $^{\circ}C$ دمای کمینه $^{\circ}C$ ، میانگین رطوبت نسبی %، سرعت باد m/s و ساعت آفتابی h در مقیاس زمانی ماهانه استفاده شد.

روش‌های مورد استفاده

در این پژوهش برای اقلیم‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه از روش طبقه‌بندی اقلیمی Koppen-Geiger (۳۱). استفاده شد. (شکل ۲، جدول ۱). به منظور برآورد ET_0 ماهانه و سالانه، از روش‌های محاسبه ET_0 در گروه‌های ترکیبی FAO-56 PM (۴)، دمایی H-S (۱۴) و تابشی PT (۲۸) بهره‌گیری شد. جزئیات مربوط به این روش‌ها به شرح ذیل است:

ویژه‌ای می‌یابد. بر همین اساس هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات مقدار ET_0 در ایران طی دهه‌های اخیر، در طول دوره آماری ۱۳۵۶ تا ۱۴۰۰ با استفاده از روش‌های ترکیبی، دمایی و تابشی محاسبه ET_0 ، ارزیابی‌های آماری مانند من-کندال، شیب سن، تحلیل روند نوآورانه می‌باشد.

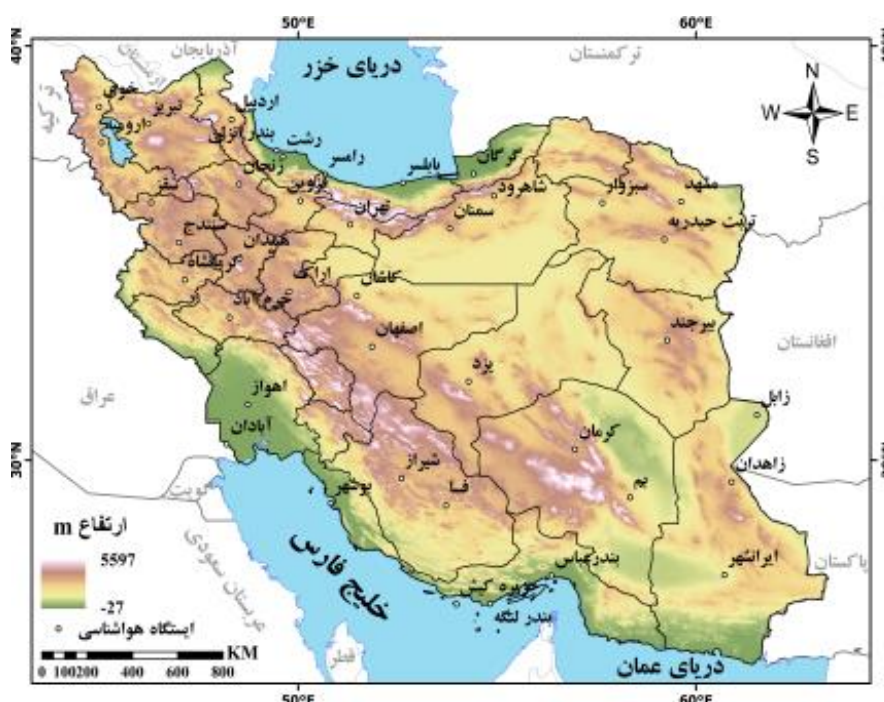
■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر کشور ایران است (شکل ۱). کشور ایران بین $44^{\circ} 5'$ تا $63^{\circ} 18'$ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ $30^{\circ} 25'$ تا $39^{\circ} 47'$ عرض شمالی از خط استوا واقع شده است. بخش بزرگی از ایران در مناطق داخلی، شرقی و جنوب‌شرقی کشور پوشیده از بیابان‌های بزرگی است؛ به‌طوری‌که بیابان دشت لوت ۱۰٪ از کل مساحت کشور را در بر گرفته است. میانگین سالانه بارندگی کشور ایران کمتر از یک سوم سالانه بارش خشکی‌های کره زمین و متوسط سالانه تبخیر آن، سه برابر تبخیر سالانه کره زمین است (۷).

داده‌های مورد استفاده

در پژوهش حاضر از داده‌های ۴۰ ایستگاه هواشناسی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های همدید مطالعاتی

برآورد تبخیر و تعرق مرجع ET_0 تخمین ET_0 مبتنی بر روش ترکیبی FAO-56 PM (۴)

این مدل برای استفاده در بازه زمانی روزانه و ماهانه برای گیاه چمن با ارتفاع $0.12m$ ، مقاومت سطحی ثابت $0.7m/s$ و ضریب آلبیدو 0.32 مانند رابطه (۱) است (۳).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G_s) + \frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

که در آن: ET_0 : تبخیر و تعرق مرجع، R_n : تابش خالص، G_s : چگالی شار گرمایی خاک، T : میانگین دمای هوا، U_2 : سرعت باد در ارتفاع $2m$ ، e_s و e_a : به ترتیب فشار بخار واقعی و فشار بخار اشباع، Δ : اختلاط منحنی فشار بخار اشباع در مقابل دما و γ : ثابت سایکرومتری است (۳).

تخمین ET_0 مبتنی بر دما H-S

برای برآورد ET_0 از رابطه هارگریوز سامانی (۱۴)، استفاده شد؛ این رابطه با داشتن دماهای بیشینه و کمینه قادر است ET_0 را در دوره ۲۴ ساعته، هفتگی، ۱۰ روزه و ماهانه با استفاده از رابطه (۲) حساب کند (۱۴).

$$ET_0 = (H - S) = 0.408 \times 0.0023 (T_{mean} - 17.8) [(T)_{max} - T_{min}]^{0.5} R_a \quad (2)$$

که در آن:

ET_0 : تبخیر و تعرق مرجع، T_{max} : حداکثر دمای روزانه، T_{min} : حداقل دمای روزانه، T_{mean} : متوسط دما و R_a : تابش متوسط روزانه دریافتی از خورشید بر سطح افقی در بالای جو و تابعی از روز سال، عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی است.

تخمین ET_0 مبتنی بر تابش PT (۲۸)

روش نامبرده مبتنی بر روابط فیزیکی و تابش خورشیدی است و رابطه اصلی PT مطابق رابطه (۳) است (۲۸).

$$ET_0 = \alpha_e \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) \quad (3)$$

که در آن: α_e : ضریب پریستلی-تیلور، Δ : گرادیان شیب فشار بخار اشباع^۱، γ : ثابت سایکرومتریک، R_n : تابش خالص

خورشیدی^۲ (برحسب mm/day) و G : انرژی گرمایی هدایت شده به داخل خاک^۳ (برحسب mm/day) است. در پژوهش حاضر برای ارزیابی و مقایسه دقت مدل‌های هارگریوز سامانی و پریستلی تیلور؛ معادله فائو پنمن مانتیث ۵۶ به عنوان روش مبنا قرار گرفت از جمله دلایلی که موجب انتخاب فائو پنمن مانتیث ۵۶ به عنوان روش مبنا شد در بخش پیشینه پژوهش اشاره شده است.

ارزیابی‌های آماری دقت مدل‌ها

نتایج حاصل از برآورد ET_0 با استفاده از روابط ۴ و ۵ مورد بررسی قرار گرفت تا به ترتیب ضمن ارزیابی جذر میانگین مربعات خطا^۴ RMSE و میانگین خطای مطلق^۵ MAE، مدل مناسب هر اقلیم را نیز معرفی نماید.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|}{n} \quad (5)$$

در روابط فوق x_i و y_i به ترتیب i امین داده اندازه‌گیری شده و داده برآورد شده و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشد.

پهنه‌بندی ET_0 برآورده شده از روش‌های FAO-56 PM

PT و H-S

چون ET_0 متغیری پیوسته و متأثر از عوامل و عناصر اقلیمی است، وابسته به موقعیت جغرافیایی محل مورد نظر است و علاوه بر پراکنش مکانی از تغییرات زمانی نیز تأثیرپذیر است. این موضوع ضرورت مدیریت مکانی و زمانی ET_0 را تأیید می‌نماید. لذا تغییر در متغیرهای اقلیمی در نواحی و زمان‌های مختلف دارای تأثیر مختلفی بر ET_0 است. با توجه به وابستگی زیاد ET_0 نسبت به مکان، به دلیل متفاوت بودن عوامل و عناصر اقلیمی هر ناحیه با ناحیه دیگر، تهیه نقشه‌های ET_0 با دقت بیشتر براساس نتایج حاصل از مقایسه جذر میانگین مربعات خطا در بین

^۴ MSE: Root Mean Square Error^۵ MAE: Mean Absolute Error^۱ Gradient of saturated vapor pressure^۲ Net solar radiation^۳ Outgoing heat conduction into the soil

اختصاری Koppen-Geiger در (شکل ۲، جدول ۱). قابل مشاهده است؛ نشان دهنده تنوع اقلیمی در گستره ایران می باشد. ویژگی های و علائم اختصاری مربوط به هر ایستگاه در (جدول ۱). آورده شده است. در اینجا به ترتیب به تشریح آن ها پرداخته شده است که به ترتیب ذیل می باشد: Bsh: نیمه بیابانی استپ خشک و بسیار گرم، Bsk: نیمه بیابانی استپ خشک و سرد، Bwh: بیابانی خشک و بسیار گرم، Bwk: بیابان خشک و سرد، Cfa: معتدل پرباران بدون فصل خشک با تابستان های گرم، Csa: معتدل با تابستان های خشک و بسیار گرم، Dsa: اقلیم برفی با تابستان های خشک و بسیار گرم است. با توجه به مطالب فوق ایستگاه های مورد بررسی، دارای ۷ اقلیم متنوع می باشد. در این بخش بدلیل کاهش حجم مقاله از ارائه جزئیات روش طبقه بندی اقلیمی - Koppen - Geiger پرهیز شد؛ علاقه مندان می توانند به منظور مطالعه جزئیات روش نام برده به منبع (۲۹). مراجعه نمایند.

نتایج برآورد ماهانه ET_0

نتایج برآورد ماهانه ET_0 با روش FAO-56 PM

با توجه به اینکه تغییرات زمانی در متغیرهای اقلیمی موجب اختلاف در مقدار ET_0 در نواحی مختلف می شود با در نظر گرفتن این موضوع در این پژوهش محاسبه ET_0 به تفکیک ماهانه و سالانه با سه روش برآورد ET_0 انجام شد. در زمستان به علت کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی ET_0 حاصل، مقدار کمتری را نشان می دهد (شکل ۳). بطوریکه در ماه ژانویه این مقدار در مناطق شمالی و غربی به کمترین مقدار خود یعنی کمتر از ۵۰ mm رسیده است. در ماه فوریه همچنان کمترین مقدار ET_0 در مناطق شمالی و غربی مشاهده می شود اما نسبت به ماه قبلی پهنه کمتری را به خود اختصاص داده است. در پایان در ماه مارس که دما افزایش می یابد به تبع آن مقدار ET_0 نیز افزایش یافته بویژه در مناطق واقع در جنوب شرقی این مقدار بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ متغیر است. در سه ماه بهار؛ بطور کلی در بخش های جنوب و جنوب شرقی مقدار ET_0 افزایش یافته بطوریکه مقدار آن در حدود ۳۵۰-۲۵۰ و ۴۵۰-۳۵۰ متغیر است.

روش های مختلف درونیابی زمین آمار مانند کریجینگ^۱ و تمامی زیرمجموعه های آن و همچنین روش وزن دهی عکس فاصله^۲ همراه همه زیر مجموعه های آن با توجه به طبیعت متغیر اقلیمی، نحوه پراکنش مکانی ایستگاه های هواشناسی و مقیاس زمانی ۴۵ ساله روش کریجینگ عملکرد بهتری نسبت به بقیه روش ها داشت که به عنوان روش برتر درونیابی مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل روند

آزمون های ناپارامتریک من کندال M-K و شیب سن Sen's Slope

برای تحلیل روند ET_0 محاسبه شده با سه روش مذکور، برای آشکارسازی روند سری های زمانی از آزمون ناپارامتریک من-کندال M-K (۱۹، ۲۳). استفاده شد. به منظور بررسی شیب روند در سری های زمانی ET_0 به دست آمده با استفاده از سه روش نام برده، روش ناپارامتریک Sen's Slope (۳۹، ۳۴) بهره گیری شد.

آزمون گرافیکی روند نوآورانه ITA^3

برای تحلیل کیفی روند ET_0 در ایران، از روند نوآورانه ITA برای هر سه روش بصورت سالانه استفاده شد. شین در سال ۲۰۱۲ برای اولین بار این روش را ارائه داد (۳۵). بی نیاز بودن از هرگونه پیش فرضی مانند: غیر نرمال بودن توزیع، تعداد داده ها، همبستگی سریالی و غیره از جمله مزایای روش نام برده است. ITA با ایجاد فواصل اطمینان و با در نظر گرفتن تفاوت بین دو میانگین سری داده ها قابل انجام است (۱۷). بطور کلی نتایج به دست آمده از روش های فوق به منظور بررسی تغییرات مقدار ET_0 در ایران طی دهه های اخیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

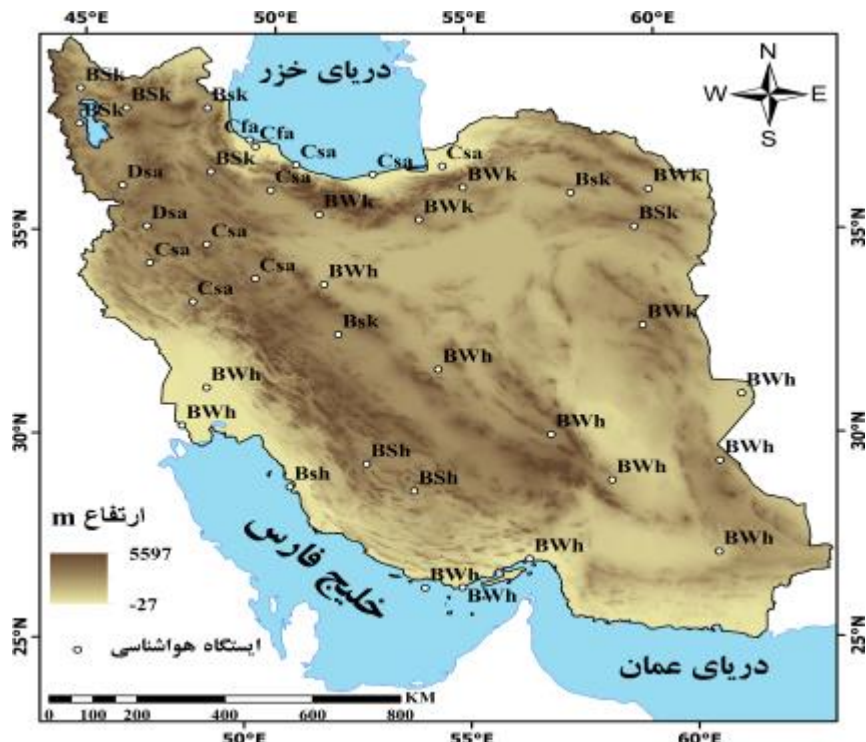
■ نتایج و بحث

نتایج بررسی اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه

نتایج طبقه بندی اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه پژوهش حاضر با داده های ۴۰ ایستگاه منتخب که با علائم

3. Innovative Trend Analysis

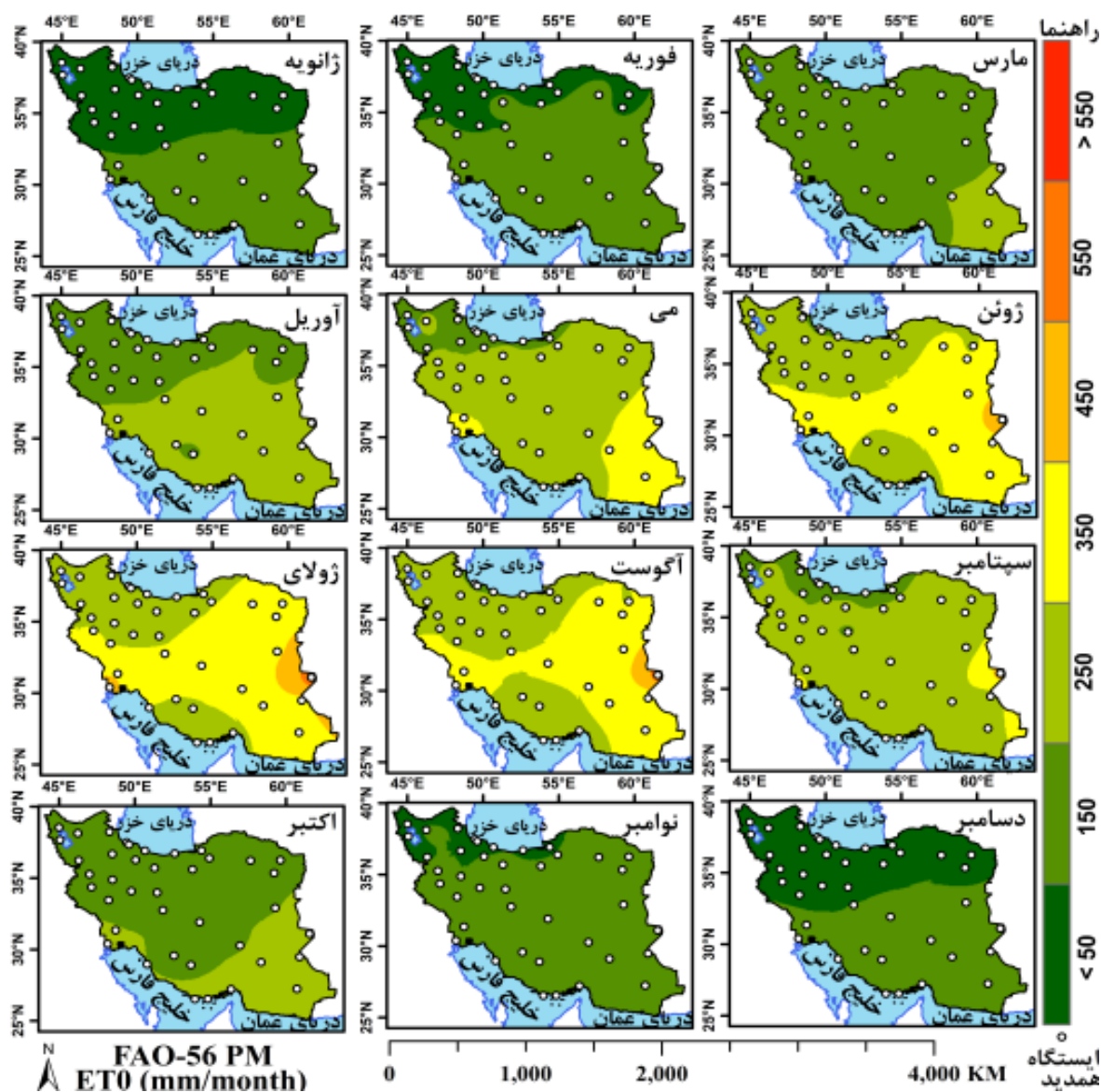
1. Kriging
2. Inverse Distance Weighted



شکل ۲. نوع اقلیم ایستگاه‌های مطالعاتی به روش Koppen-Geiger (۱۹۷۶-۲۰۲۰)

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی منطقه مورد مطالعه و گروه‌های اقلیمی کوپن-گایگر

نام ایستگاه	طول λ	عرض φ	ارتفاع m	گروه اقلیم	نام ایستگاه	طول λ	عرض φ	ارتفاع m	گروه اقلیم
جزیره کیش	۵۳/۹۸	۲۶/۵۲	۳۰	BWh	همدان	۴۸/۵۳	۳۴/۸۷	۱۷۴۰/۸	Csa
بندرلنگه	۵۴/۸۳	۲۶/۵۳	۲۲/۷	BWh	سنندج	۴۷/۱۰	۳۵/۲۵	۱۳۷۳/۴	Dsa
بندرعباس	۵۶/۳۷	۲۷/۲۱	۹/۸	BWh	ترت حیدریه	۵۹/۲۱	۳۵/۳۳	۱۴۵۱	BSk
ایران‌شهر	۶۰/۷۲	۲۷/۲۳	۵۹۱/۱	BWh	سمنان	۵۳/۸۲	۳۵/۵۹	۱۱۲۷	BWk
فسا	۵۳/۷۲	۲۸/۹	۱۲۶۸	BSh	تهران	۵۱/۳۱	۳۵/۶۹	۱۱۹۱	BWk
بوشهر	۵۰/۸۲	۲۸/۹۶	۹	BSh	سبزوار	۵۷/۶۵	۳۶/۲۱	۹۶۲	BSk
بم	۵۸/۳۵	۲۹/۱	۱۰۶۶/۹	BWh	سقز	۴۶/۳۱	۳۶/۲۲	۱۵۲۲/۸	Dsa
زاهدان	۶۰/۹	۲۹/۴۷	۱۳۷۰	BWh	مشهد	۵۹/۶۳	۳۶/۲۴	۹۹۹/۲	BWk
شیراز	۵۲/۶	۲۹/۵۶	۱۴۸۸	BSh	قزوین	۵۰/۱۰۶	۳۶/۲۶	۱۲۷۹/۱	Csa
کرمان	۵۶/۹۶	۳۰/۲۶	۱۷۵۴	BWh	شاهرود	۵۴/۹۳	۳۶/۳۸	۱۳۲۵/۲	BWk
آبادان	۴۸/۲۱	۳۰/۳۸	۶/۶	BWh	زنجان	۴۸/۵۲	۳۶/۶۶	۱۶۵۹/۴	BSk
زابل	۶۱/۵۴	۳۱/۰۹	۴۸۹/۲	BWh	بایلسر	۵۲/۶۴	۳۶/۷	-۲۱	Csa
اهواز	۴۸/۷۴	۳۱/۳۴	۲۲/۵	BWh	رامسر	۵۰/۶۸	۳۶/۹	-۲۰	Csa
یزد	۵۴/۲۹	۳۱/۹	۱۲۳۰/۲	BWh	گرگان	۵۴/۴۱	۳۶/۹۱	۰	Csa
اصفهان	۵۱/۸۶	۳۲/۷۴	۱۵۵۱/۹	BSk	رشت	۴۹/۶۲	۳۷/۳۲	۸/۶	Cfa
بیرجند	۵۹/۲۸	۳۲/۸۹	۱۴۹۱	BWk	بندر انزلی	۴۹/۴۶	۳۷/۴۸	۲۳/۶	Cfa
خرم آباد	۴۸/۲۸	۳۳/۴۴	۱۱۴۷/۸	Csa	ارومیه	۴۵/۰۶	۳۷/۶۶	۱۳۲۸	BSk
کاشان	۵۱/۴۸	۳۳/۹۷	۹۵۵	BWh	تبریز	۴۶/۲۴	۳۸/۱۲	۱۳۶۱	BSk
اراک	۴۹/۷۸	۳۴/۰۷	۱۷۰۲/۸	Csa	اردبیل	۴۸/۳۳	۳۸/۲۲	۱۳۳۵/۲	BSk
کرمانشاه	۴۷/۱۵	۳۴/۳۵	۱۳۱۸/۵	Csa	خوی	۴۵	۳۸/۵۳	۱۱۰۳/۴	BSk



شکل ۳. ET_0 ماهانه ۱۴۰۰-۱۳۵۶ با استفاده از مدل FAO-56 PM

که در تمامی ماه‌های این فصل ET_0 بطور قابل توجهی افزایش یافته و در جنوب و جنوب‌شرقی به بالاترین مقدار نسبت به بقیه فصول رسیده طوری که مقدار آن بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ است که از جمله دلایل آن می‌تواند طول روز بیشتر، دمای بالاتر و رطوبت نسبی پایین‌تر باشد. در این فصل نیز به ترتیب در ماه جولای بیشترین مقدار بعد از آن در ماه آگوست پهنه آن تا حدودی کاهش یافته تا اینکه در نهایت در ماه سپتامبر کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. در ماه‌های پاییز در ماه اکتبر ET_0 کاهش یافته و در مناطق شمالی و غربی مقدار آن بین ۵۰ تا ۱۵۰ mm است در حالی که در مناطق جنوبی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ است. در ماه نوامبر و در نواحی شمالی مقدار ET_0 نسبت به ماه

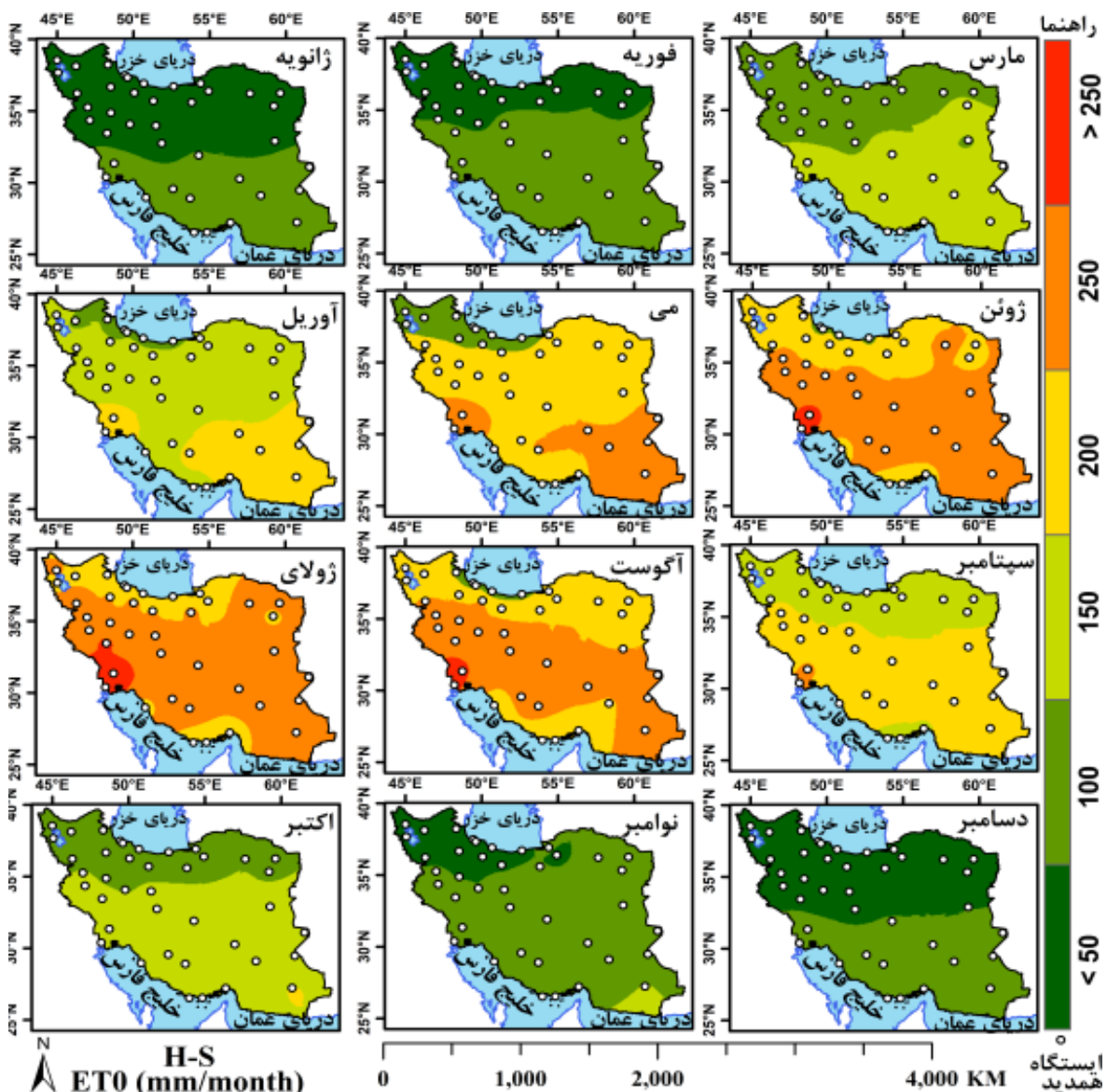
افزایش مقدار ET_0 در مناطق واقع در جنوب و جنوب‌شرقی می‌تواند، در اثر تابش خورشید، گرمایش بیشتر سطح زمین در عرض‌های جنوبی کشور باشد. این در حالی است که این مقدار در عرض‌های شمالی‌تر کمتر می‌شود و بین ۵۰ تا ۱۵۰ می‌رسد. از سویی دیگر مشاهده می‌شود که در ماه آوریل مقدار ET_0 تا حدودی کمتر از ماه می است و همچنین در ماه می نیز این مقدار نسبت به ماه ژوئن مقدار کمتری را دارد این امر نشان می‌دهد که ET_0 با دما همبستگی معکوس دارد که با نتایج (۶). که برآورد مقدار تبخیر و تعرق در استان فارس با استفاده از شاخص‌های تجربی را انجام دادند مطابقت دارد. براساس نتایج حاصل از محاسبه ET_0 مربوط به ماه‌های تابستان؛ مشاهده می‌شود

مشاهده می‌شود در صورتی که در نواحی جنوبی تا حدودی مقدار بیشتری دارد. در ماه مارس نسبت به دو ماه قبلی این فصل ET_0 افزایش یافته و این افزایش در مناطق جنوبی قابل توجه است. بطور کلی در مناطق مرتفع نسبت به مناطق پست ET_0 کاهش می‌یابد. همچنین از جمله دلایل کاهش ET_0 در این فصل را می‌توان ناشی از کاهش گرادیان دما نسبت به ارتفاع دانست، که ارتفاع بیشتر موجب کاهش دما و کاهش ET_0 می‌شود. در ضمن، وجود دو رشته کوه البرز در امتداد شمال و رشته کوه زاگرس در امتداد شمال غرب و غرب کشور، مطابق نتایج به دست آمده از (شکل ۴) در کاهش دما، افزایش رطوبت و کاهش ET_0 مؤثر هستند.

قبلی کاهش یافته ۵۰-۱۵۰ را نشان می‌دهند. در نهایت در ماه دسامبر مقدار ET_0 کاهش چشمگیری دارد و تمامی پهنه شمالی را در بر گرفته است. مطابق نتایج به دست آمده از ماه‌های فصل پاییز می‌توان دریافت که به دلیل کاهش طول روز و دما، ET_0 مقدار کمتری دارد.

نتایج برآورد ماهانه ET_0 با مدل H-S

با توجه به نتایج حاصل از محاسبه ET_0 در ماه‌های زمستان روش H-S می‌توان دریافت؛ که در این ماه‌ها ET_0 در نواحی شمالی کاهش قابل توجهی دارد (شکل ۴). به طوریکه در ماه ژانویه مقدار کمتر از ۵۰ mm با پهنه بیشتری از نواحی شمالی را دارد. در ماه فوریه کاهش ET_0 در مناطق شمالی



شکل ۴. ET_0 ماهانه ۱۳۵۶-۱۴۰۰ با استفاده از مدل H-S

در سه ماه بهار؛ نواحی جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی کشور؛ بیشترین مقدار ET_0 به ترتیب در ماه های آوریل، می و ژوئن با مقدار عددی ۲۰۰-۱۵۰، ۲۵۰-۲۰۰ و بیشتر از ۲۵۰ mm در جنوب غربی مشاهده می شود که این نتایج با پژوهش (۳۸) که پهنه بندی شدت خشکی را با استفاده از روش هارگریوز سامانی ET_0 بر مبنای مدل رقومی ارتفاع در ایران انجام دادند و نتایج آنها نشان داد که طی فصول مختلف و با توجه به عرض جغرافیایی، ارتفاع و عوامل محلی دیگر مقدار تبخیر و تعرق افزایش یا کاهش می یابد با نتایج پژوهش حاضر همسو است. در ماه های ژوئن، آگوست و سپتامبر؛ همانطور که پیش تر نیز بیان شد مقدار ET_0 به دلیل طول روز و دمای بیشتر و رطوبت نسبی کمتر افزایش چشمگیری بویژه در نواحی جنوب غربی و جنوبی را به خود اختصاص داده است. اما بطور کلی در این روش نیز همچنان ET_0 در نواحی شمالی نسبت به نواحی جنوبی مقدار کمتری دارد. در ماه های پاییز اکتبر، نوامبر و دسامبر؛ به دلیل کاهش طول روز و پایین آمدن دما، به تبع آن مقدار ET_0 نیز کاهش قابل ملاحظه ای یافته است. بطور کلی نتایج نشان می دهد که گرچه مقدار ET_0 در دوره های مختلف از سال و در نواحی مختلف نتایج یکسانی ارائه نمی دهد. ولی در یک نگاه کلی می توان دریافت که در تمامی دوره ها تأثیرات مختلف عوامل محلی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا، پوشش گیاهی و غیره و بیرونی مانند سامانه های مختلفی که در دوره های مختلف وارد کشور ایران می شوند و تأثیرات متفاوتی بر مقدار ET_0 دارند در تمامی دوره ها به تفکیک ماهانه مشاهده می شود.

نتایج برآورد ماهانه ET_0 با مدل PT

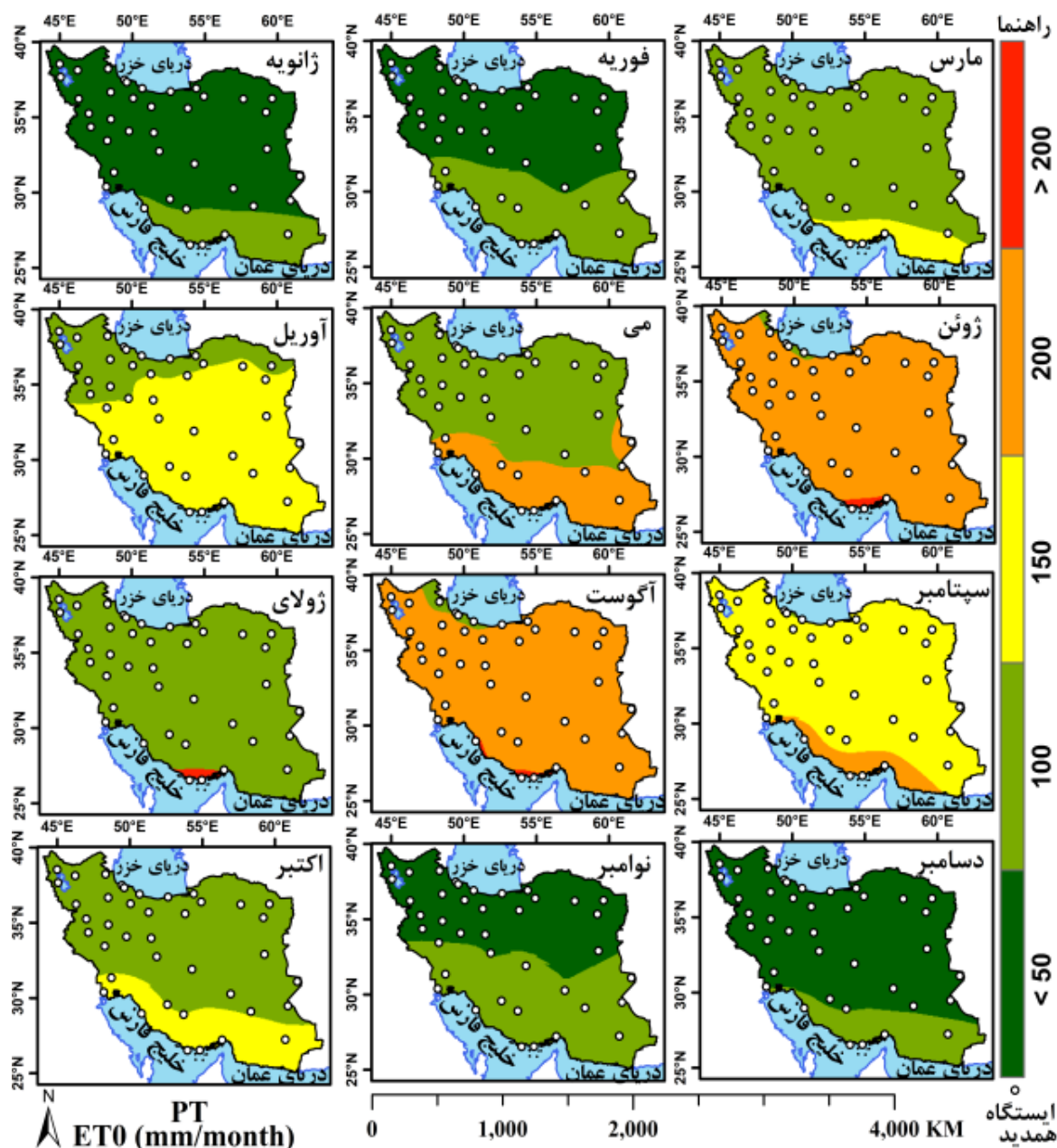
در ماه های زمستان مقدار ET_0 در نواحی شمال غربی، غرب و شمال شرقی؛ کاهش قابل توجهی دارد و مقدار آن به کمتر از ۵۰ رسیده است (شکل ۵). زیرا مرطوب بودن هوا در این دوره از سال در این نواحی؛ موجب افزایش رطوبت هوا و در نتیجه آن کاهش ET_0 می شود. در ماه های بهار و در عرض های شمالی کشور؛ کاهش ET_0 به مقدار ۵۰-۱۰۰ می رسد که از جمله دلایل آن را می توان آغاز بارش های همرفتی بهار در عرض های شمالی کشور دانست. که

همزمان با فعالیت بارش های همرفتی بهار در این نواحی ET_0 کمتری مشاهده می شود. در ماه های تابستان؛ مقدار ET_0 در بخش های وسیعی از کشور ایران افزایش قابل توجهی می یابد. به طوری که مقدار ET_0 در عرض های جنوبی به بیشتری حد خود یعنی بیشتر از ۲۰۰ رسیده است. در این دوره، نواحی واقع در عرض های بالاتر به علت اینکه دمای کمتری نسبت به عرض های جنوبی دارند در نتیجه مقدار ET_0 کمتری یعنی مقدار عددی ۱۰۰-۵۰ را نشان می دهند. ماه های پاییز؛ که برابر با شروع دوره سرد سال است. در عرض های شمالی تر ET_0 کمتری را در مقایسه با نواحی جنوبی کشور نشان می دهند. بطوری که این مقدار در عرض های شمالی به کمتر از ۵۰ می رسد در حالی که عرض های جنوبی در بیشترین حالت خود ET_0 ، ۱۵۰-۱۰۰ را نشان می دهند با نتایج پژوهش (۳۸). مطابقت دارد.

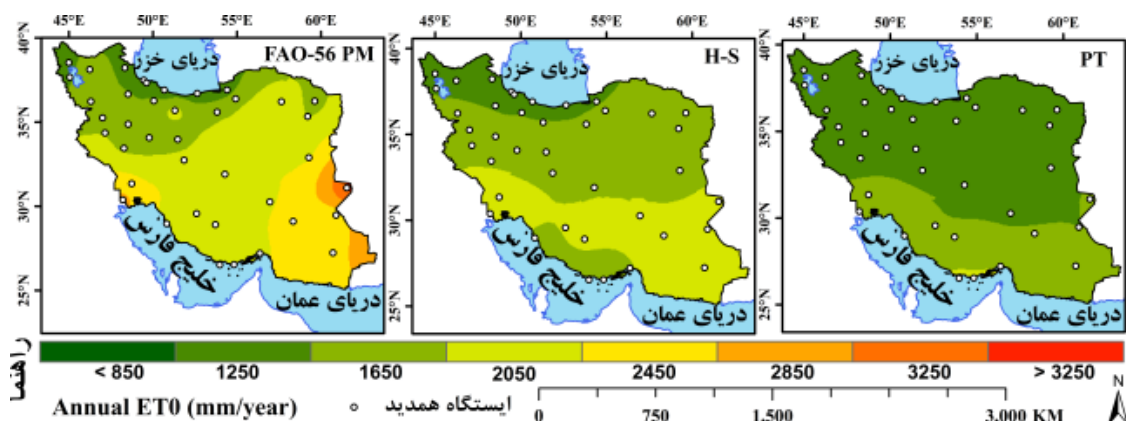
برآورد سالانه ET_0 با روش های FAO-56 PM، H-S و PT

در مقیاس سالانه روش FAO-56 PM به ترتیب کمترین مقدار ET_0 با کمتر از ۶۰۰ mm در سال متعلق به مناطق شمالی و شمال غربی و بیشترین مقدار مربوط به مناطق جنوب شرقی و جنوبی است که براساس (شکل ۶). مشاهده می شود که مناطق جنوب شرقی ET_0 ۳۲۵۰ mm را دارند. در روش H-S مقدار ۸۵۰ تا ۱۲۵۰ را مناطق شمالی نشان می دهند که نسبت به دیگر مناطق تا حدودی مقدار کمتری می باشد. در این روش نیز همچنان مناطق جنوب شرقی مقدار بیشتری از ET_0 را نشان می دهد ولی در مقایسه با روش FAO-56 PM مقدار کمتری را برآورد کرده است. در روش PT در مقایسه با دو روش قبلی؛ مقدار ET_0 کمتری دارد چنانچه (شکل ۶). نشان می دهد مقدار ۸۵۰ تا ۱۲۵۰ mm گستره وسیعی از کشور بویژه نیمه شمالی آن را در بر گرفته است. کمترین مقدار آن با مقدار عددی بین ۱۶۵۰ تا ۲۰۵۰ متعلق به مناطق جنوبی است. گرچه در مقیاس ماهانه پیش تر ارائه شده به تفکیک ماه به ماه مشاهده شد که عوامل محلی و فرامحلی در دوره های مختلف تأثیرات متفاوتی بر مقدار ET_0 دارند. اما بطور کلی در مقیاس سالانه نیز نتایج بیانگر همان روند ماهانه است. بدین صورت که تأثیر ارتفاع، عرض جغرافیایی، عوامل محلی و غیره؛ در هر سه روش در

اینجا نیز صادق هستند. همانطور که مشاهده می‌شود کمترین مقدار ET_0 در هر سه روش محاسبه ET_0 ، در عرض‌های شمالی و بیشترین آن در عرض‌های جنوب‌شرقی و جنوبی است.



شکل ۵. ET_0 ماهانه ۱۴۰۰-۱۳۵۶ با استفاده از مدل PT



شکل ۶. ET_0 سالانه ۱۴۰۰-۱۳۵۶ با استفاده از مدل‌های FAO-56 PM و H-S و PT

انتخاب روش مناسب برآورد ET_0 در اقلیم‌های مختلف

باتوجه به (جدول ۲). مطابق ارزیابی‌های آماری $RMSE$ و MAE در اقلیم بیابانی خشک و بسیار گرم ایستگاه‌های بندرعباس، ایرانشهر، بم، زاهدان، کرمان، آبادان، زابل، اهواز و یزد روش هارگریوز سامانی به‌عنوان روش مناسب شناخته شد. از طرفی در ایستگاه‌های جزیره کیش، بندرلنگه و کاشان روش پریستلی تیلور به‌عنوان روش برتر انتخاب شد. در ایستگاه‌های اصفهان، سبزوار، ارومیه، تبریز، اردبیل و خوی روش هارگریوز سامانی و در ایستگاه‌های تربت حیدریه و زنجان روش پریستلی تیلور در اقلیم نیمه بیابانی استپ خشک و سرد روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق بدست آمده‌اند. روش هارگریوز سامانی متناسب با اقلیم بیابان خشک و سرد است که شامل ایستگاه‌های بیرجند، سمنان، تهران، مشهد و شاهرود می‌باشد. در اقلیم معتدل

با تابستان‌های خشک و بسیار گرم، ایستگاه‌های اراک، کرمانشاه، همدان، قزوین و بابلسر روش هارگریوز سامانی دقت بالاتری را نشان داده است در صورتی که در همین اقلیم روش پریستلی تیلور در ایستگاه‌های خرم آباد، رامسر و گرگان به‌عنوان روش برتر می‌باشد. در اقلیم نیمه بیابانی استپ خشک و بسیار گرم ایستگاه‌های فسا و شیراز با روش هارگریوز سامانی و بوشهر با روش پریستلی تیلور سازگار است. روش هارگریوز سامانی که شامل ایستگاه‌های سنندج و سقز است مناسب اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم می‌باشد. در اقلیم معتدل پرباران بدون فصل خشک با تابستان‌های گرم، روش هارگریوز سامانی در ایستگاه بندرانزلی و روش پریستلی تیلور در ایستگاه رشت به‌عنوان روش برتر برآورد تبخیر و تعرق معرفی شدند.

جدول ۲. نتایج آماره‌های ارزیابی دقت مدل ایستگاه‌های منتخب

روش‌های برآورد ET ₀ و ارزیابی خطا				نام ایستگاه	روش‌های برآورد ET ₀ و ارزیابی خطا				نام ایستگاه
PT		H-S			PT		H-S		
MAE	RMSE	MAE	RMSE		MAE	RMSE	MAE	RMSE	
۰/۶	۰/۷	۰/۳	۰/۴	همدان	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۱/۷	جزیره کیش
۱/۵	۱/۸	۰/۴	۰/۶	سنندج	۰/۸	۱/۰	۱/۲	۱/۴	بندرلنگه
۰/۱	۰/۲	۰/۶	۰/۹	تربت حیدریه	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۵	بندرعباس
۰/۵	۰/۸	۰/۵	۰/۷	سمنان	۱/۵	۱/۷	۰/۴	۰/۵	ایرانشهر
۱/۹	۲/۲	۱/۴	۱/۶	تهران	۱/۴	۱/۸	۰/۹	۱/۱	فسا
۱/۸	۲/۳	۱/۰	۱/۴	سبزوار	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۳	بوشهر
۰/۵	۰/۶	۰/۴	۰/۵	سقز	۱/۹	۲/۲	۱/۰	۱/۳	بم
۰/۵	۰/۸	۰/۴	۰/۵	مشهد	۲/۶	۲/۹	۱/۴	۱/۵	زاهدان
۱/۳	۱/۶	۰/۶	۰/۸	قزوین	۱/۲	۱/۶	۰/۴	۰/۵	شیراز
۱/۴	۱/۷	۰/۹	۱/۱	شاهرود	۲/۲	۲/۵	۰/۷	۰/۹	کرمان
۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۷	زنجان	۳/۱	۴/۰	۱/۷	۲/۵	آبادان
۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۴	بابلسر	۵/۰	۶/۵	۳/۷	۵/۲	زابل
۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۶	رامسر	۲/۴	۳/۰	۰/۷	۱/۰	اهواز
۰/۴	۰/۳	۰/۹	۱/۰	گرگان	۲/۱	۲/۴	۰/۹	۱/۱	یزد
۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸	رشت	۲/۲	۲/۷	۱/۱	۱/۴	اصفهان
۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۲	بندر انزلی	۲/۴	۳/۰	۱/۳	۲/۰	بیرجند
۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۳	ارومیه	۰/۶	۰/۸	۰/۸	۱/۰	خرم آباد
۱/۳	۱/۸	۱/۰	۱/۴	تبریز	۰/۴	۰/۶	۱/۱	۱/۴	کاشان
۰/۶	۰/۷	۰/۳	۰/۴	اردبیل	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۶	اراک
۰/۴	۰/۵	۰/۳	۰/۴	خوی	۱/۳	۱/۷	۰/۴	۰/۷	کرمانشاه

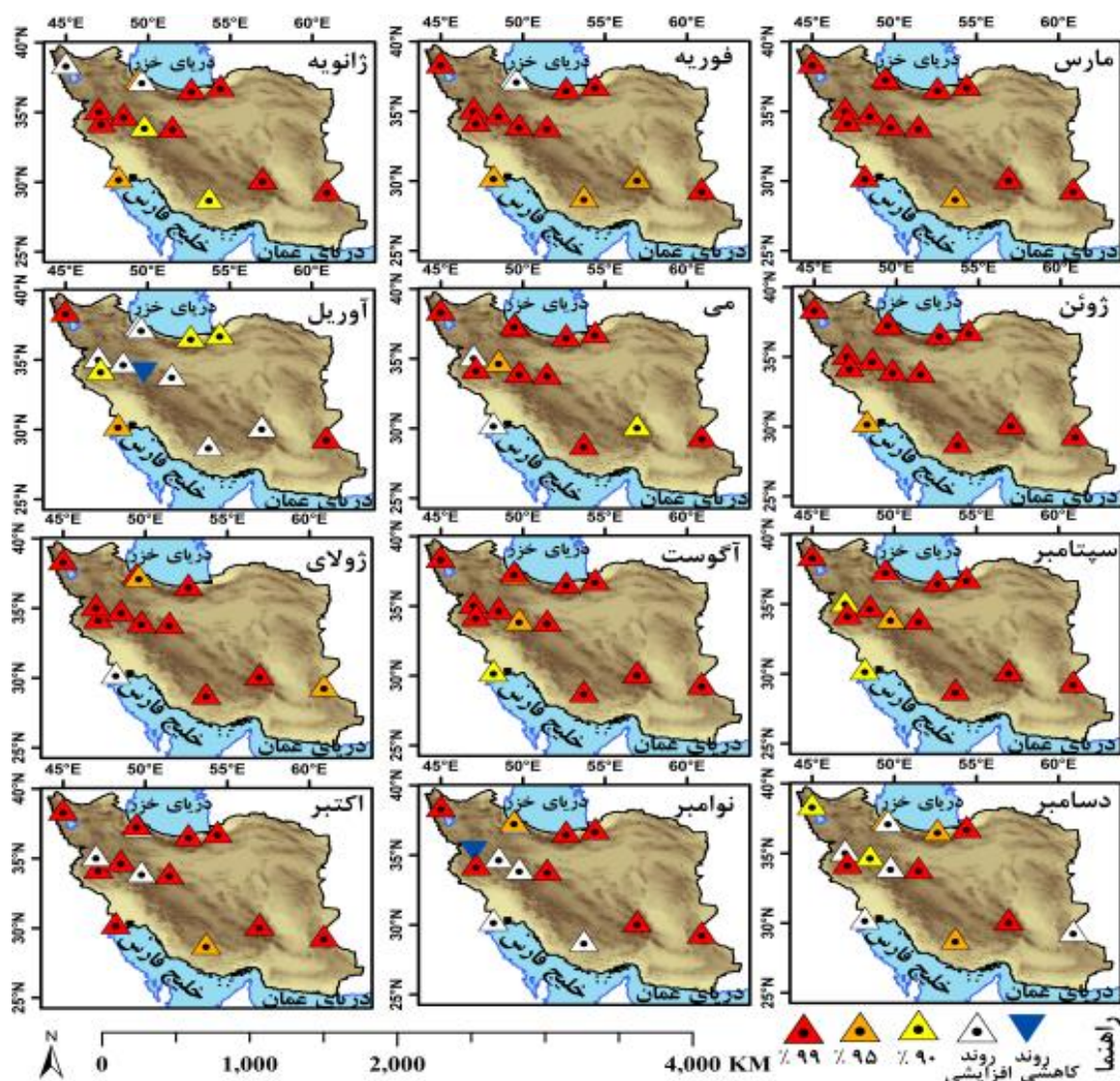
نتایج تحلیل روند

تحلیل روند من کندال M-K و شیب روند Sen

در این بخش از بین ۴۰ ایستگاه مطالعاتی واقع در گستره ایران، ۷ ایستگاه هواشناسی به‌عنوان نماینده مرتفع‌ترین و ۷ ایستگاه به‌عنوان کم‌ارتفاع‌ترین ایستگاه‌های مناطق اقلیمی حاصل از روش طبقه‌بندی کوپن-گایگر ۱۳۵۶ تا ۱۴۰۰ انتخاب شده‌اند. سپس با استفاده از روش‌های تحلیل روند من-کندال و شیب سن (۱۷)، روند سری‌های زمانی ET_0 ماهانه ایستگاه‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۷).

با توجه به نتایج حاصل بر روی داده‌های ET_0 ماهانه بدست آمده از روش FAO-56 PM، نشان می‌دهد که بجز ایستگاه اراک که در ماه آوریل روند کاهشی ET_0 را دارد در بقیه ایستگاه‌ها بیشترین سری‌های زمانی ET_0 دارای

روند مثبت می‌باشند. به عنوان مثال در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی با حدود اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۹۰٪ و روند افزایشی قابل مشاهده است. در ماه‌های آوریل، می و ژوئن مشاهده می‌شود که ایستگاه اراک در ماه آوریل با روند منفی، شیب کاهشی سن را در روند ET_0 نشان می‌دهد. در مقابل در ماه ژوئن بجز ایستگاه آبادان که دارای حدود اطمینان ۹۵٪ است بقیه ایستگاه‌های مطالعاتی روند تبخیر و تعرق را با حدود اطمینان ۹۹٪ نشان می‌دهند. در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر مقدار روند ET_0 بصورت افزایشی و بیشتر آنها در حدود ۹۹٪ می‌باشند. در انتها، ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر تنها ایستگاهی که روند کاهشی ET_0 را در ماه نوامبر نشان می‌دهد ایستگاه سنندج است.



شکل ۷. پراکنش مکانی روند ماهانه ET_0 فائو پنمن مانیت ۵۶ در ایستگاه‌های مرتفع و پست

ITA استفاده شد. نتایج حاصل از تغییرات ET_0 در مقیاس سالانه (اشکال ۸، ۹). به شرح زیر است:

در این راستا سری زمانی به دو زیر سری نیمه اول ۱۹۷۷-۱۹۹۸ و نیمه دوم ۲۰۲۰-۱۹۹۹ تقسیم شد. برای تحلیل کیفی روند ET_0 از روش نوآورانه ITA برای ۷ اقلیم مختلف حاصل از روش طبقه‌بندی اقلیمی کوپن-گایگر ترسیم شد. با توجه به زیاد بودن تعداد ایستگاه‌ها، برای هر اقلیم دو ایستگاه دارای بیشترین و کمترین ارتفاع نسبت به سطح دریا، به عنوان نماینده برگزیده شده‌اند. در ایستگاه‌های مرتفع مناطق اقلیمی منطقه مورد بررسی، تمامی نقاط داده‌ها در بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده روند افزایشی مقدار ET_0 در مقیاس زمانی سالانه در همه ایستگاه‌های مرتفع مناطق اقلیمی ایران است (شکل ۸). به‌همین ترتیب (شکل ۹). نیز که نتایج حاصل از تغییرات ET_0 سالانه در مناطق اقلیمی مورد نظر برای ایستگاه‌های پست می‌باشند. حاکی از افزایش روند در مقدار ET_0 در بازه زمانی ۴۴ ساله است و بطور کلی هم در مناطق مرتفع و هم در مناطق کم ارتفاع، روند افزایشی در مقدار ET_0 سالانه مشاهده می‌شود.

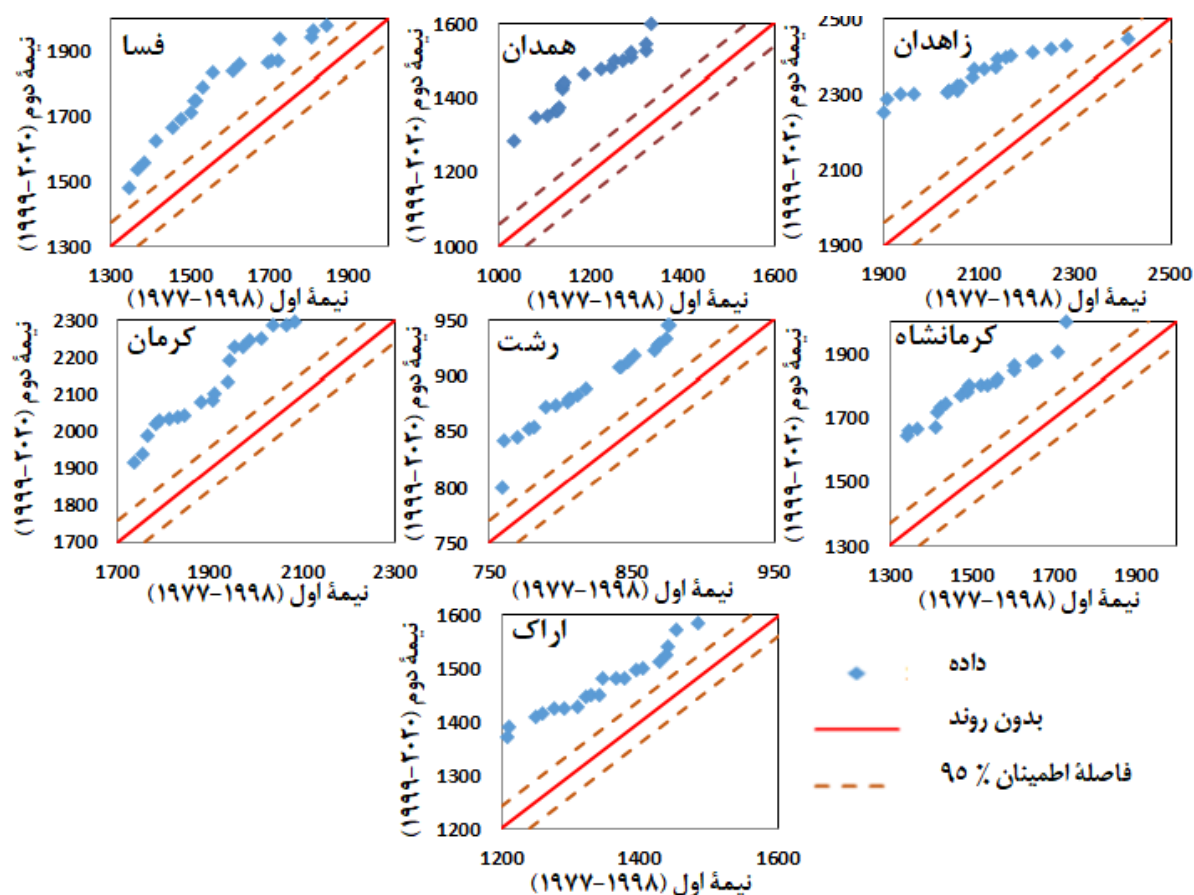
■ نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر برای بررسی تبخیر و تعرق مرجع در ایران طی دهه‌های اخیر؛ سعی بر آن شد که براساس داده‌های ۴۰ ایستگاه همدید در کل کشور در دوره ۴۵ ساله از سال ۱۳۵۶ تا ۱۴۰۰ ایستگاه‌های مورد بررسی با استفاده از روش کوپن-گایگر، طبقه‌بندی اقلیمی شوند که بر اساس آن ۷ اقلیم متفاوت برای ایستگاه‌های مطالعاتی به‌دست آمد. سپس بمنظور برآورد ET_0 در ایران به تفکیک ماهانه و سالانه از مدل‌های پنمن مانیتث، هارگریوز سامانی و پریستلی تیلور استفاده شد. برای انتخاب روش مناسب برآورد ET_0 در هر اقلیمی؛ روش‌های هارگریوز سامانی و پریستلی تیلور در مقایسه با روش فائو پنمن مانیتث ۵۶ و با استفاده از آماره‌های ارزیابی جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق اعتبارسنجی شد. مطابق نتایج به دست آمده روش هارگریوز سامانی در شرایط کمبود داده در اقلیم‌های بیابانی خشک و بسیار گرم، نیمه بیابانی استپ

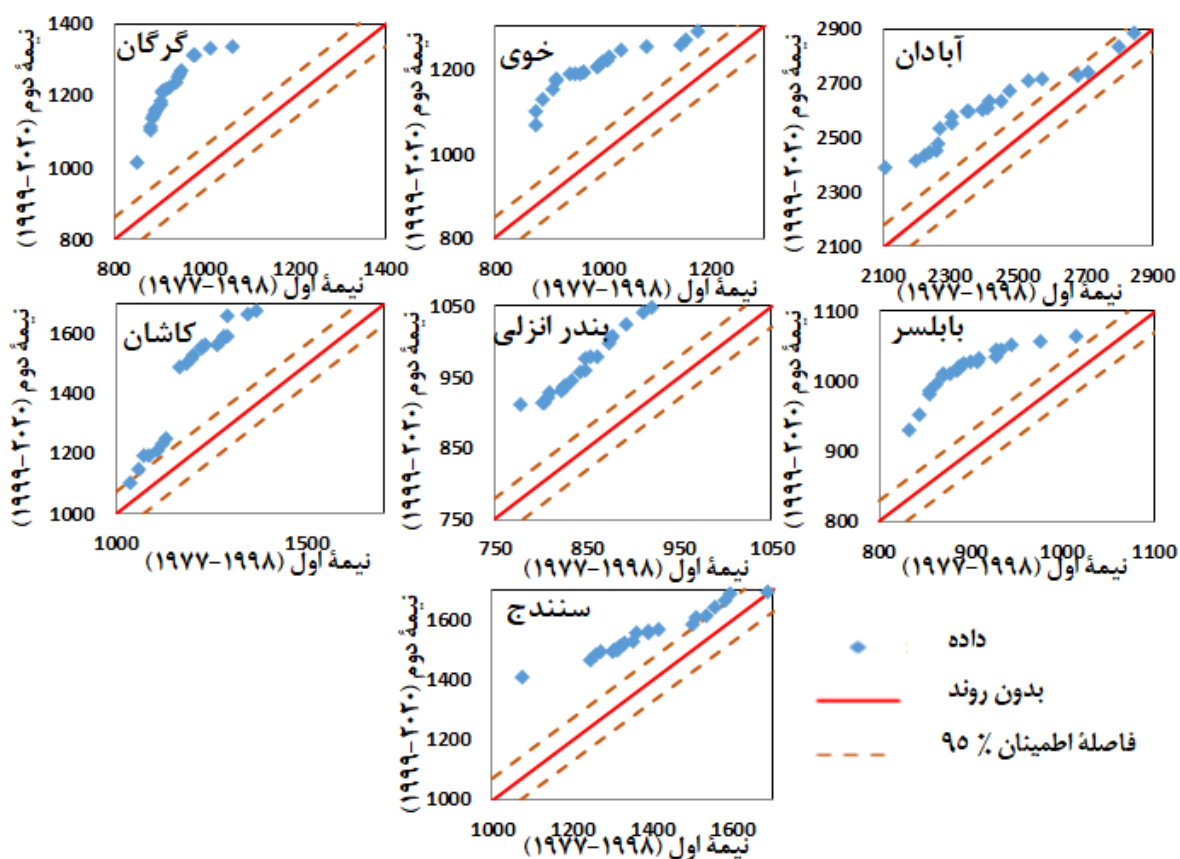
بیشتر مابقی ایستگاه‌ها بویژه در ماه‌های اکتبر و نوامبر همچنان دارای روند افزایشی در حدود اطمینان ۹۹٪ می‌باشند در صورتی که در ماه دسامبر از تعداد ایستگاه‌های دارای بالاترین حدود اطمینان کاسته شده است ولی در عین حال در این ماه نیز تمامی ایستگاه‌ها روند افزایشی را همچنان دارند. ایستگاه گرگان بیشترین مقدار روند را در بین ایستگاه‌های کم ارتفاع به خود اختصاص داده است. با وجود اینکه در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی مشاهده می‌شود ولی در عین حال در برخی دیگر مانند ایستگاه‌های اراک و سنندج روند کاهشی تبخیر و تعرق نیز دیده شده است (شکل ۸). چنانچه در پژوهش سان و همکاران (۳۷). نیز مشاهده شد در برخی از ایستگاه‌های جنوب غرب چین مقدار تبخیر و تعرق مرجع ماهانه و سالانه با روند کاهشی مواجه بوده است. علاوه بر آن پژوهش فروغی و همکاران (۱۱). نشان داد که اگر چه در بازه زمانی ماهانه و سالانه ۱۸ ایستگاه غرب ایران، هر دو روند افزایشی و کاهشی دیده شده است در حالت کلی بیشتر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته‌اند که حاکی از افزایش مقدار تبخیر و تعرق در منطقه می‌باشد. همچنین سبزی‌پرور و شادمانی (۳۲). روند تغییرات تبخیر و تعرق مرجع را در ۱۱ ایستگاه دارای اقلیم خشک بررسی کردند نتایج نشان داد با وجود یکسان بودن اقلیم ایستگاه‌ها رفتار روند تبخیر و تعرق در هر شهری متفاوت به دست آمده است. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که روند تبخیر و تعرق مرجع در مقیاس ماهانه، در ۴۰ ایستگاه واقع در گستره ایران، ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی است که با توجه به نتایج متفاوت نقطه‌ای در شهرهای مختلف می‌توان دریافت که در مقدار تغییر روند تبخیر و تعرق؛ چنانچه پیش‌تر در بخش پیشینه پژوهش نیز بیان شد فرایندهای مختلفی از جمله: عوامل و عناصر اقلیمی، ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، وضعیت گیاهی و توپوگرافی هر منطقه نقش بسزایی دارند.

نتایج گرافیکی روند ET_0 سالانه با استفاده از تحلیل روند نوآورانه ITA

به‌منظور شناسایی روند تغییر سری زمانی ET_0 حاصل از روش پنمن مانیتث ۵۶ در گستره ایران از روند نوآورانه



شکل ۸. نتایج روش ITA برای ET_0 سالانه اقلیم‌های مختلف ایستگاه‌های مرتفع ایران



شکل ۹. نتایج روش ITA برای ET_0 سالانه اقلیم‌های مختلف ایستگاه‌های پست ایران

خشک و سرد، بیابان خشک و سرد، معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم، نیمه بیابانی استپ‌خشک و بسیار گرم، اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم و معتدل پرباران بدون فصل خشک با تابستان‌های گرم به‌عنوان روش برتر برآورد تبخیر و تعرق معرفی شد و پس از آن روش پریستلی تیلور در برخی از شهرها دقت بیشتری را نشان داد. چون تبخیر و تعرق مرجع به‌عنوان متغیری پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی و در عین حال متأثر از متغیرهای هواشناسی مختلف است؛ نمی‌توان بطور قطع روش خاصی را برای محاسبه ET_0 به‌عنوان روش برتر در تمامی زمان‌ها و مکان‌ها پیشنهاد نمود. چنانچه براساس نتایج نیز روش برتر برآورد تبخیر و تعرق مرجع از شهری به شهر دیگر تفاوت داشت که نشان می‌دهد فرایندهای مختلفی بر آن تأثیرگذار است. در آخر نتایج حاصل بصورت نقشه‌های پهنه‌بندی ماهانه و سالانه مورد ارزیابی قرار گرفت. با بهره‌گیری از شاخص‌های آماری من کندال، شیب سن و تحلیل روند نوآورانه روند تغییرات ET_0 نیز بررسی شد. بنابراین ET_0 بصورت ماهانه و سالانه در کل ایران با استفاده از سه روش؛ بصورت ترکیبی متأثر از عناصر و عوامل اقلیمی است. بدین صورت که نواحی دارای ارتفاع کم از سطح دریا که رطوبت‌پذیری بیشتری دارند نسبت به نواحی مرتفع که دمای کمتری دارند؛ مقادیر بالای ET_0 را دارند. همچنین تأثیرهای مختلف عوامل محلی و فرامحلی در تمامی دوره‌ها مشاهده شد. نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از سه روش مذکور محاسبه ET_0 نشان داد که تغییرات عناصر اقلیمی در مناطق و دوره‌های مختلف تأثیرات متفاوتی بر مقدار ET_0 دارد. نتایج ارزیابی‌های آماری روند تغییرات ET_0 نشان داد که طی دوره آماری مورد نظر؛ آزمون من کندال داده‌های ET_0 بیشتر ایستگاه‌ها از شیب

روند افزایشی برخوردار هستند. تنها دو ایستگاه اراک نماینده ایستگاه‌های مرتفع با ارتفاع ۱۷۰۲ و ایستگاه سنندج با ارتفاع کمتر ۱۳۷۴/۴ متر از سطح دریا دارای شیب روند کاهشی هستند. نتایج بررسی سری زمانی ET_0 با استفاده از ITA نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های نماینده مناطق مرتفع و کم ارتفاع روند ET_0 افزایشی بوده است. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان دریافت که گرچه مقدار ET_0 در بیشتر مناطق کشور ایران دارای شدت و ضعف بوده است، ولی بطورکلی در حال افزایش و به‌تبع آن نیاز آبی گیاهان نیز افزایش یافته‌است و درصورت عدم مدیریت کارآمد آب؛ کشور ایران در آینده با بحران جدی آب مواجه خواهد شد. همچنین در دستیابی به روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق، با توجه به محدودیت‌های موجود در ثبت داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و نیاز به داده‌های زیاد در روش فائو پنمن مانیتث به عنوان روش سازگار با تمامی اقلیم‌ها، بنظر می‌رسد بررسی روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از ارزیابی‌های آماری و مقایسه با روش فائو پنمن مانیتث در اولویت باشد تا ضمن دستیابی به روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در هر اقلیمی، بتوان اقدام مناسبی در شرایط کمبود داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک برای مقابله با چالش بحران آب و مدیریت منابع آب کشور اتخاذ کرد.

■ سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش حاضر بر خود لازم می‌دانند که از سازمان هواشناسی ایران برای در اختیار قرار دادن آمار ایستگاه‌های هواشناسی کشور، مراتب تشکر صمیمانه خود را اعلام دارند.

■ References

- Ahmad, M. U. D., Kirby, J. M., & Cheema, M. J. M. (2019). Impact of agricultural development on evapotranspiration trends in the irrigated districts of Pakistan: evidence from 1981 to 2012. *Water International*, 44(1), 51-73. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2019.1575110>
- Ahmadyan, M., Sobhani, B., Jahanbakhsh Asl, S. (2023). Evapotranspiration changes of reference Crop during the growth stages of apple tree in Urmia and Semirom cities, *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 23(70), 21-36. [In Persian]

3. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome: Fao.
4. Allen, R. G., Walter, I. A., Elliott, R., Howell, R., Itenfisu, D., & Jensen, M. (2005). RL Snyder, the ASCE standardized reference evapotranspiration equation. *Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers*, 57. DOI: [https://doi.org/10.1061/40499\(2000\)126](https://doi.org/10.1061/40499(2000)126)
5. Amiri, M., & Pourghasemi, H. R. (2019). Comparing different methods of potential evapotranspiration and studying temporal and spatial changes in the Mahalou Watershed using GIS. *Journal of Watershed Management Research*, 10(19), 22-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.29252/jwmr.10.19.22>
6. Asadi, M., Karami, M. (2020). Estimation of evapotranspiration in Fars province using experimental indicators, *Geographical Sciences*, 20 (56), 159-175. DOI: <http://dx.doi.org/10.29252/jgs.20.56.159> [In Persian]
7. Babaei, N. (2021) *Temporal and spatial assessment of actual evapotranspiration by semi-distributed model and a remote sensing method*. PhD thesis, University of Shahid Beheshti. [In Persian]
8. Blyth, E. M., Martinez-de la Torre, A., & Robinson, E. L. (2019). Trends in evapotranspiration and its drivers in Great Britain: 1961 to 2015. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(5), 666-693. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309133319841891>
9. Cabral Junior, J. B., de Almeida, H. A., Bezerra, B. G., & Spyrides, M. H. C. (2019). Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(1), 215-225. DOI: <https://DOI:10.1007/s00704-019-02816-w>
10. D'Andrea, M. F., Rousseau, A. N., Bigah, Y., Gattinoni, N. N., & Brodeur, J. C. (2019). Trends in reference evapotranspiration and associated climate variables over the last 30 years (1984–2014) in the Pampa region of Argentina. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(3), 1371-1386. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.316>
11. Foroghi, M., Dinpashoh, Y., & Jahanbakhsh Asl, S. (2020). Impact of Climate Change on Reference Crop Evapotranspiration Trends in the west region of Iran. *Climate Research*, 10(37), 21-37. [In Persian]
12. Gao, Z., He, J., Dong, K., & Li, X. (2017). Trends in reference evapotranspiration and their causative factors in the West Liao River basin, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 106-117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.006>
13. Ghafouri-Azar, M., Bae, D. H., & Kang, S. U. (2018). Trend analysis of long-term reference evapotranspiration and its components over the Korean Peninsula. *Water*, 10(10), 1373. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10101373>
14. Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99. DOI: <https://DOI:10.13031/2013.26773>
15. Hwang, J. H., Azam, M., Jin, M. S., Kang, Y. H., Lee, J. E., Latif, M., & Hashmi, M. Z. (2020). Spatiotemporal trends in reference evapotranspiration over South Korea. *Paddy and Water Environment*, 18(1), 235-259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00777-4>
16. Iran Meteorological Organization (2022). *product & services database*, from <https://irimo.ir/eng/wd/720-Products-Services.html>

17. Javan, Kh. (2021). Identification of hydrological drought trends in the Lake Urmia Basin. *Hydrogeomorphology*, 7 (25), 119-138. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/hyd.2021.43326.1562> [In Persian]
18. Kaveh, H., Nazarifar, H., & Salari, A. (2020). Spatial estimation and zoning of reference evapotranspiration using the geostatistics and Thiessen method (case study: Hamadan), *Irrigation & Water Engineering*, 10(39), 98-112. DOI: <https://doi.org/10.22125/iwe.2020.107095> [In Persian]
19. Kendall, M.G. (1948). *Rank correlation methods*, New York: Griffin.
20. Li, Y., Qin, Y., & Rong, P. (2022). Evolution of potential evapotranspiration and its sensitivity to climate change based on the Thornthwaite, Hargreaves, and Penman–Monteith equation in environmental sensitive areas of China. *Atmospheric Research*, 273, 106178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106178>
21. Lin, P., He, Z., Du, J., Chen, L., Zhu, X., & Li, J. (2018). Impacts of climate change on reference evapotranspiration in the Qilian Mountains of China: historical trends and projected changes. *International Journal of Climatology*, 38(7), 2980-2993. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5477>
22. Liu, R., Wen, J., Wang, X., & Wang, Z. (2017). Validation of evapotranspiration and its long-term trends in the Yellow River source region. *Water and Climate Change*, 8(3), 495-509. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2017.134>
23. Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13(3), 245-259. DOI: <https://doi.org/10.2307/1907187>
24. Nouri, M., & Bannayan, M. (2019). Spatiotemporal changes in aridity index and reference evapotranspiration over semi-arid and humid regions of Iran: trend, cause, and sensitivity analyses. *Theoretical and applied climatology*, 136(3), 1073-1084. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2543-0>
25. Peng, L., Li, Y., & Feng, H. (2017). The best alternative for estimating reference crop evapotranspiration in different sub-regions of mainland China. *Scientific reports*, 7(1), 1-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-05660-y>
26. Pour, S. H., Abd Wahab, A. K., Shahid, S., & Ismail, Z. B. (2020). Changes in reference evapotranspiration and its driving factors in peninsular Malaysia. *Atmospheric Research*, 246, 105096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105096>
27. Pravalie, R., Piticar, A., Roşca, B., Sfîca, L., Bandoc, G., Tiscovschi, A., & Patriche, C. (2019). Spatio-temporal changes of the climatic water balance in Romania as a response to precipitation and reference evapotranspiration trends during 1961–2013. *Catena*, 172, 295-312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.08.028>
28. Priestley, C. H. B., & Taylor, R. J. (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly weather review*, 100(2), 81-92. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1972\)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1972)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2)
29. Rahimi, J., Laux, P., & Khalili, A. (2020). Assessment of climate change over Iran: CMIP5 results and their presentation in terms of Koppen–Geiger climate zones. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 183-199. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03190-8>

30. Rahman, M. A., Yunsheng, L., Sultana, N., & Ongoma, V. (2019). Analysis of reference evapotranspiration (ET₀) trends under climate change in Bangladesh using observed and CMIP5 data sets. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 30(3), 1-117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00703-018-0596-3>
31. Raziei, T., Daneshkar Arasteh, P., & Saghafian, B. (2005). Annual rainfall trend analysis in arid and semi-arid regions of central and eastern Iran. *Water and Wastewater*, 54, 73-81. [In Persian]
32. Sabziparvar, A.A., Shadmani, M. (2011). Trends analysis of reference evapotranspiration rates by using the Mann-Kendall and Spearman tests in arid regions of Iran. *Water and Soil*, 25(4), 823-834. DOI: <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.10242> [In Persian]
33. Safari, F., Kaviani, A., Azizian, A., & Etedali, H. R. (2022). Modification of the coefficients of some equations for estimation of evapotranspiration of the reference plant. *Environment and Water Engineering*, 8(2), 411-426. DOI: <https://doi.org/10.22034/jewe.2021.293310.1593>
34. Sen, P.K (1968). Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. *Journal of the Royal Statistical Society* 3(2), 312-317. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1968.tb00730.x>
35. Sen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
36. Shiri, N., & Kazemi, M. H. (2022). Calibration and evaluation of five radiation-based reference evapotranspiration estimation methods in Yazd province, *Water and Soil Science*, 32(2), 129-141. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/ws.2021.40889.2364> [In Persian]
37. Sun, S., Chen, H., Sun, G., Ju, W., Wang, G., Li, X., & Hua, W. (2017). Attributing the changes in reference evapotranspiration in Southwestern China using a new separation method. *Hydrometeorology*, 18(3), 777-798. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0118.1>
38. Tavoosi, T., Mansouri Daneshvar, M.R., & Movaqqare, A.R. (2012). The zonation of aridity intensity in Iran using Hargreaves- Samani evapotranspiration model based on digital elevation model (DEM), *Geography and Environmental Sustainability*, 2 (4), 95-110. [In Persian]
39. Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. *Proc Koninklijke Nederlandse Akad Wetenschappen A*, 53, 1397-1412.
40. Yang, L., Feng, Q., Adamowski, J. F., Yin, Z., Wen, X., Wu, M., Jia, B & Hao, Q. (2020). Spatio-temporal variation of reference evapotranspiration in northwest China based on CORDEX-EA. *Atmospheric Research*, 238, 104868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104868>
41. You, G., Arain, M. A., Wang, S., Lin, N., Wu, D., McKenzie, S., ... & Gao, J. (2019). Trends of actual and potential evapotranspiration based on Bouchet's complementary concept in a cold and arid steppe site of Northeastern Asia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 279, 107-684. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107684>
42. Zhang, X., Wang, L., & Chen, D. (2019). How does the temporal trend of reference evapotranspiration over the Tibetan Plateau change with elevation? *Climatology*, 39(4), 2295-2305. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5951>

The Effect of Agronomical Management on the Growth Characteristics of the Forgotten Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Plant in the Semi-Arid Climate

H. Javadi^{1*}, S.Gh.R. Moosavi², N. Farahmandrad³

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
3. M.Sc. Agronomy, Agricultural Organization of South Khorasan, Birjand, Iran.

* Corresponding Author: h_javadi@pnu.ac.ir

Received date: 31/03/2023

Accepted date: 15/05/2023

 [10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411)

Extended Abstract

Introduction

Harsh ecological conditions, including water scarcity, have limited vegetation life in desert areas. Consequently, the cultivation of drought-resistant plants compatible with desert areas and their expansion, while creating suitable vegetation, increases biodiversity, controls desertification and is oriented towards the sustainability of desert ecosystems. Cannabis is a drought-tolerant plant which, because of its great genetic diversity, has the ability to grow in different climates, particularly in semi-desert areas. Appropriate agricultural management enhances the vegetation, production and productivity of agricultural products. In this context, it is important to study planting date and plant density as factors impacting production. Planting dates must be chosen to allow sufficient time for each stage of growth and development. The use of optimal plant density may improve plant growth and increase plant yield by reducing intra-plant competition. Results of search on two densities of cannabis plants of 8 and 16 plants per m⁻² in Birjand, the highest seed yield was obtained from a density of 16 plants per m⁻². Finding on densities of 50, 150, and 250 plants per m⁻² in Mashhad, and 30, 90, and 150 plants per m⁻² in Shirvan reported that as the density of cannabis plants increased, the flowering date decreased in both regions. Given the arid and semi-arid climate of South Khorasan, planting plants compatible with the climate of the region, such as cannabis, can increase vegetation cover while producing an acceptable yield. The objectives of the current research are to study the effect of agricultural management on the growth characteristics of the forgotten cannabis plant in semi-arid climate of Birjand.

Material and Methods

The current research was carried out in Center of Agriculture and Natural Resources Research if South Khorasan, located at 59° 13' east longitude and 53° 32' north latitude, and 1491m above sea level. South Khorasan province has a desert and semi-desert climate. Before preparing the soil to determine the required amount of chemical and organic fertilizers, the soil in the field was analyzed. Data on temperature changes and the total number of sunny hours of various months



during the cannabis growing period were received from the Birjand weather station. The experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with three replications. Treatments investigated included planting date on three levels of May 12, May 27 and June 11 as the main plot and plant density at three levels of 22.2, 11.1 and 7.4 plants per m⁻² as the sub plot. In this research, the phenological characteristics including the number of days to emergency, days to flowering, days to seed filling, days to physiological maturity, length of vegetative period, length of reproductive period, length of flowering period, and morphological characteristics including plant height, number of main stem branches, stem diameter and seed yield were investigated. Statistical analysis of the data was done using SAS software and the comparison of averages was done based on Duncan's 5% multiple range test.

Results and Discussion

The results showed that the impact of planting date on all morphophenological traits was significant, with the exception of stem diameter. The delay in planting between May 12 and June 11 significantly reduced the length of phenological stages, and vegetative growth of cannabis, and ultimately caused a 48% decrease in seed yield. Late cultivation, due to the increase in temperature, the plant completes its vegetative growth faster. The delay in planting by shortening the period of effective growth, reducing the photosynthetic potential of the plant, and coinciding with the period of seed filling with low temperatures and shortening of the day has led to a decrease in the quantity and the filling speed of the seeds, and subsequently the yield of the seeds decreases. It has been reported that a 20-day delay in seeding from 10 May led to a 46% decrease in seed yield under climatic conditions in Azerbaijan. The effect of plant density on morphological traits, number of days until flowering of female plants, days until seed set, days until physiological maturity, length of vegetative period, length of flowering period and seed yield were significant. The increase in density from 7.4 to 22.2 plants per m⁻², while delaying flowering, increased seed yield by 15.4%. Increased plant density due to higher plant height and increased number of plants per unit area increased seed yield. Results of search on two densities of cannabis plants of 8 and 16 plants per m⁻² in Birjand, the highest seed yield was obtained from a density of 16 plants per m⁻². To achieve proper yield performance, and develop cannabis cultivation- as a plant compatible with the semi-desert region- the planting date of May 12 and the density of 22.2 plants per m⁻² can be used.

Keywords: Cannabis sativa; Delayed planting; Plant spacing; Physiological maturity; Branches of main stem



تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌های رشدی گیاه فراموش شده شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در اقلیم نیمه‌خشک

حامد جوادی^{۱*}، سید غلامرضا موسوی^۲، نسرین فرهمندراد^۳

۱. استادیار، گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

۳. کارشناس ارشد زراعت، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

* نویسنده مسئول: h_javadi@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵

doi: [10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411)

چکیده

کمبود آب مهمترین عامل حیات پوشش گیاهی در مناطق بیابانی است. کاشت گیاهان زراعی مقاوم به خشکی و روش‌های مدیریت آن ضمن دستیابی به عملکرد قابل قبول، موجب توسعه پوشش گیاهی و کنترل بیابان‌زایی در این مناطق می‌شود. بدین منظور آزمایشی در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در پژوهش حاضر تیمارهای مورد مطالعه شامل تاریخ کاشت در سه سطح ۲۳ اردیبهشت، ۷ و ۲۲ خرداد به‌عنوان کرت اصلی و تراکم گیاه در سه سطح ۲۲/۲، ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع به‌عنوان کرت فرعی بودند. ویژگی‌ها فنولوژیک شامل تعداد روز تا سبز شدن، روز تا گلدهی، روز تا شروع دانه‌بندی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره زایشی، طول دوره گلدهی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی، قطر ساقه و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که اثر تاریخ کاشت بر تمام صفات مورد مطالعه به‌جز قطر ساقه معنی‌داری بود. همچنین تأثیر تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، تعداد روز تا گلدهی بوته‌های ماده، روز تا شروع دانه‌بندی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره گلدهی و عملکرد دانه معنی‌دار شد. تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد، طول دوره مراحل فنولوژیک و رشد رویشی شاهدانه را کاهش معنی‌داری داد و در پایان موجب کاهش ۴۸٪ عملکرد دانه شد. همچنین افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، ضمن تأخیر در گلدهی، عملکرد دانه را ۱۵/۴٪ افزایش داد.

واژگان کلیدی: شاهدانه؛ کاشت تأخیری؛ فاصله بوته؛ رسیدگی فیزیولوژیک؛ انشعابات ساقه اصلی

■ مقدمه

بارندگی کم و نامنظم، درجه حرارت بالا، وزش بادهای شدید و کمبود رطوبت از ویژگی‌ها اصلی مناطق بیابانی است که حیات موجودات در این مناطق را تحت تأثیر خود قرار داده است. مناطق بیابانی به دلیل رطوبت پایین و دمای بالای هوا در تابستان بسیار گرم می‌باشد. لذا شرایط سخت اکولوژیکی به‌ویژه کمبود آب، حیات پوشش گیاهی در این مناطق را با محدودیت مواجه کرده است (۲۵). از این‌رو کاشت گیاهان مقاوم به خشکی و سازگار با مناطق بیابانی و گسترش آن‌ها، ضمن ایجاد پوشش گیاهی مناسب موجب افزایش تنوع زیستی، کنترل بیابان‌زایی و حرکت به سوی پایداری در بوم‌نظام‌های بیابانی می‌شود.

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* L. یکی از گیاهان زراعی و دارویی بسیار قدیمی بوده که بومی مناطق مرکزی آسیاست و از آنجا به سایر نقاط جهان گسترش یافته است (۱۱). این گیاه علفی و یکساله و از تیره شاهدانگان *Cannabinaceae* و تنها گونه از جنس *Cannabis* بوده که در صنایع روغن‌کشی و نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). دانه شاهدانه به دلیل دارا بودن پروتئین و چربی، ۸ اسیدآمینه ضروری و کربوهیدرات‌های قابل‌هضم در تهیه مواد آرایشی و بهداشتی و تولید داروهای آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). همچنین روغن دانه شاهدانه از ارزش غذایی فوق‌العاده‌ای برخوردار است (۴۵). شاهدانه گیاهی مقاوم به خشکی بوده که به دلیل تنوع ژنتیکی بالا توانایی رشد در اقلیم‌های مختلف را دارد (۱، ۴۴). مشاهده نمونه‌های خودرو و زراعی شاهدانه در مناطق مختلف ایران نشان‌دهنده سازگاری بالای اکولوژیکی این گیاه است (۳۶). مدیریت زراعی مناسب موجب افزایش پوشش گیاهی،

تولید و بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود. در همین زمینه مطالعه بر روی تاریخ کاشت و تراکم بوته به‌عنوان عوامل مؤثر بر تولید حائز اهمیت است. رشد و نمو گیاهان تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار داشته و زمانی بیشترین عملکرد به دست می‌آید که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی در اختیار گیاه قرار گیرد (۹). تاریخ کاشت در هر منطقه به درجه حرارت، رطوبت و طول روز بستگی دارد. برای تعیین زمان کاشت گیاهان زراعی به تطابق

دمای مطلوب محیط با مراحل فنولوژیک گیاه و عدم برخورد مراحل حساس رشد با تنش‌های محیطی توجه می‌شود. تاریخ کاشت در گیاهان باید طوری انتخاب شود که فرصت کافی برای سپری شدن هر یک از مراحل رشد و نمو وجود داشته باشد (۴۰).

شاهدانه به‌عنوان یک گیاه با کیفیت روز کوتاه طبقه‌بندی می‌شود که در پاسخ به کوتاه شدن دوره‌های نوری گل می‌دهد. هنگامی که شاهدانه در طول روزهای کوتاه کاشته شود، ممکن است زودتر گل دهد. این کاهش رشد رویشی ممکن است منجر به کاهش عملکرد شود (۲۲). بنابراین، کاشت ممکن است به اواخر بهار و تابستان محدود شود، زمانی که طول روز اجازه رشد رویشی کافی را قبل از گل‌دهی می‌دهد (۲، ۴۱). در تحقیقی ارقام روز خنثی و حساس به طول روز شاهدانه در تاریخ‌های ۹ و ۲۵ آوریل مصادف با ۲۱ فروردین و ۶ اردیبهشت و ۱۱ و ۲۸ می مصادف با ۲۲ اردیبهشت و ۸ خرداد در جورجیای آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام حساس به دوره نوری تأثیری نداشت، اما با افزایش تاریخ کاشت عملکرد ارقام روز خنثی کاهش یافت (۷). در تحقیقی گزارش شد که تأخیر ۲۰ روزه در کاشت از ۱۰ اردیبهشت منجر به کاهش ۴۶٪ عملکرد دانه در شاهدانه در شرایط اقلیمی آذربایجان شد (۵). نتایج آزمایشی در شمال تایلند که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول دوره رشد رویشی شد. همچنین نتایج نشان داد که زمان کاشت شاهدانه در تایلند باید قبل از تیر و مرداد باشد تا رشد و نمو مناسبی داشته باشد (۳۹). در تحقیقی که به‌منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا *Chenopodium quinoa* Willd در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از ارتفاع بوته و عملکرد دانه بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳). تراکم کاشت یک مدیریت زراعی مهم است که بر بهره‌وری و بازده اقتصادی محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد (۱۶، ۱۷،

اقلیم منطقه مانند شاهدانه می‌تواند ضمن تولید عملکرد قابل قبول برای کشاورز موجب افزایش پوشش گیاهی و تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی شود. در همین راستا تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و تراکم بوته به‌عنوان عوامل به‌زراعی مؤثر در تولید می‌تواند در این زمینه کارگشا باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌ها رشدی گیاه فراموش شده شاهدانه در اقلیم نیمه‌خشک بیرجند به اجرا درآمد.

■ مواد و روش

مکان اجرای آزمایش

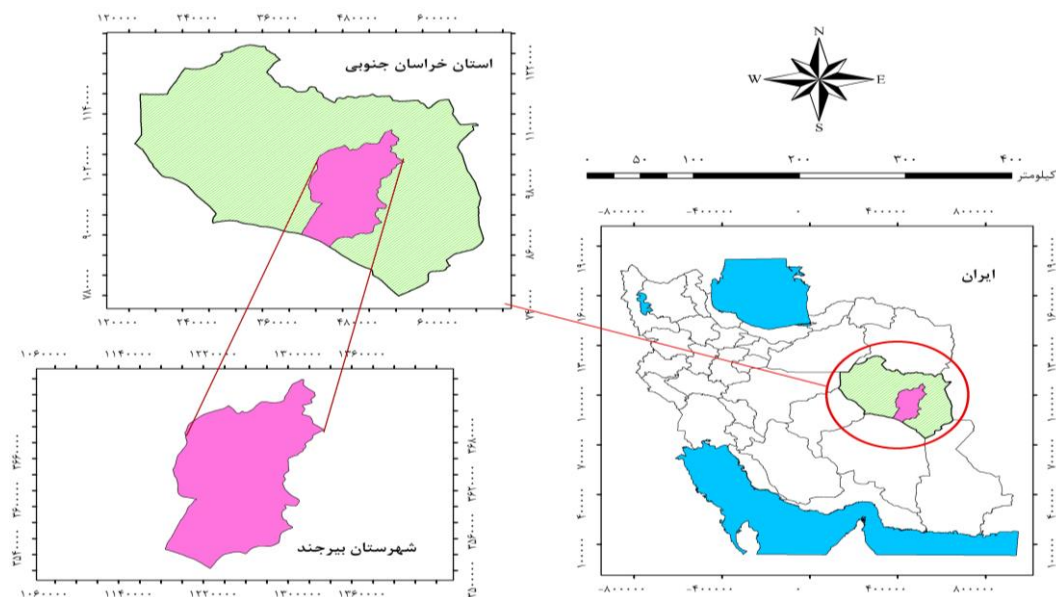
پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی واقع در ۱۸ Km جاده بیرجند-خوسف اجرا شد. استان خراسان جنوبی دارای اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی است. میانگین بارندگی سالانه استان خراسان جنوبی، ۱۳۴ mm و میانگین دمای سالانه، ۱۷/۵°C است. ۹۵٪ وسعت این استان را عرصه‌های طبیعی در برمی‌گیرد که از این میزان ۲۲/۷٪ بیابانی، ۶۳/۳٪ مراتع بیابانی، ۷/۲٪ مراتع خوب و متوسط ۶/۸٪ جنگلی است. همچنین ۸۸۰۳۳۴ ha از مساحت این استان، جزء کانون‌های بحرانی فرسایش بادی است (۲۰). شهرستان بیرجند با وسعت حدود ۴۰۰۴ Km² معادل ۲/۶٪ مساحت استان را به‌خود اختصاص داده است. این شهرستان با موقعیت ۱۳' ۵۹° طول شرقی و ۳۲' ۵۳° عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۹۱ m از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارش سالیانه این شهرستان ۱۶۰ mm، میانگین دمای سالیانه ۱۷°C و میانگین سالیانه بیشترین درجه حرارت ۲۴°C و کمترین آن ۸°C می‌باشد. این منطقه براساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن اقلیم خشک و با روش آمبرژه اقلیم خشک سرد است (۲۰). در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

روش انجام پژوهش

مزرعه محل تحقیق برای اجرای طرح به‌صورت آیش بود. برای مشخص کردن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین از عمق ۳۰ cm از نقاط متفاوت مزرعه نمونه‌برداری انجام شد.

۲۴). استفاده از تراکم بوته مطلوب می‌تواند از طریق کاهش رقابت درون بوته‌ای موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه شود (۲۶). افزایش تعداد بوته در واحد سطح یکی از ساده‌ترین روش‌های افزایش عملکرد در گیاهان است (۳). افزایش تراکم بوته از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب می‌شود میزان جذب تشعشع دریافت شده افزایش یافته و از طریق افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد می‌گردد (۱۲). از آنجایی که شاهدانه به‌طور مؤثر از نور، آب و مواد مغذی در تراکم مناسب گیاه استفاده می‌کند، ساقه، فیبر و عملکرد دانه آن ممکن است با تراکم متفاوت به‌طور قابل‌توجهی تغییر کنند. ارتفاع بوته، قطر ساقه و انشعاب نیز با افزایش تراکم گیاه کاهش می‌یابد (۴۳، ۴۴). تراکم کاشت شاهدانه با توجه به هدف تولید متفاوت است. به‌طور کلی، تراکم کمتری برای گیاهان شاهدانه کشت‌شده برای تولید بذر در مقایسه با گیاهان کاشته‌شده برای تولید الیاف استفاده می‌شود. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که تراکم کاشت بین ۳۰ تا ۲۴۰ بوته در بوته در مترمربع و ۱۰۰ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه شاهدانه دو منظوره با هدف برداشت دانه و الیاف نداشت (۴۱، ۴۶). ارزیابی نقش چهار مقدار تراکم ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع بر روی گیاه کینوا در گلستان نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۱۳). همچنین یافته‌های دو سطح تراکم گیاهی ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع در شاهدانه در شرایط اقلیمی بیرجند نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۶ بوته در مترمربع حاصل می‌شود (۳۸). بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته شاهدانه سرعت توسعه تاج گیاه افزایش یافت، اما تاریخ گلدهی در هر دو منطقه کاهش یافت. همچنین ویژگی‌های ریخت‌شناسی در هر دو منطقه تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (۴).

با توجه به اینکه استان خراسان جنوبی در اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور واقع شده است و با محدودیت آب و تنش خشکی مواجه است لذا کاشت و گسترش گیاهان سازگار با



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی

نمونه برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. مقدار اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی، بر روی گل اشباع اندازه‌گیری شد. کربن آلی خاک به روش والکی و بلک از طریق اکسید کربن آلی خاک در مجاورت دی کرومات پتاسیم و اسید غلیظ و سپس عیارسنجی با محلول سولفات فرو آمونیوم اندازه‌گیری شد (۴۲). نیتروژن کل با استفاده از روش کج‌دال (۶) و فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن (۳۱) اندازه‌گیری شدند. پتاسیم، منیزیم، آهن و منگنز قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و با دستگاه جذب اتمی (۳۲) در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ آمده است. همچنین داده‌های مربوط به تغییرات دمایی و مجموع ساعات آفتابی ماه‌های مختلف طی دوره رشد شاهدانه نیز از ایستگاه هواشناسی بیرجند دریافت شد. آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل تاریخ کشت‌های ۲۳ اردیبهشت، ۷ خرداد و ۲۲ خردادماه در

کرت‌های اصلی و تراکم‌های ۲۲/۲، ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع با فاصله بوته‌ها روی ردیف به ترتیب ۱۰ cm، ۲۰ cm و ۳۰ cm در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. فاصله بین ردیف‌ها ۴۵ cm، طول هر خط کاشت ۴ m و عرض هر کرت ۱/۸ m بود. فاصله بین کرت‌های فرعی و اصلی به ترتیب ۴۵ cm و ۹۰ cm در نظر گرفته شد. زمین محل آزمایش در ابتدای فروردین و قبل از کاشت تا عمق ۶۰ cm شخم و دیسک زده شده و در پایان پس از تسطیح، کرت بندی مطابق با نقشه طرح انجام شد. پس از آماده‌سازی بستر بذر و قبل از کاشت کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی به زمین افزوده شد. این کودها شامل کود پوسیده دامی از نوع گاوی به مقدار 10 ton.ha^{-1} و مقدار 50 kg.ha^{-1} سولفات روی ZnSO_4 ، 150 kg.ha^{-1} سولفات پتاسیم K_2SO_4 و 75 kg.ha^{-1} سولفات منگنز MnSO_4 بودند. نیتروژن به صورت سرک و به مقدار 69 kg.ha^{-1} از منبع اوره $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ با ۴۶٪ نیتروژن در دو نوبت، نصف در مرحله رشد رویشی و نصف در زمان شروع گلدهی، به صورت نواری پای بوته‌ها اضافه شد.

جدول ۱. ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	pH	EC ms cm^{-1}	OC %	N %	P ppm	K ppm	Zn mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}
لومی	۸/۲۸	۲/۲۳	۰/۱۸	۰/۰۳۵	۶/۰۷	۲۳۱	۰/۶۹	۵/۷۲	۳/۸۱

در پایان تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت. با نرم‌افزار آماری، نمودارهای مورد نیاز ترسیم شدند.

■ نتایج و بحث

وضعیت دمایی و ساعات آفتابی در دوره رشد شاهدانه در منطقه مورد مطالعه

داده‌های اقلیمی دریافت شده از ایستگاه هواشناسی بیرجند نشان داد که مجموع ساعات آفتابی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور بیشتر از سایر ماه‌های دوره رشد شاهدانه بود و با ورود به ماه‌های مهر و آبان از مجموع ساعات آفتابی کاسته شد (جدول ۲). همچنین نتایج داده‌های هواشناسی نشان داد که ماه‌های تیر و مرداد با میانگین‌های $35/6^{\circ}\text{C}$ و $36/58^{\circ}\text{C}$ از بیشترین بیشینه دما و ماه‌های اردیبهشت و آبان با میانگین‌های $7/6^{\circ}\text{C}$ و $11/75^{\circ}\text{C}$ از کمترین کمینه دما در طول دوره رشد شاهدانه برخوردار بودند. میانگین دمای ماهیانه در دوره رشد این گیاه بین $15/5^{\circ}\text{C}$ تا $27/6^{\circ}\text{C}$ متغیر بود. به‌طوری‌که بیشترین میانگین ماهانه دما مربوط به تیر $26/6^{\circ}\text{C}$ و مرداد $27/6^{\circ}\text{C}$ بود (جدول ۲).

ویژگی‌های فنولوژیک

روز تا سبز شدن

اثر تاریخ کاشت بر تعداد روز تا سبز شدن در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت بذور شاهدانه سریع‌تر سبز شدند، به‌طوری‌که تعداد روز از ۸/۵۶ در تاریخ کاشت اول (۲۳ اردیبهشت‌ماه) به ۳ روز در تاریخ کاشت سوم یعنی ۲۲ خردادماه کاهش یافت (جدول ۴). با توجه به جدول ۲ می‌توان احتمال داد که افزایش دمای محیط و دریافت سریع‌تر درجه روز رشد لازم در تاریخ کاشت سوم موجب کاهش زمان جوانه‌زنی بذرها شده است. بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های فنولوژیک ذرت *Zea mays* L. نشان داد که با تأخیر در کاشت به‌دلیل افزایش دما، درجه روز رشد لازم جهت سبز شدن در زمان کمتری تأمین شده و در نتیجه از تعداد روز تا سبز شدن کاسته می‌شود (۳۰).

کاشت به‌صورت دستی و خشکه‌کاری با کارگر در تاریخ‌های مورد نظر انجام شد. همچنین جهت رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله چهار برگی بوته‌ها تنک شدند. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی و با کارگر انجام شد. از زمان کاشت تا زمان سبز شدن گیاه، دور آبیاری هر چهار روز بود و پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه، دور آبیاری به ۱۰ روز تغییر کرد (۲۸). برای تاریخ‌های کاشت ۲۳ اردیبهشت، ۷ و ۲۲ خرداد جهت سبز شدن بوته‌ها دو نوبت آبیاری و از سبز شدن تا برداشت ۱۴ نوبت آبیاری انجام گرفت.

ویژگی‌های مورد بررسی

برای تعیین صفات‌های ریخت‌شناسی در بوته‌های نر با رعایت تأثیر حاشیه‌ای و به‌صورت تصادفی تعداد ۶ بوته از قسمت میانی هر کرت انتخاب شده و صفات‌های ریختاری شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی در اواخر دوره رشد اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد. بازدید از مزرعه تحقیقاتی هر دو روز یک‌بار انجام و صفات فنولوژیک شامل تاریخ سبز شدن، تاریخ گلدهی بوته‌های نر و ماده ۵۰٪ بوته‌های هر کرت، شروع دانه‌بندی ۵۰٪ در بوته‌های هر کرت و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره زایشی و طول دوره گلدهی ثبت شد.

برای تعیین عملکرد دانه، زمانی که گیاه به رسیدگی فیزیولوژیک رسیده و دانه‌ها به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای درآمد اقدام به برداشت هر کرت شد. برداشت محصول پس از حذف اثرات حاشیه‌ای و از بوته‌های ماده موجود در هر کرت انجام شد. رسیدگی دانه بر اساس تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه انجام شد. به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت‌ماه برداشت در ۲ آبان، تاریخ کاشت ۷ خرداد برداشت در ۱۹ آبان و تاریخ کاشت ۲۲ خرداد برداشت در ۸ آذر انجام گرفت. سپس بذرها بوجاری شدند و عملکرد دانه هر کرت آزمایشی تعیین شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول ۲. تغییرات دما و مجموع ساعات آفتابی محل اجرای آزمایش در طی فصل رشد شاهدانه

ماه	مجموع ساعات آفتابی Hour	میانگین ماهانه دما °C	میانگین بیشینه دما °C	میانگین کمینه دما °C
اردیبهشت	۲۶۹/۹	۱۸/۳	۲۹/۰	۷/۶
خرداد	۳۲۴/۲	۲۳/۶	۳۴/۰	۱۳/۳
تیر	۳۶۶/۱	۲۶/۶	۳۵/۶	۱۷/۶
مرداد	۳۵۶/۹	۲۷/۶	۳۶/۵۸	۱۸/۶۵
شهریور	۳۴۳/۹	۲۵/۵	۳۳/۲۹	۱۷/۷۲
مهر	۲۸۷/۲	۲۲/۰	۳۰/۱۱	۱۳/۹۹
آبان	۲۷۷/۲	۱۵/۵	۱۹/۳۱	۱۱/۷۵

مأخذ: سایت هواشناسی بیرجند

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های فنولوژیک شاهدانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا گلدهی	روز تا شروع روز تا رسیدگی	طول دوره رویشی	طول دوره زایشی	طول دوره گلدهی
بلوک	۲	۰/۷۰ ^{ns}	۱۱/۷۰ ^{ns}	۲۵/۶ ^{ns}	۱۱/۵۹ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۲۶/۸۱ ^{ns}	۱۳/۷۰ ^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۹۲/۷۳ ^{**}	۴۱۲/۳۷ ^{**}	۲۵/۶۱ ^{**}	۶۷۳/۵۹ ^{**}	۱۸۵/۴۴ [*]	۳۱۲/۷۰ ^{**}	۱۱۷/۲۵ [*]
خطای اول	۴	۰/۲۵	۷/۱۵	۵/۰۳	۲۳/۵۹	۲۰/۵۶ ^{ns}	۵/۴۸ ^{ns}	۱۶/۷۰
تراکم بوته	۲	۰/۲۵ ^{ns}	۱۴/۹۲ ^{ns}	۷۰/۲۶ ^{**}	۱۲۲/۹۲ ^{**}	۲۵/۴۴ [*]	۳۶/۰۴ ^{**}	۳۱/۵۹ ^{**}
تاریخ کاشت × تراکم بوته	۴	۰/۶۴ ^{ns}	۶/۲۰ ^{ns}	۴۸/۱ ^{ns}	۷/۷۶ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۲/۲۰ ^{ns}	۷/۴۲ ^{ns}
خطای دوم	۱۲	۰/۲۴	۴/۵	۹۴/۰	۳/۸۷	۴/۱۳	۱/۴۲	۵/۲۴
ضریب تغییرات (/)		۹/۴۸	۲/۸۳	۲/۵۸	۱/۹۷	۲/۷۵	۱/۴۹	۳/۰۲

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های فنولوژیک شاهدانه

تاریخ کاشت	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا گلدهی	روز تا شروع روز تا رسیدگی	طول دوره رویشی	طول دوره زایشی	طول دوره گلدهی
تاریخ کاشت	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا گلدهی	روز تا شروع روز تا رسیدگی	طول دوره رویشی	طول دوره زایشی	طول دوره گلدهی
۲۳ اردیبهشت	۸/۵۶ a	۷۳/۲۲ a	۹۳/۱۱ a	۱۰۶/۳۳ a	۱۶۳/۸۷ b	۸۵/۰۰ a	۷۰/۲۲ c
۷ خرداد	۴/۵۵ b	۶۴/۵۵ b	۸۸/۹۹ b	۱۰۰/۱۱ a	۱۶۴/۱۱ b	۸۴/۲۲ b	۷۵/۳۰ b
۲۲ خرداد	۳/۰۰ c	۴۵/۵۵ c	۷۹/۸۶ c	۹۰/۰۰ a	۱۶۹/۱۶ a	۷۴/۸۸ c	۸۹/۶۵ a
Plant. m ⁻² تراکم بوته							
۲۲/۲	۵/۵۵ a	۷۶/۳۳ a	۸۸/۶۷ a	۱۰۴/۰۰ a	۱۶۷/۶۶ a	۸۳/۹۰ a	۷۸/۵۱ a
۱۱/۱	۵/۲۲ a	۷۴/۲۲ a	۸۷/۰۰ b	۹۸/۰۲ b	۱۶۵/۹۸ a	۸۲/۶۷ b	۷۸/۲۶ a
۷/۴	۵/۳۳ a	۷۴/۰۰ a	۸۶/۱۱ b	۹۵/۲۲ b	۱۶۳/۴۴ b	۷۹/۶۹ c	۷۸/۰۱ a

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P \leq 0.05$).

۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته شاهدانه تاریخ گلدهی در هر دو منطقه کاهش یافت (۴).

روز تا شروع دانه‌بندی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفت تعداد روز تا شروع دانه‌بندی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد روز لازم تا شروع دانه‌بندی با میانگین ۱۰۶/۳ روز در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت مشاهده شد و تأخیر در کاشت تا ۲۲ خرداد با تأخیر ۳۰ روزه در کاشت تعداد روز تا شروع دانه‌بندی را ۱۶/۳ روز کاهش داد (جدول ۴). در تاریخ کاشت اول به دلیل اینکه گیاهان مدت زمان بیشتری از منابع محیطی استفاده کرده‌اند، رشد رویشی بیشتری داشته و در نتیجه تعداد روز تا شروع دانه‌بندی در آن‌ها از تاریخ‌های کاشت دیگر بیشتر بود. از طرف دیگر به تأخیر افتادن کاشت موجب افزایش دمای محیط شده و از طریق کاهش طول دوره گلدهی (۲۷) موجب کاهش تعداد روز از کاشت تا شروع دانه‌بندی می‌شود.

با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، زمان لازم از کاشت تا شروع دانه‌بندی در شاهدانه به مقدار ۸/۷۸ روز افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد تأخیر در گلدهی به علت عدم رسیدن نور به لایه‌های پایینی تاج گیاه و در نتیجه تشکیل دیر هنگام گل در بوته‌های با تراکم بیشتر، منجر به تأخیر در شروع دانه‌بندی می‌شود.

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد، تعداد روزهای لازم دوره رشد گیاه از ۱۶۳/۷۸ به ۱۶۹/۱۶ روز با ۳/۱۸٪ افزایش یافت (جدول ۴). در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد، علیرغم افزایش سرعت مراحل فنولوژیک یا به عبارتی کوتاه شدن مراحل فنولوژیک تا قبل از دانه‌بندی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی افزایش یافت که علت آن را می‌توان به شروع

همچنین، بررسی اثر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های گوجه‌فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mil حاکی از آن بود که با تأخیر در کاشت تعداد روزهای تا ۵۰٪ گلدهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۱)، البته محققان دیگر افزایش معنی‌دار تعداد روز تا سبز شدن را با تأخیر در کشت باقلا *Vicia faba L.* در پاییز گزارش کردند که افزایش تعداد روز تا سبز شدن در باقلا نیز به دلیل کاهش دمای هوا در اثر کاشت دیر هنگام بود (۲۹).

روز تا گلدهی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد روز تا گلدهی بوته‌های ماده شاهدانه در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود. صفت تعداد روز تا گلدهی بوته‌های نر تنها تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت در سطح ۱٪ قرار گرفت. برهم‌کنش تراکم بوته و تاریخ کاشت بر تعداد روز تا گلدهی بوته‌های نر و ماده شاهدانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت تا ۲۲ خرداد، تعداد روز تا گلدهی در بوته‌های نر و ماده را به ترتیب ۳۷/۸ و ۱۴/۲ روز کاهش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد گرم شدن هوا موجب سرعت بخشیدن به ورود گیاه به فاز زایشی شده باشد. محققان در گوجه‌فرنگی گزارش کردند که تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد روز تا گلدهی می‌گردد؛ به‌طوری‌که اولین تاریخ کاشت، بیشترین و چهارمین تاریخ کاشت، کمترین تعداد روز تا گلدهی را به خود اختصاص داد (۲۱). همچنین گزارش شد که با تأخیر در کاشت باقلا از ۱۵ آبان به ۲۹ آذر، زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ گلدهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند (۲۹).

در این آزمایش بوته‌های ماده در تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های ۲۲/۲ و ۱۱/۱ بوته در مترمربع به ترتیب ۲/۵۶ و ۰/۸۹ روز زودتر وارد مرحله گلدهی گردید (جدول ۴). رشد نامحدود بودن شاهدانه و هم‌زمان شدن تشکیل گل‌ها با افزایش شاخ و برگ موجب شده تا نور لازم برای گل‌انگیزی به بخش‌های پایین تاج گیاه نفوذ نکند و شاخه‌های پایین بوته تنها رشد رویشی داشته و تشکیل گل به لایه‌های بالا و نورگیر تاج گیاه محدود شود. بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و

دانه‌بندی در این تاریخ کاشت در اوایل پاییز و کاهش قابل توجه دمای محیط در این زمان (جدول ۲) مربوط دانست که منجر به کاهش سرعت پر شدن دانه‌ها و افزایش مدت پر شدن آن‌ها شده و همین عامل موجب افزایش معنی‌دار تعداد روز لازم تا رسیدگی فیزیولوژیک گردیده است. لازم به ذکر است که میانگین طول دوره پر شدن دانه در تاریخ‌های ۲۳ اردیبهشت، ۷ خرداد و ۲۲ خرداد به ترتیب ۵۷/۵، ۶۴ و ۷۹/۲ روز بوده است و همین افزایش طول دوره پر شدن دانه موجب افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر می‌باشد. همچنین می‌توان گفت در تحقیق حاضر با توجه به اینکه بوته‌های کاشت شده در ۲۳ اردیبهشت با دماهای گرم‌تر و طول روزهای بلندتر نسبت به تاریخ کاشت ۲۲ خرداد مواجه بوده‌اند، رسیدگی فیزیولوژیک سریع‌تر رخ داده است. محققان دریافتند که سورگوم دانه‌ای *bicolor* (L.) Moench *Sorghum* در تاریخ کاشت اول علیرغم دارا بودن بیشترین طول دوره رویشی زودتر از سایر تیمارها وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد (۳۷).

تأثیر تراکم بوته بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رسیدگی فیزیولوژیک در تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع زودتر از سایر تیمارها اتفاق افتاده است که به علت رقابت کمتر بین بوته‌ها در جذب مواد غذایی و از طرف دیگر دریافت نور کافی در قسمت‌های مختلف تاج گیاه و تسریع مراحل فنولوژیک گیاه، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در این تراکم کاهش یافته است. محققین در بررسی اثر تراکم‌های مختلف بر مراحل فنولوژیک ذرت، گزارش کردند تراکم ۶ بوته در مترمربع حدود ۱۰/۷ روز زودتر از تراکم‌های ۷ و ۸ بوته در مترمربع وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۳).

طول دوره رویشی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر طول دوره رویشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد موجب کاهش طول دوره رویشی بوته‌های شاهدانه به میزان ۱۰/۲۲ روز گردید (جدول

۴). کاشت زود هنگام گیاه در زمان دوره رشد رویشی با هوای خنک‌تری مواجه بوده و رشد و نمو با سرعت کمتری انجام گرفته است اما در کشت دیر هنگام، به دلیل افزایش دما در طی این دوره، گیاه سریع‌تر رشد رویشی خود را کامل می‌کند. به عبارتی در زمان کمتری درجه روز رشد لازم برای ورود به فاز زایشی در کشت‌های تأخیری تأمین شده است. نتایج آزمایشی در شمال تایلند که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش طول دوره رشد رویشی شد (۳۹). با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، طول دوره رویشی شاهدانه به‌طور معنی‌داری به مقدار ۴/۳ روز افزایش یافت (جدول ۳). افزایش تراکم بوته منجر به عدم رسیدن نور کافی برای گل‌انگیزی و تولید گل در لایه‌های پایین تاج گیاه شده و تشکیل گل به لایه‌های نورگیر و بالایی تاج گیاه محدود می‌شود که نتیجه آن تأخیر در گلدهی و افزایش طول دوره رویشی در تراکم‌های بیشتر است. در تحقیقی با افزایش تراکم بوته کلزا *Brassica napus* L. طول دوره رویشی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند (۱۴).

طول دوره زایشی

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره زایشی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با تأخیر در زمان کاشت از ۲۲ خرداد به ۲۳ اردیبهشت، طول دوره زایشی ۱۹/۴۳ روز یعنی به مقدار ۲۱/۷٪ افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به برخورد تاریخ کشت‌های دیر هنگام با سرمای آخر فصل رشد طول دوره پر شدن دانه‌ها و در نتیجه طول دوره زایشی افزایش یافت.

طول دوره گلدهی

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره گلدهی در سطح احتمال ۵٪ و اثر تراکم بوته بر طول دوره گلدهی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد موجب کاهش طول دوره گلدهی بوته‌های شاهدانه به میزان ۲۳/۳٪ شد (جدول ۴). به نظر

از طریق سرعت بخشیدن به فاز زایشی موجب شده گیاه فرصت لازم برای انجام فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی لازم را به بخش‌های رویشی نداشته باشد و لذا موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد شده است. نتایج آزمایشی در شمال تایلند که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته و قطر ساقه شد (۳۹). در تحقیقی که به منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از ارتفاع بوته بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳). با افزایش تراکم بوته از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع ارتفاع بوته ۱۱/۸٪ افزایش یافت (جدول ۶). با افزایش تراکم بوته به دلیل کمبود نور رقابت شدید برای کسب نور ایجاد شده و گیاهان مواد فتوسنتزی را صرف افزایش طول میان‌گره‌ها می‌کنند. از طرف دیگر غلظت هورمون اکسین به دلیل نور کم افزایش یافته و موجب رشد طولی گیاه می‌گردد (۱۹). در تحقیقی چهار تراکم ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع بر روی گیاه کینوا در گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۱۳).

می‌رسد کاهش طول دوره گلدهی بوته با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش درجه حرارت در مرحله گلدهی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع طول این دوره به میزان ۴۰/۵٪ افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد با توجه به نامحدود رشد بودن شاهدانه با افزایش تراکم بوته به علت سایه‌اندازی بیشتر بوته‌ها و تشکیل تعداد ناکافی گل در بوته و نیز رقابت بین بخش رویشی و زایشی گیاه و تشکیل بیشتر گل‌ها در لایه‌های بالایی تاج گیاه و بنابراین تشکیل گل در اواخر دوره رشد، بازه زمانی شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه یا طول دوره گلدهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. نتیجه این تحقیق با نتایج به‌دست آمده تحقیقی در سورگوم دانه‌ای مطابقت دارد (۴۷).

ویژگی‌های ریخت‌شناسی

نتایج تحلیل واریانس نشان داد تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع و تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود، اما قطر ساقه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت. تراکم بوته نیز بر تمامی ویژگی‌های فوق معنی‌دار شد و برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته تنها ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت از تاریخ ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خردادماه، ویژگی‌های ارتفاع و تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی به ترتیب ۲۶/۹ و ۴۵/۶٪ کاهش یافت (جدول ۶). تأخیر در کاشت

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد دانه شاهدانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی	قطر ساقه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۱۹۵/۴۷ ^{ns}	۳۰/۶۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۲۹۵/۲۳ ^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۳۱۰۲/۲۶*	۱۹۲/۰۰*	۰/۱۸ ^{ns}	۵۸۷۷۰/۱**
خطای اول	۴	۱۷۴/۰۸	۱۹/۲۲	۰/۰۴	۱۶۲۳/۲
تراکم بوته	۲	۵۷۴/۵۳**	۱۲۱/۴۶**	۰/۳۴**	۳۱۶۴/۴*
تاریخ کاشت × تراکم بوته	۴	۱۲۷/۷۵*	۳/۹۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۲۶۶۴/۲*
خطای دوم	۱۲	۲۸/۱۷	۴/۹۵	۰/۰۳	۶۶۱/۴
ضریب تغییرات (٪)		۸/۱۱	۱۴/۰۵	۷/۶۲	۱۰/۱۵

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

با کاهش تراکم بوته، قطر ساقه افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین قطر ساقه از تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع با میانگین‌های ۱/۱۶ cm حاصل شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد در تراکم‌های کمتر به‌علت اینکه رقابت بین بوته‌ای کاهش یافته لذا جذب آب، نور و مواد غذایی به طور مناسب‌تری صورت گرفته و اختصاص مواد فتوسنتزی به ساقه افزایش می‌یابد. در تحقیقی که بر روی همیشه‌بهار *Calendula officinalis* L. انجام شد با افزایش تراکم بوته قطر ساقه کاهش یافت (۱۸).

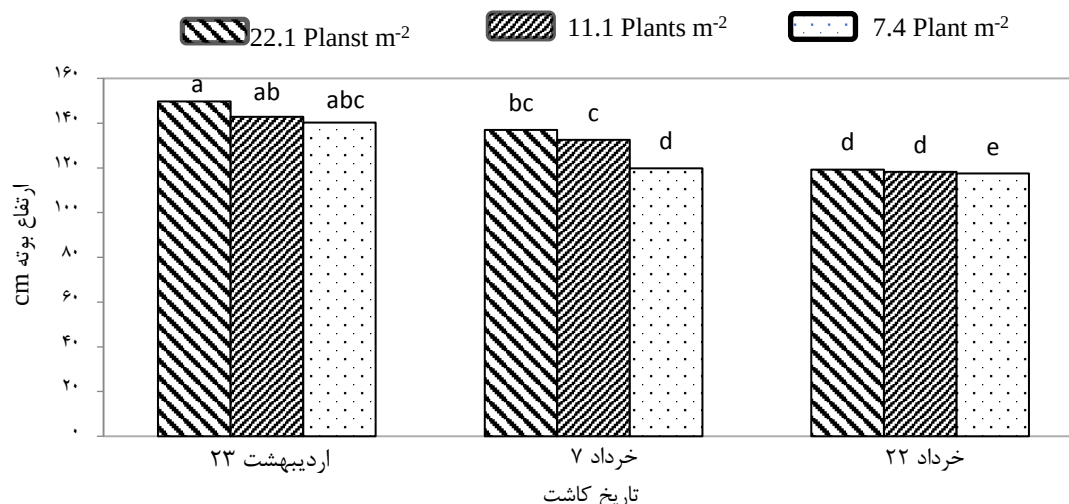
افزایش تراکم بوته موجب کاهش تعداد انشعابات ساقه اصلی شاهده شد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، تعداد انشعابات ساقه اصلی ۳۷/۴٪ و به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که ویژگی‌ها ریخت‌شناسی در هر دو منطقه تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته حاکی از آن بود که افزایش تراکم بوته در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت، ولی در تاریخ کشت‌های ۷ خرداد و ۲۲ خرداد افزایش تراکم بوته موجب افزایش ارتفاع بوته شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد کاشت زودهنگام با در اختیار داشتن فرصت کافی برای رشد رویشی و تراکم‌های زیاد به علت رقابت بین بوته‌ها برای جذب بیشتر نور و افزایش فاصله میان گره‌ها موجب افزایش ارتفاع بوته شده است. محققان دیگر در گیاه سیاهدانه *Nigella Sativa* L. و آنیسون *Pimpinella anisum* L. نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۳، ۳۵).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد دانه شاهده

تیمار	ارتفاع بوته cm	تعداد انشعابات‌های ساقه اصلی	قطر ساقه mm	عملکرد دانه g m ⁻²
تاریخ کاشت				
۲۳ اردیبهشت	۱۳۶/۷۶ a	۱۹/۷۵ a	۱/۲۵ a	۳۰۸/۹۸ a
۷ خرداد	۱۲۲/۸۷ a	۱۷/۰۱ a	۱/۱۹ a	۲۹۰/۳۱ a
۲۲ خرداد	۹۹/۹۹ b	۱۰/۷۴ b	۰/۹۷ a	۱۶۰/۶۲ b
تراکم بوته Plant. m ⁻²				
۲۲/۲	۱۲۵/۶۶ a	۱۱/۷۳ b	۰/۹۸ b	۲۷۰/۱ a
۱۱/۱	۱۲۳/۲۱ a	۱۶/۹۵ a	۱/۰۷ b	۲۵۶/۶۵ b
۷/۴	۱۱۰/۷۶ b	۱۸/۸۱ a	۱/۱۶ a	۲۳۳/۱۰ c

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P \leq 0.05$).



شکل ۲. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع شاهده

با این وجود تغییر تراکم از ۷/۴ به ۱۱/۱ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری را در ویژگی‌های مذکور موجب نشد (جدول ۶). افزایش تراکم بوته موجب شده رقابت بین بوته‌ای افزایش یافته و از طرفی توان فتوسنتزی کاهش یابد، لذا تعداد انشعابات ساقه اصلی کاهش یافت. نتایج محققان در خصوص گیاه بابونه *Matricaria chamomilla* L. و سویا نیز حاکی از کاهش تعداد انشعابات ساقه در اثر افزایش تراکم بوته است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۸، ۱۰).

عملکرد دانه

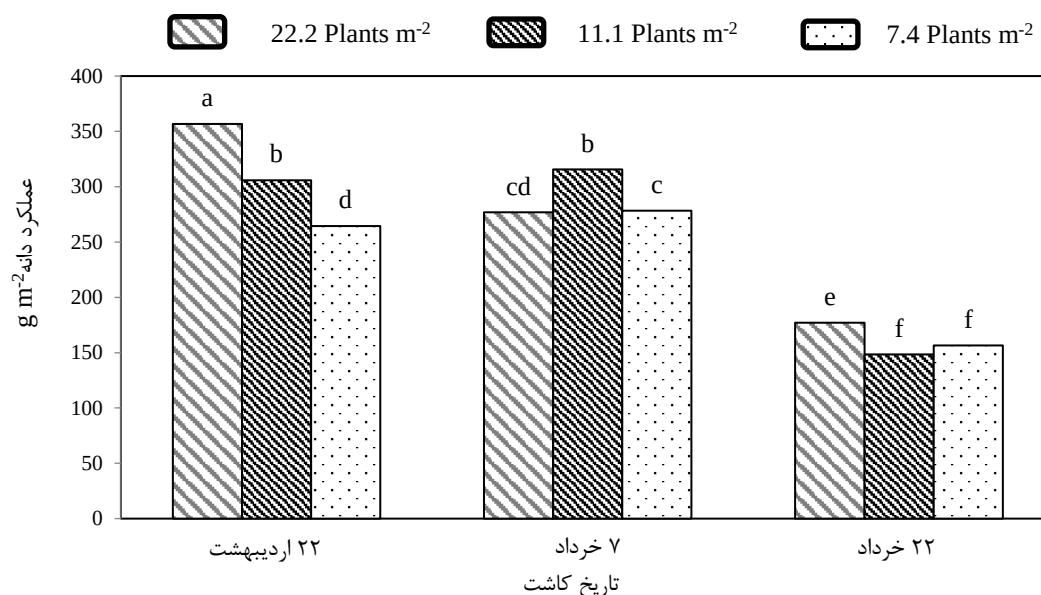
نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که تاریخ کاشت، تراکم بوته و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۵). به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأخیر ۳۰ روزه در کاشت از ۲۳ اردیبهشت‌ماه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت؛ اما تأخیر ۶۰ روزه در کاشت موجب کاهش ۴۸٪ عملکرد دانه شاهدانه شد (جدول ۶). تأخیر در کاشت از طریق کوتاه کردن دوره مؤثر رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شدن دوره پر شدن دانه‌ها با دماهای کم و کوتاه شدن روز موجب شد تا مقدار و سرعت پر شدن دانه‌ها و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش یابد. در تحقیقی ارقام روز خنثی و حساس به طول روز شاهدانه در تاریخ‌های ۹ و ۲۵ آوریل مصادف با ۲۱ فروردین و ۶ اردیبهشت و ۱۱ و ۲۸ می مصادف با ۲۲ اردیبهشت و ۸ خرداد در جورجیای آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام حساس به دوره نوری تأثیری نداشت، اما با افزایش تاریخ کاشت عملکرد ارقام روز خنثی کاهش یافت (۷). در تحقیقی گزارش شد که تأخیر ۲۰ روزه در کاشت از ۱۰ اردیبهشت منجر به کاهش ۴۶٪ عملکرد دانه در شاهدانه در شرایط اقلیمی آذربایجان شد (۵). در تحقیقی که به منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از عملکرد دانه بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳).

با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، عملکرد دانه ۱۵/۹٪ افزایش یافت (جدول ۶). افزایش تعداد بوته بیشتر در واحد سطح موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در بالاترین تراکم به میزان ۲۲/۲ بوته در مترمربع گردید. در تحقیقی، افزایش تراکم از ۸ به ۲۰ بوته در مترمربع موجب افزایش ۳۹/۹٪ عملکرد دانه سورگوم شد (۴۷). افزایش تراکم بوته از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب می‌شود مقدار جذب تشعشع دریافت شده افزایش یافته و از طریق افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد می‌شود (۱۲).

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته حاکی از آن بود که در تأخیر در تاریخ کاشت و کاهش تراکم بوته موجب کاهش عملکرد دانه شد. در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۲۲/۲ بوته در مترمربع حاصل شد اما تفاوت آماری معنی‌داری بین تراکم‌های ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع وجود نداشت. در تاریخ کاشت ۷ خرداد بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح از تراکم ۲۲/۱ بوته در مترمربع به دست آمد، به‌طوری‌که با کاهش تراکم از ۲۲/۲ به ۱۱/۱ بوته در مترمربع، عملکرد دانه ۱۲/۳٪ و به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳). افزایش طول دوره رشد و مساعد بودن شرایط محیطی موجب رشد رویشی و به دنبال آن رشد زایشی مناسب شده است. از طرفی افزایش تراکم بوته به علت افزایش ارتفاع بوته و افزایش تعداد بوته در واحد سطح موجب افزایش عملکرد دانه می‌باشد. محققان در گیاه بابونه نشان دادند که بیشترین عملکرد با میانگین $242/22 \text{ gr/m}^2$ از تاریخ کاشت ۲۰ اسفندماه به دلیل رشد رویشی بیشتر نسبت به سایر تاریخ کشت‌ها و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به علت میزان جذب نور بیشتر و جلوگیری از اتلاف نور در تراکم بالاتر، حاصل شد (۱۵).

■ نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاشت شاهدانه در تاریخ ۲۳ اردیبهشت بهترین نتیجه را از نظر عملکرد دانه داشت و با تأخیر در کاشت، طول دوره رویشی و زایشی شاهدانه کاهش یافت.



شکل ۳. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه شاهدانه

آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی و مسئول محترم مزرعه تحقیقاتی این مرکز جهت همکاری در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از مدیرکل محترم هواشناسی خراسان جنوبی و کارشناسان این اداره جهت همکاری و دسترسی به داده‌های هواشناسی مورد نیاز در این پژوهش تشکر می‌شود.

هم‌چنین در بین تراکم‌های مورد مطالعه نیز تراکم ۲۲/۱ بوته در مترمربع بهترین تراکم برای کاشت شاهدانه در منطقه بیرجند بود.

■ سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات ریاست محترم مرکز تحقیقات و

■ References

1. Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., & Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, 107(2), 161-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002>
2. Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., Cosentino, S.L., Pakkala, K., Stomph, T.J., Westerhuis, W., Zatta, A., & Venturi, G. (2012). Evaluation of a phenological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis sativa* L.) biomass production across European sites. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 100- 110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.012>
3. Amanullah, K., Khattak, R.A., & Khalil, S.K. (2009). Plant density and nitrogen effects on maize phonology and grain yield. *Journal of Plant Nutrition*, 32(2), 246-260. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160802592714>
4. Asghari poor, M., Rashed mohasel, M., & Rafieii, M. (2006). The effect of plant density and nitrogen fertilizer on light interception and dry matter yield in cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 4(2), 217-230. DOI: 10.22067/GSC.V4I2.1263 [In Persian]

5. Bagherpour, H.R., Azizpour, K., Sameh Andabjadid, S., & Kardan, J. (2015). Effect of sowing date on yield and yield components of cannabis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(4), 292-295.
6. Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982). *Nitrogen-total. in: methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 595-624.
7. Coolong, T., Cassity-Duffey, K., & Joy, N. (2023). Role of planting date on yield and cannabinoid content of day-neutral and photoperiod-sensitive Hemp in Georgia, USA. *HortTechnology*, 33(1), 138-145. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05151-22>
8. Dadian, A. (2003). *Investigation of the effect of irrigation cycle and plant density on two soybean cultivars in Markazi province*. Master Thesis in Agriculture. Islamic Azad University of Varamin. [In Persian]
9. Dadkhah, A., Kafi, M. & Rasam, Gh. (2009). The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Horticultural Sciences*, 23(2), 100-107. DOI: 10.22067/JHORTS4.V1388I2.2592 [In Persian]
10. Dadkhah, A. (2010). Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Medicinal and Aromatic Plants*, 26(3), 353-369. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6797> [In Persian]
11. Dadkhah, A., Kafi, M., & Rasam, G. (2010). The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Horticultural Science*, 23(2), 100-107. DOI: 10.22067/JHORTS4.V1388I2.2592 [In Persian]
12. Edwards, J. T., Purcell, L.C., & Vories, E. D. (2005). Light interception and yield of short-season maize (*Zea mays* L.) hybrids in the Midsouth. *Agronomy Journal*, 97, 225-234.
13. Etebari, A.R., Galeshi, S., Anaghali, A., & Torabi, B. (2022). Investigating the effect of planting date and density on quinoa plant in saline and rainfed conditions. *Crop Production Journal*, 15(2), 219-236. DOI: 10.22069/EJCP.2022.19996.2489 [In Persian]
14. Faraji A., Aghajani, M. A., Latifi, N., & Rahnama, K. (2006). Effects of some agronomy factors on phonology stages, vegetative characters and incidence of sclerotinia stem rot in two genotypes of canola in gonbad area. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13(2), 58-68. [In Persian]
15. Farhang Mehr, S., Akbari, S., & Rezwan Bidakhti, S. (2014). Effect of planting date and plant density on flower yield and some morphological characteristics of matricaria (*Matricaria chamomilla* L.). *Plant Ecophysiology*, 6(16), 79-87. DOI: 20.1001.1.20085958.1393.6.16.7.2 [In Persian]
16. Farooq, S., Shahid, M., Khan, M.B., Hussain, M., & Farooq, M. (2015). Improving the productivity of bread wheat by good management practices under terminal drought. *Agronomy and Crop Science*, 201(3), 173-188. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12093>
17. Farooq, S., Hussain, M., Jabran, K., Hassan, W., Rizwan, M.S., & Yasir, T.A. (2017). Osmopriming with CaCl₂ improves wheat (*Triticum aestivum* L.) production under water-limited environments.

- Environmental Science and Pollution Research*, 24(15), 13638-13649. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8957-x>
18. Ganjali, H. R., Ayeneh Band, A., Heidari Sharifabad, H., & Moussavi Nik, M. (2010). Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield component and various traits of *Calendula officinalis*. *Agricultural Science*, 9(2), 149-155.
 19. Ghaffari, M., & Daneshiyan, J. (2004). *Investigation of Azargol hybrid reaction in different planting arrangements in Khoy region*. 8th Conference on Agriculture and Plant Breeding, University of Guilan, Guilan, Iran. [In Persian]
 20. Golkar Hamzee Yazd, H.R., Rezayinezhad, M., Tavousi, M. (2016). Climatic zoning of south Khorasan province with GIS software. *Water and Soil Resources Conservation*, 6(1), 47-60. [In Persian]
 21. Haile, B., Mohammed, A., & Woldegiorgis, G. (2015). Effect of planting date on growth and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties at Anderacha District, Southwestern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2(6), 272-280.
 22. Hall, J., Bhattarai, S.P., & Midmore, D.J. (2012). Review of flowering control in industrial hemp. *Natural Fibers*, 9(1), 23-36. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.651848>
 23. Hamidi, A., & Dabbagh Mohammadi Nasab, A. (2001). The effect of various plant density and nitrogen use levels on phenology of two medium-maturity con (*Zae mays* L.) hybrids. *Agriculture Science*, 32(4), 857-874. [In Persian]
 24. Hussain, M., Waqas-ul-Haq, M., Farooq, S., Jabran, K., & Farroq, M. (2016). The impact of seed priming and row spacing on the productivity of different cultivars of irrigated wheat under early season drought. *Experimental Agriculture*, 52(3), 477-490. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479716000053>
 25. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2022). Compare desert environments soil physical and chemical characteristics with different vegetation (Case Study: Southwestern of Sistan Region). *Human and Environment*, 60(1), 117-128. DOI: 20.1001.1.15625532.1401.20.1.8.7 [In Persian]
 26. Khajehpour, M. R. (2008). *Principles and bases of agriculture*. Isfahan: University Jihad Press.
 27. Khayat, M., & Gohari, M. (2009). Planting date effect on yield, seed yield, growth index and phonologic traits canola (*Brassica napus* L.) Genotypes in Ahvaz condition. *New Finding in Agriculture*, 3(3), 233-248. [In Persian]
 28. Laleh, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Parsa, S. (2018). Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield, harvest index and extract percentage of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 15(4), 823-837. DOI: 10.22067/GSC.V15I4.54427 [In Persian]
 29. Nakhzari Moghaddam, A., Rahmi Karizki, A., & Cable, A. (2014). The effects of planting date and seed size on phenology, yield and yield components of green broad bean (*Vicia faba* L.). *Crop Production*, 7(3), 217-229. DOI: 10.22069/EJCP.2022.6097 [In Persian]
 30. Nielsen, R. L., Thomison, P.R., Brown, G. A., & Halter, A. L. (1994). *Hybrid maturity selection for delayed planting: Do GDD maturity ratings help?* In: Rep. Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf., 49th. Chicago, American.

31. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. Circular, Vol 939 (p.19). Washington, DC: US Department of Agriculture.
32. Pauwels, J.M., Van Ranst, E., Verloo, M., & Mvondo Ze, A. (1992). *Soil science laboratory manual. methods of soil and plant analysis, equipment, management of glassware and chemicals*. Publications Agricoles No. 28, AGCD, Bruxelles.
33. Rassam, Q., Nadaf, A.M., & Sefidkon, F. (2007). The effect of planting date and plant density on yield and yield components of (*Pimpinell anisum* L.). *Research and construction and natural resources*, 75, 133-127. [In Persian]
34. Rastegar, M, A. (2008). *Cultivation of industrial plants*. Tehran: Brahmand Publications.
35. Rezvani Moghaddam, P., & Ahmadzadeh Motlagh, M. (2007). Investigation of the effect of planting date and plant density on yield and yield components of black seed in Ghaenat city. *Research and Construction in Natural Resources*, 76, 68-62. [In Persian]
36. Saadati, A., Pourtahmasebi, K., Salami, S.A., & Oladi, R. (2013). Xylem and bast fiber properties of six Iranian hemp population. *Natural Resources*, 68(1), 121-32. DOI: 10.22059/JFWP.2015.53983 [In Persian]
37. Safari, M., Aghajani, M., & Modares Sanavy, S.A. M. (2010). Effect of sowing date on phenology and morphological traits of three grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. *Crop Sciences*, 12(4), 452-466. [In Persian]
38. Samanipoor, J., Mahmoodi, S., Samadzadeh, A.R., & Hammami, H. (2019). The impact of hemp (*Cannabis sativa* L.) plant density on critical period of weed control. *Plant Protection*, 32(4), 593-605. DOI: 10.22067/jpp.v32i4.70982 [In Persian]
39. Sengloung, T., Kaveeta, L., & Nanakorn, W. (2009). Effect of sowing date on growth and development of Thai hemp (*Cannabis sativa* L.). *Kasetsart Journal - Natural Science*, 43(3), 423-431.
40. Siadat, S.A., Modhej, A., & Esfahani, M. (2013). *Cereals production*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Press. [In Persian]
41. Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Magagnini, G., & Amaducci. (2017). A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107(15), 427-438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.033>
42. Walkly, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
43. Westerhuis, W. (2016). *Hemp for textiles: plant size matters*. Wageningen University, Wageningen. Available at: <https://edepot.wur.nl/378698>. Accessed 8 Dec 2020. DOI: <https://doi.org/10.18174/378698>
44. Yazici, L., Yılmaz, G., Koçer, T., & Sakar, H. (2020). Investigation of some yield characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) in tokat ecology. *Internatinal Environmental Application & Science*, 15(2), 104-108.

45. Yazici, L., & Yılmaz, G. (2021). *Endüstriyel Kenevir ve Geleceği*, the 12th International Scientific Research Congress (UBAK), 17/18 ARALIK 2021, Online, Ankara.
46. Yazici, L. (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.), *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), 102419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102419>
47. Zand, N., & Shakiba, M.R. (2013). Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attributes of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(12), 1577-1582.

Investigation of Different Grazing Intensities on Rangeland Production Quality and Quantity and Soil Carbon in Khabr Rangelands of Baft

M. Sharafatmandrad¹, A. Khosravi Mashizi¹, E. Jahantab^{2*}

1. Associate Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

2. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran

* Corresponding Author: e.jahantab@fasau.ac.ir

Received date: 18/08/2022

Accepted date: 13/10/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.560409.1392](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560409.1392)

Extended Abstract

Introduction

Rangeland provides numerous ecosystem goods and services. Most rangeland management decisions focus on forage production, and this can lead to the loss of other rangeland ecosystem services. One of those services is carbon sequestration, the removal of carbon dioxide from the Earth's atmosphere and its storage in the ground. Rangeland, which covers approximately half of terrestrial ecosystems, is one of the most important sinks for atmospheric carbon dioxide. Photosynthesis, respiration and decomposition are the main processes in the ecosystem that determine how carbon is stored in the soil. Anthropogenic activities like livestock grazing can significantly alter soil carbon storage. Unfortunately, human activities have resulted in lower soil carbon and increased global climate change. Livestock grazing is one of the most significant factors affecting the structure and functioning of ecosystems. Grazing livestock can affect the amount of carbon in the soil through reduced vegetation cover, altered species composition, soil degradation, urination and defecation. On the other hand, changes in the quantity and quality of forage production by livestock grazing have a strong effect on the welfare of the beneficiaries. Consequently, knowledge of the relationship between forage production and other ecosystem goods and services such as soil carbon is essential to the sustainability of ecosystems. It is important to study the quantity and quality changes in rangeland production in relation to different livestock grazing intensities on soil carbon. However, this information can assist range managers in providing techniques to promote soil carbon storage. The purpose of the study is 1) to determine annual forage production in rangelands at different grazing intensities, 2) to study the quality of rangeland forages produced, 3) to assess soil carbon content at different grazing intensities, and 4) to assess the relationship between rangeland production and soil carbon content at different grazing intensities.

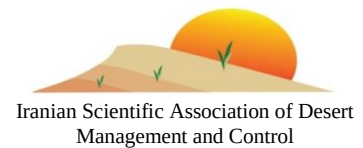
Material and Methods

A rangeland adjacent to Khabr National Park in Kerman province was selected as the study area. The study area is shrub- dominated species *Artemisia aucheri* Boiss. Three sites with different grazing intensities (for example, exclosure, high grazing and moderate grazing) were sampled. At



Desert Management

www.isadmc.ir



each site, three 100m transects with 50m intervals were set up. Ten quadrats were randomly assigned to each transect. For each quadrat, the species met were recorded and their number of individuals and the amount of forage produced were measured. The annual forage production (forage quantity) was measured using the clip and weigh method. To determine forage quality, crude protein, acid detergent fibre (ADF), dry matter digestion and metabolizable energy were estimated for each species. Additionally, a soil sample was taken from each of the quadrats. The samples were air-dried and sieved with a 2 mm sieve. The organic carbon of the soil samples was determined through wet oxidation with Walkley-Black chromic acid. Then, the species importance index (IVI) was estimated using relative frequency (Fr), relative density (Dr) and relative dominance (Dor). One-way ANOVA and LSD were used to compare different grazing intensities in terms of soil carbon, annual production, crude protein, ADF and metabolizable energy. Pearson's correlation was used to examine the relationship between soil carbon and annual production with the qualitative attributes of production, ie. The primary component analysis (PCA) was used to identify the most important species in terms of production at the three sites with different grazing intensities (exclosure, high grazing and moderate grazing). Principal Component Analysis (PCA) was used to identify the most important species in terms of production at the three sites with differing grazing intensities (exclosure, high grazing and moderate grazing).

Results and Discussion

The quantity and quality of forage has been reduced in the livestock grazing sites. The study area has a long history of cattle grazing, which has significantly altered the composition of the vegetation. About 26% of the exclosure site species had been removed from the plant composition of medium pasture sites, most of which are appetizing species. Although the amount of organic carbon in the soil increased at the exclosure site, it was not significantly different from grazing sites. Therefore, despite the improvement in forage quality and quantity, soil organic carbon had shown a lower reaction to the exclosure. Due to the presence of acceptable species, there was a positive relationship between forage quantity and quality at the exclosure site. Although *A. aucheri* was still dominant shrub species in the site with medium grazing intensity, there was no significant relationship between forage quantity and quality due to the decrease of palatable species. With the increase in the number of non-platable species in the high grazing site, there was a significant negative relationship between forage quantity and quality. There was a positive and meaningful relationship between soil carbon and the amount and quality of forage at the exclos site. The relationship between soil carbon and forage quantity and quality was not significant on grazing sites because of a change in plant composition. In the sites under grazing, palatable forbs such as *Tragopogon jedsianus* Boiss. and *Lathyrus annuus* L. were not observed and perennial grasses were significantly reduced. It should be noted that forage production of forbs has not changed much on the site with average grazing compared to the exclosure site. Perennials, especially woody plants, were severely reduced at the site with high grazing intensity. There were no bushes observed at that location. Annual grasses had increased in the site with heavy browsing. As perennials decrease, space and resources become available for the invasion of annual plants, especially annual grasses. Therefore, *Bromus tectorum* L. had the highest forage production in the high grazing area. In terms of crude protein, the high grazing area had low quality forage. Since livestock grazing and subsequent changes in plant composition do not greatly impact soil carbon, livestock management can contribute to the improvement of plant composition and forage production at this site. Taking into account the impact of grassland management on other ecosystem functions, it is suggested to explore the relationship between the amount of production and other functions of quality rangeland ecosystems in order to sustainably manage rangeland ecosystems.

Keywords: Metabolizable energy; High grazing; Exclosure; Range management





بررسی تأثیر شدت‌های مختلف چرای دام بر کمیت و کیفیت تولید مراتع و کربن خاک در منطقه خبر بافت

محسن شرافتمندراد^۱، اعظم خسروی مشیزی^۱، اسفندیار جهانتاب^{۲*}

۱. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران.

* نویسنده مسئول: e.jahantab@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۱

doi [10.22034/JDMAL.2022.560409.1392](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560409.1392)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات کمیت و کیفیت تولید مراتع زیر چرای دام بر کربن خاک بوته‌زارهای نیمه‌خشک انجام شد. در سه منطقه قرق، چرای متوسط و چرای شدید ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری با فاصله ۵۰ متر از هم انداخته و در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات مستقر شد. برای مقایسه شدت‌های مختلف چرای از نظر متغیرهای کربن خاک، تولید سالانه، پروتئین، دیواره سلولی منهای همی سلولز و انرژی متابولیسمی از تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار بهره‌گیری شد. ارتباط کربن خاک و تولید سالانه با شاخص‌های کیفیت تولید با آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد. تحلیل واریانس نشان داد که مناطق قرق، چرای متوسط و چرای شدید از نظر تولید سالانه، پروتئین، انرژی متابولیسمی و دیواره سلولی منهای همی سلولز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ($p < 0.05$)، اما اختلاف معنی‌داری بین سه منطقه از نظر کربن خاک مشاهده نشد. تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که در منطقه قرق، تولید سالانه با شاخص‌های کیفیت تولید رابطه مثبت و معنی‌دار و در منطقه چرای شدید رابطه منفی و معنی‌داری دارد ($p < 0.01$). رابطه معنی‌داری کربن خاک و تولید سالانه ($p < 0.05$) و شاخص‌های کیفیت تولید ($p < 0.05$) در منطقه قرق مشاهده شد. در منطقه چرا، کربن خاک با تولید رابطه مثبت و معنی‌داری ضعیفی دارد ($p < 0.05$). گونه *Artemisia aucheri* به ترتیب با شاخص اهمیت ۰/۱۵۸ و ۰/۲۷۵ مهم‌ترین گونه در مناطق قرق و چرای متوسط بود و گونه *Bromus tectorum* با شاخص اهمیت ۰/۳۵۸ مهم‌ترین گونه در منطقه چرای شدید بود. تولید سالانه و کیفیت تولید شاخص‌های مناسبی برای پیش‌بینی نوسان کربن خاک در عملیات مدیریتی نیستند، زیرا این متغیرها عکس‌العمل متفاوتی نسبت به مدیریت چرا نشان دادند. با توجه به تأثیر مدیریت چرا بر دیگر کارکردهای بوم‌نظام، برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های مرتعی، پیشنهاد می‌شود ارتباط کمی و کیفی تولید با دیگر کارکردهای مرتعی نیز بررسی شود.

واژگان کلیدی: انرژی متابولیسمی؛ چرای شدید؛ قرق؛ مدیریت مرتع

■ مقدمه

فعالیت‌های انسانی بر اجزاء بوم‌نظام مانند گیاه، خاک و جانور تأثیرات زیادی دارند (۱۳). چرای دام یکی از عوامل مهم تغییر ساختار و کارکرد بوم‌نظام‌های مرتعی است (۳۷، ۴۰) که به عنوان یکی از تهدیدهای اصلی تنوع زیستی، پایداری و تولید مراتع شناخته شده است (۵۸). تغییر ترکیب گیاهی ناشی از چرای شدید تأثیر زیادی بر ظرفیت چرای دام در مرتع دارد (۲۰، ۴۸)؛ به ویژه در بوم‌نظام‌های خشک که به آشفته‌گی‌های محیطی و مدیریتی، شکننده‌تر هستند و ممکن است خدمات بوم‌نظام مانند تولید سالانه آن‌ها به شدت تغییر کند. آگاهی از میزان تغییرات تولید سالانه گیاهان علوفه‌ای، یکی از مسائل اساسی در مطالعات ارزیابی مرتع است (۴۹). زیرا علوفه مراتع، تامین‌کننده مهم مواد غذایی برای دام‌های چرا کننده است. به همین دلیل علاوه بر کمیت علوفه مرتع، شناخت کیفیت علوفه، یکی از ملزومات مهم در رابطه با تغذیه دام در مرتع است (۲۰). برای دستیابی به وزن مناسب دام‌ها لازم است که تمام انرژی مورد نیاز دام تامین شود (۵۵). کیفیت علوفه را می‌توان یک شاخص مناسب برای تعیین خصوصیات شیمیایی گیاهان، تعیین خوشخوراکی در برآورد ظرفیت چرا دانست (۵۲). اندازه‌گیری همه عوامل شیمیایی و مؤثر در کیفیت علوفه وقت گیر و پرهزینه است، بنابراین معمولاً موثرترین عواملی همچون پروتئین خام و انرژی متابولیسمی را برای تعیین کیفیت علوفه در نظر می‌گیرند (۲۰). شناخت ارتباط بین تولید گیاهان با خصوصیات محیطی خصوصاً ویژگی‌های خاک در پایداری بوم‌نظام‌ها ضروری است (۳۸). کربن خاک از مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک است که با مقدار رشد گیاهان ارتباط مستقیم دارد و از عوامل اصلی توزیع گیاهان در بوم‌نظام‌های مرتعی است (۵۶).

کربن خاک تأثیر زیادی بر زندگی انسان‌ها دارند و یکی از موضوعات مهم در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مراتع هستند (۴۴). کربن خاک از مهم‌ترین ذخایر کربن در مراتع خشک هستند (۱۴، ۲۹). کربن خاک نسبت به تغییرات محیطی حساس است و یکی از شاخص‌های مهم از سلامت بوم‌نظام‌های مرتعی است (۲۷، ۶۰). تصمیمات مدیریت

ممکن است موجب رابطه منفی بین تولید علوفه و کربن خاک شود به‌طوری‌که در عملیات‌هایی که برای توسعه گیاهان خوشخوراک منجر به حذف گونه‌های با مطلوبیت کمتر شده و در نتیجه سبب کاهش کربن خاک در بوم‌نظام می‌شوند (۱۴). کربن خاک به توزیع گیاهان، میزان تولید گونه‌ها، کمیت و کیفیت لاشبرگ و سرعت تجزیه لاشبرگ در بوم‌نظام‌ها بستگی دارد (۱۷). از عوامل تأثیرگذار بر کربن خاک می‌توان مدیریت بوم‌نظام‌ها و شدت چرای دام را نام برد (۶۳). چرای دام مقدار کربن خاک را می‌تواند با کاهش پوشش گیاهی، تخریب خاک و آدرار و مدفوع تحت تأثیر قرار دهد (۲۲).

بررسی‌های متعددی در ارتباط بین شدت چرا و کمیت و کیفیت تولیدگونه‌های مرتعی و کربن خاک انجام شده است، محققان به این نتیجه رسیدند که قرق با افزایش میزان زیتوده، مواد آلی خاک را افزایش و در نتیجه بر بهبود وضعیت پوشش گیاهی اثر گذاشته و تنوع را افزایش می‌دهد (۶۱). همچنین بررسی کمیت و کیفیت علوفه درمنه زیر تأثیر شدت‌های مختلف چرا در استان سمنان نشان داد که پروتئین علوفه درمنه در شدت چرای متوسط و سنگین ۲۰ و ۴۴٪ نسبت به قرق کاهش می‌یابد. چرای سنگین همچنین سبب کاهش ۲۸ و ۲۱٪ انرژی متابولیسمی و درصد ماده خشک قابل هضم علوفه شده بود (۴۲). محققان تأثیر تیمارهای چرای ۰٪، ۳۰٪، ۵۰٪ و ۸۰٪ برداشت شاخ و برگ را بر کیفیت علوفه مراتع نیمه‌خشک بررسی کردند و گزارش دادند که در تیمار ۸۰٪ برداشت شاخ و برگ کمترین پروتئین علوفه مشاهده شده است. ایشان همچنین بین کمیت و کیفیت علوفه یک رابطه معکوسی را مشاهده کردند (۵۶). پژوهشگران تأثیر شدت چرا بر تولید گونه‌های گیاهی مراتع را بررسی و گزارش کردند که چرای متوسط سبب افزایش علوفه قابل دسترس می‌شود و گیاهان خوشخوراک را افزایش می‌دهد (۴۵). به دلیل تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم چرای دام بر ترکیب گیاهی و خاک، تأثیر چرای دام بر کربن خاک کاملاً واضح نیست (۱۹). چرای مناسب کربن خاک را در مراتع آمریکا بین یک دهم تا سه دهم تن در هکتار در سال افزایش داده است (۵۳). محققان تأثیر چرا را بر کربن خاک مراتع گرمسیری استرالیا بررسی کردند و گزارش

تولید سالانه، دو منطقه برای نمونه‌گیری انتخاب شدند، منطقه قرق ۲۵ ساله واقع در پارک ملی خبر، منطقه خارج قرق که در مجاورت منطقه قرق قرار دارد و به‌وسیله جاده و خندق از هم جدا شده‌اند. درصد بهره‌برداری اندام‌های هوایی در مقایسه با منطقه قرق، به‌عنوان معیاری از شدت چرا در نظر گرفته شد به‌طوری‌که در چرای متوسط درصد بهره‌برداری ۵۸٪ و در منطقه چرای شدید ۷۷٪ برآورد شد (۴۲).

روش نمونه‌برداری

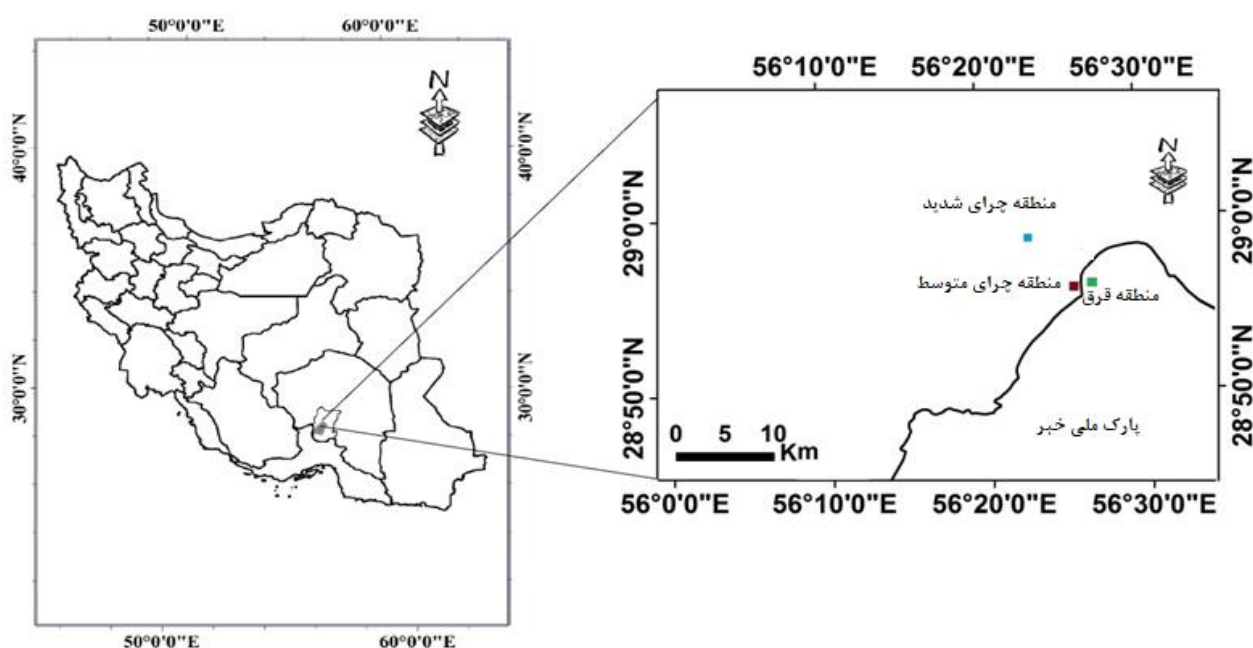
نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی-نظام‌مند (سیستماتیک) در منطقه معرف هر مکان مرتعی از اواسط اردیبهشت ماه تا اوایل خرداد (انتهای فصل رویش) انجام شد. اندازه قطعه (پلات) نمونه‌برداری با توجه به نوع و پراکنش پوشش گیاهی به روش سطح حداقل 1 m^2 انتخاب شد. در منطقه معرف ۳ نوار (ترانسکت) 100 m با فاصله 50 m از هم انداخته شد و در هر نوار ۱۰ پلات بطور تصادفی قرار گرفته‌اند. در مجموع تولید سالانه، نام و تعداد پایه گونه‌ها در ۹۰ پلات بررسی شد. شاخص اهمیت گونه‌ها (IVI^1) با استفاده از فراوانی نسبی (F_r)، تراکم نسبی (D_r) و غالبیت نسبی (Do_r) به شرح زیر برآورد شد (۳۳).

دادند که چرا بطور معنی‌داری سبب کاهش کربن خاک شده است (۵۰). در مدیریت مراتع بیشتر بر تولید علوفه تاکید دارند و سایر خدمات و کالا در مراتع معمولاً نادیده گرفته شده‌اند. اگر چه در مطالعاتی به ارتباط کربن خاک با ترکیب گیاهی، بیوماس هوایی و درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی پرداخته شده است (۶، ۲۷، ۴۴). اما اطلاعات بسیار محدودی از ارتباط کربن خاک با کمیت تولید و کیفیت تولید سالانه مراتع خشک و نیمه‌خشک کشور وجود دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات کمیت و کیفیت تولید مراتع تحت چرای دام بر کربن خاک بوته‌زارهای نیمه‌خشک انجام شد.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در مراتع شهرستان بافت در مجاورت پارک ملی خبر در عرض شمالی $28^{\circ} 25'$ تا $28^{\circ} 59'$ و طول شرقی $56^{\circ} 02'$ تا $56^{\circ} 38'$ واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع منطقه 2165 m و میانگین بارندگی سالانه 340 mm است. گونه غالب در این رویشگاه، درمنه کوهی *Artemisia aucheri* Boiss. است. برای جمع‌آوری داده‌های



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران

¹ Importance value index

اندازه‌گیری شد. به این منظور، نیتروژن (N) تعیین و با استفاده از ضریب ۶/۲۵ میزان CP برآورد شد. به منظور تعیین درصد ADF از دستورالعمل AOAC (۲) و دستگاه فایبر تک استفاده شد. DMD (درصد) با فرمول پیشنهادی اودی و همکاران (۱۹۸۳) (۴۳) تعیین شد.

$$\%DMD = 83.58 - 0.824 ADF \% + 2.626 N \% \quad (۵)$$

معادله ارائه شده زیر توسط کمیته استاندارد کشاورزی (۱۹۹۰) به منظور تعیین انرژی متابولیسمی نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

$$M/D = 0.17DMD\% - 2 \quad (۶)$$

M/D = مقدار انرژی متابولیسمی در یک کیلوگرم علوفه خشک بر حسب مگاژول
نمونه‌های خاک، از عمق ۰ تا ۳۰ cm خاک برداشت شدند (۳۲). کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک مشخص شد (۳۹).

تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون LSD برای مقایسه شدت‌های مختلف چرا از نظر تولید سالانه، پروتئین، ADF و انرژی متابولیسم استفاده شد (۲۵). برای بررسی ارتباط کربن خاک و تولید سالانه با شاخص‌های کیفیت علوفه شامل پروتئین، ADF و انرژی متابولیسمی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (۳۶). روش PCA به عنوان یکی از بهترین روش‌های چند متغیره برای شناسایی مهمترین عوامل تأثیرگذار در بررسی‌های بوم‌شناختی استفاده شده است (۴۶، ۴۴). برای شناسایی مهمترین گونه‌ها از نظر تولید در سه منطقه قرق، چرای شدید و چرای متوسط از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد.

■ نتایج

تحلیل واریانس نشان داد که مناطق قرق، چرای متوسط و چرای شدید از نظر تولید سالانه، پروتئین، انرژی متابولیسمی و ADF در سطح ۹۵٪ اطمینان با یکدیگر

$$IVI = F_r + D_r + D_{0r} \quad (۱)$$

که IVI، شاخص اهمیت گونه‌ها، F_r ، فراوانی نسبی، D_r ، تراکم نسبی و D_{0r} ، غالبیت نسبی هستند که به طریق زیر محاسبه می‌شوند.

$$F_r = \frac{f_i}{f_t} \times 100 \quad (۲)$$

F_r ، فراوانی نسبی، f_i ، فراوانی گونه i و f_t ، فراوانی کل هستند.

$$D_r = \frac{N_i}{N_t} \times 100 \quad (۳)$$

D_r ، تراکم نسبی، N_i ، تعداد پایه گونه i و N_t ، تعداد پایه همه گونه‌ها هستند.

$$D_{0r} = \frac{C_i}{C_t} \times 100 \quad (۴)$$

D_{0r} ، تراکم نسبی، C_i ، تاج پوشش گونه i و C_t ، تاج پوشش کل گونه‌ها هستند.

تولید سالانه

مقدار تولید سالانه گونه‌ها در خرداد ماه قطع و توزین شد. به‌طوری‌که گونه‌های گندمیان و پهن برگان علفی کل اندام‌های هوایی به عنوان تولید در نظر گرفته شده، از این رو، این گیاهان از کف زمین قطع شدند. اما گونه‌های بوته‌ای فقط رشد سال جاری آن‌ها قطع شدند (۷).

کیفیت تولید

برای ۲۳ گونه سه پایه به‌طور تصادفی انتخاب و نمونه‌گیری شد (جدول ۱). برای تعیین کیفیت علوفه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از خشک کردن، آسیاب شدند. درصد پروتئین خام^۱ (CP)، دیواره سلولی منهای همی‌سلولز^۲ (ADF)، هضم‌پذیری ماده خشک^۳ (DMD) و انرژی قابل متابولیسم^۴ (M/D) برای هر یک از گونه‌ها، برآورد شد. پروتئین خام با روش کج‌لدال

³ Dry Matter Digestibility

⁴ Metabolism energy

¹ Crude protein

² Acid detergent fibers

اختلاف معنی داری دارند، اما اختلاف معنی داری بین سه منطقه از نظر کربن خاک در سطح ۹۵٪ اطمینان مشاهده نشد (جدول ۲).

از نظر تولید سالانه منطقه قرق با میانگین 47 ± 243 kg/ha بیشترین مقدار را داشت. از نظر پروتئین منطقه قرق و چرای شدید به ترتیب با میانگین $4/2 \pm 10/3$ و $87 \pm 0/1$ از نظر انرژی متابولیسمی نیز بیشترین و کمترین مقادیر در منطقه قرق و چرای شدید به ترتیب با میانگین $11/2 \pm 58/4$ و $49 \pm 4/02$ مگاژول در هر کیلوگرم از ماده خشک مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۱. لیست گونه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه

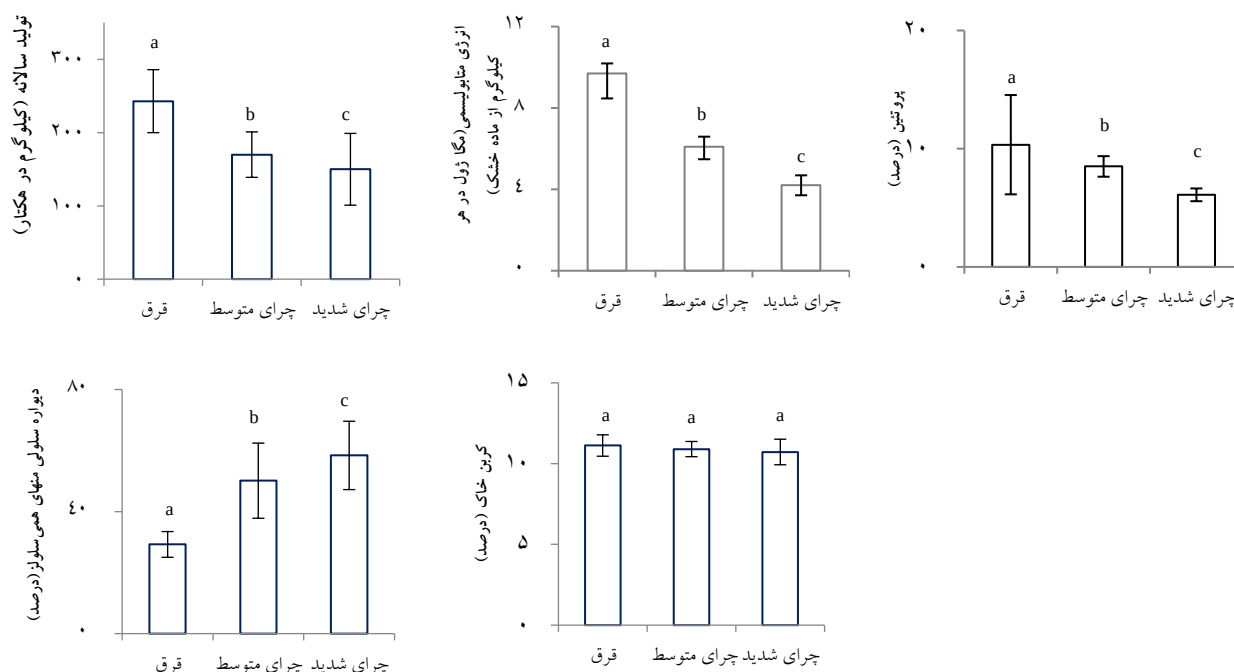
خانواده	نام گونه	فرم رویشی
Asteraceae	<i>Echinops pungens</i> Trautv.	He
	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	He
	<i>Tragopogon jerdianus</i> Boiss. & Buhse	He
	<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	Ch
	<i>Cousinia stocksii</i> C. Winkl.	Ch
	<i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Soják	He
Brassicaceae	<i>Alyssum bracteatum</i> Boiss. & Bushe	He
Caryophyllaceae	<i>Dianthus orientalis</i> Adams	Th
Chenopodiaceae	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	Ch
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Th
	<i>Alhagi camelorum</i> Fisch.	He
Fabaceae	<i>Astragalus microphysa</i> Boiss.	Ch
	<i>Astragalus mucronifolius</i> Boiss.	He
	<i>Astragalus podolobus</i> Boiss.	Ch
	<i>Lathyrus annuus</i> L.	Th
Lamiaceae	<i>Ziziphora tenuior</i> L.	Ch
	<i>Aegilops cylindrica</i> Host	Th
	<i>Agropyron intermedium</i> (Host) P. Beauv.	He
Paceae	<i>Avena fatua</i> L.	He
	<i>Bromus tectorum</i> L.	Th
	<i>Hordeum glaucum</i> Steud.	Th
	<i>Stipa barbata</i> Desf.	He
Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum eurypterum</i> Boiss. & Buhse	Ph

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه کربن خاک، کمیت و کیفیت تولید سالانه

F	MSE	df	
۱۲/۳۴**	۸/۳	۲	تولید کمی
۷/۵۰**	۳/۲	۲	پروتئین
۶/۶۵**	۴/۶	۲	ADF
۷/۱۹**	۳/۵	۲	انرژی متابولیسمی
۱/۲۳ ^{ns}	۰/۲۰۱	۲	کربن خاک

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

ns: غیر معنی دار



شکل ۲. مقایسه میانگین تولید سالانه، پروتئین، ADF و انرژی متابولیسم در شدت‌های مختلف چرای دام (اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با حروف کوچک انگلیسی نمایش داده شد)

متابولیسمی مشاهده نشد و بالاخره در منطقه چرای شدید تولید سالانه رابطه منفی و معنی‌داری با پروتئین و انرژی متابولیسمی و با ADF رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اطمینان داشت (جدول ۴). کربن خاک در منطقه قرق با تولید، پروتئین، انرژی متابولیسم رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح ۹۵٪ اطمینان داشت. اما رابطه معنی‌داری بین کربن خاک و ADF در منطقه قرق مشاهده نشد. رابطه مثبت و معنی‌داری بین کربن خاک و تولید در سطح ۹۵٪ اطمینان در منطقه چرای متوسط و شدید وجود داشت اما بین کربن خاک و ویژگی‌های تولید رابطه معنی‌داری در این دو منطقه مشاهده نشد (جدول ۴).

در منطقه قرق گیاهان چندساله ۹۰٪ و یکساله ۱۰٪ ترکیب گیاهی را شامل می‌شوند. اگر چه در منطقه چرای متوسط و شدید تولید گیاهان چندساله به ترتیب به ۶۷٪ و ۳۵٪ تنزل پیدا کرده‌اند اما تولید گیاهان یکساله به ترتیب به ۳۳٪ و ۶۵٪ افزایش یافته‌اند. تولید گراس نیز در منطقه قرق ۱۵٪ ترکیب گیاهی را شامل می‌شوند که در منطقه چرای متوسط به ۱۱٪ و چرای شدید به ۵۰٪ تغییر کرده‌است. در منطقه چرای شدید درختچه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳).

نتایج تحلیل PCA نشان داد که مجموع مولفه‌های اول و دوم به ترتیب ۷۶/۲۷٪، ۸۷/۶۹٪ و ۸۳/۶۷٪ از تغییرات تولید پوشش گیاهی در سه منطقه قرق، چرای متوسط و چرای شدید را در بر می‌گیرند (جدول ۳). همبستگی گونه‌های گیاهی با مولفه‌های اول و دوم PCA که در جدول ۳ آمده‌است بیانگر این مطلب است که *Alhagi camelorum*، *Taraxacum officinale*، *Bromus tectorum*، *Kochia prostrata* مهم‌ترین گونه‌ها در تولید منطقه چرای شدید بودند. *Astragalus microphysa*، *Artemisia aucheri*، *Scariola orientalis* و *Taraxacum officinale* از مهم‌ترین گونه‌ها در تولید منطقه چرای متوسط بودند. *Astragalus microphysa*، *Artemisia aucheri*، *Zygophyllum*، *Stipa barbata*، *Agropyron intermedium* و *eurypterum* از مهم‌ترین گونه‌ها در تولید منطقه قرق بودند (جدول ۳).

تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که در منطقه قرق تولید سالانه با مقادیر پروتئین و انرژی متابولیسمی رابطه مثبت و معنی‌داری و با ADF رابطه منفی و معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اطمینان داشت. در منطقه چرای متوسط رابطه معنی‌داری بین تولید سالانه با پروتئین، ADF و انرژی

جدول ۳. مقدار بردار ویژه مربوط به متغیرهای مهم‌ترین گونه‌های تأثیرگذار در هریک از مولفه‌های PCA برای سه منطقه قرق چرای متوسط و چرای شدید

نام گونه	قرق		چرای متوسط		چرای شدید	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
<i>Aegilops cylindrica</i> Host	-	-	۰/۱۶۹	۰/۲۳۴	۰/۱۳۷	۰/۲۳۳
<i>Agropyron intermedium</i> (Host) P. Beauv.	۰/۳۷۸	۰/۲۴۱	-	-	-	-
<i>Alhagi camelorum</i> Fisch.	۰/۱۳۸	۰/۱۳۷	۰/۱۰۵	۰/۲۱۷	۰/۴۰۵	۰/۲۱۳
<i>Alyssum bracteatum</i> Boiss. & Bushe	۰/۱۶۲	۰/۲۰۵	-	-	-	-
<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	۰/۴۳۵	۰/۲۰۵	۰/۴۶۷	۰/۱۳۸	۰/۲۱۹	۰/۱۳۷
<i>Astragalus microphysa</i> Boiss.	۰/۱۶۵	۰/۳۵۷	۰/۳۰۲	۰/۱۰۵	-	-
<i>Astragalus mucronifolius</i> Boiss.	۰/۱۷۶	۰/۱۳۷	۰/۲۳۸	۰/۲۱۱	۰/۲۱۸	۰/۱۳۷
<i>Astragalus podolobus</i> Boiss.	۰/۲۴۶	۰/۱۰۸	-	-	-	-
<i>Avena fatua</i> L.	۰/۲۴۷	۰/۱۳۷	۰/۲۰۱	۰/۱۶۶	-	-
<i>Bromus tectorum</i> L.	-	-	۰/۲۸۳	۰/۲۹۵	۰/۴۳۵	۰/۱۳۷
<i>Cousinia stocksii</i> C. Winkl.	۰/۱۶۲	۰/۱۰۶	۰/۲۴۵	۰/۱۶۲	۰/۱۳۸	۰/۱۵۶
<i>Dianthus orientalis</i> Adams	۰/۲۱۶	۰/۱۶۸	-	-	-	-
<i>Echinops pungens</i> Trautv.	۰/۲۴۶	۰/۲۱۷	۰/۱۶۵	۰/۲۰۶	-	-
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	۰/۱۳۷	۰/۱۵۶	۰/۱۷۹	۰/۱۳۷	-	-
<i>Hordeum glaucum</i> Steud.	۰/۲۱۸	۰/۱۴۵	۰/۱۲۴	۰/۱۶۲	۰/۲۰۸	۱۹۸۰
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	۰/۱۸۰	۰/۲۶۷	-	-	۰/۱۳۸	۰/۳۵۸
<i>Lathyrus annuus</i> L.	۰/۲۵۶	۰/۱۴۳	-	-	-	-
<i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Soják	۰/۱۲۳	۰/۲۱۷	۰/۴۰۱	۰/۲۳۵	-	-
<i>Stipa barbata</i> Desf.	۰/۱۳۵	۰/۳۵۸	۰/۱۳۸	۰/۱۶۴	-	-
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	۰/۲۰۹	۰/۱۳۸	۰/۲۳۷	۰/۳۴۹	۰/۱۷۷	۰/۴۱۲
<i>Tragopogon jedsianus</i> Boiss. & Buhse	۰/۲۳۵	۰/۱۰۵	-	-	-	-
<i>Ziziphora tenuior</i> L.	۰/۲۰۸	۰/۳۸۷	۰/۱۲۵	۰/۱۴۸	-	-
<i>Zygophyllum eurypterum</i> Boiss. & Buhse	۰/۴۱۲	۰/۱۳۸	۰/۱۳۷	۰/۱۴۵	-	-
مقادیر ویژه	۷/۲۱	۳/۱۴	۱۲/۴۷	۹/۷۴	۴/۲۷	۲/۱۶
درصد واریانس	۵۲/۱۳	۲۴/۴۱	۶۲/۰۵	۲۵/۶۴	۵۶/۷۹/	۲۶/۸۸

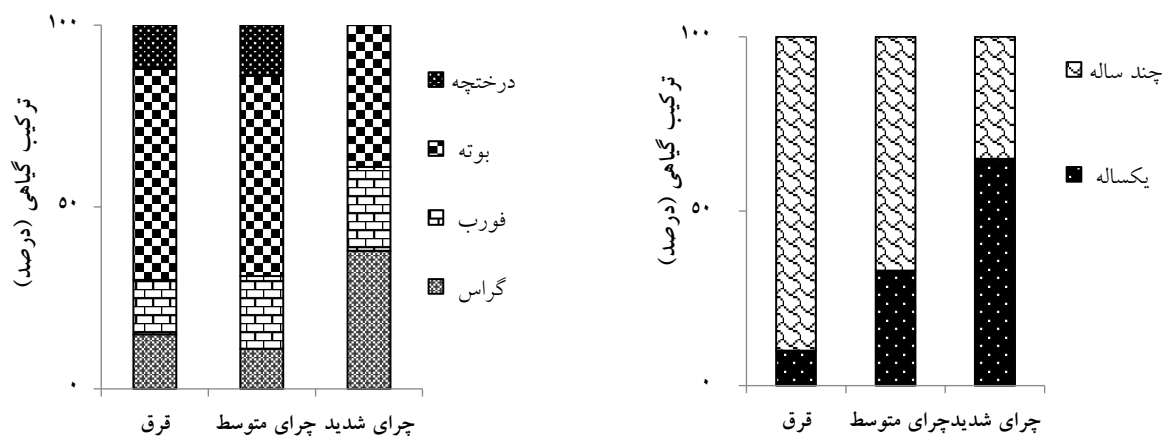
جدول ۴. رابطه همبستگی بین کربن و تولید کمی با خصوصیات کیفی تولید در مناطق مختلف چرای دام

	قرق		چرای متوسط		چرای شدید	
	تولید	کربن خاک	تولید	کربن خاک	تولید	کربن خاک
تولید	۱	۰/۴۸*	۱	۰/۴۵*	۱	۰/۴۰*
پروتئین	۰/۷۳**	۰/۴۲*	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۶۸**	۰/۱۳
انرژی متابولیسمی	۰/۸۱**	۰/۴۱*	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۴۹*	۰/۰۵
ADF	۰/۸۹**	۰/۲۰	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۶۳**	۰/۰۸

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

مهم‌ترین گونه در منطقه چرای متوسط بودند و گونه‌های *Bromus tectorum* و *Aegilops cylindrica* مهم‌ترین گونه‌ها در منطقه چرای شدید بودند (جدول ۵).

شاخص اهمیت گونه‌ها در سه منطقه مورد بررسی با استفاده از تراکم، فراوانی و پوشش گیاهی گونه‌ها برآورد شد. *Artemisia aucheri* و *Astragalus microphysa* مهم‌ترین گونه‌های منطقه قرق بودند. *Artemisia aucheri*



شکل ۳. ترکیب گیاهی در سه منطقه قرق، چرای متوسط و چرای شدید

جدول ۵. شاخص اهمیت گونه‌ها در سه منطقه قرق، چرای متوسط و چرای شدید

نام گونه	قرق	چرای متوسط	چرای شدید
<i>Aegilops cylindrica</i> Host	۰	۰/۰۵۶	۰/۲۶۴
<i>Agropyron intermedium</i> (Host) P. Beauv.	۰/۰۵۸	۰	۰
<i>Alhagi camelorum</i> Fisch.	۰/۰۱۲	۰/۰۷۰	۰/۱۶۵
<i>Alyssum bracteatum</i> Boiss. & Bushe	۰/۰۱۳	۰	۰
<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	۰/۱۵۸	۰/۲۷۵	۰/۰۶۹
<i>Astragalus microphysa</i> Boiss.	۰/۱۲۰	۰/۰۶۷	۰
<i>Astragalus mucronifolius</i> Boiss.	۰/۰۵۷	۰/۰۲۳	۰/۰۱۲
<i>Astragalus podolobus</i> Boiss.	۰/۰۳۴	۰	۰
<i>Avena fatua</i> L.	۰/۰۵۶	۰/۰۲۳	۰
<i>Bromus tectorum</i> L.	۰	۰/۰۲۹	۰/۳۵۸
<i>Cousinia stocksii</i> C. Winkl.	۰/۰۲۳	۰/۰۴۶	۰/۰۶۶
<i>Dianthus orientalis</i> Adams	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰
<i>Echinops pungens</i> Trautv.	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	۰/۰۱۰	۰/۰۵۹	۰
<i>Hordeum glaucum</i> Steud.	۰/۰۱۳	۰/۰۵۲	۰/۰۱۲
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	۰/۰۱۸	۰	۰/۰۳۳
<i>Lathyrus annuus</i> L.	۰/۰۶۷	۰	۰
<i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Soják	۰/۰۱۲	۰/۰۸۵	۰
<i>Stipa barbata</i> Desf.	۰/۰۷۹	۰/۰۶۷	۰
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	۰/۰۶۴	۰/۰۵۶	۰/۰۲۱
<i>Tragopogon jesdianus</i> Boiss. & Buhse	۰/۰۷۸	۰	۰
<i>Ziziphora tenuior</i> L.	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰
<i>Zygophyllum eurypterum</i> Boiss. & Buhse	۰/۰۸۸	۰/۰۵۰	۰

■ بحث و نتیجه‌گیری

تغییر کمیت و کیفیت تولید مراتع ناشی از چرای دام به شدت رفاه دینفعان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شناخت ارتباط بین تولید گیاهان با ویژگی‌های خاک در پایداری بوم‌نظام‌ها ضروری است. با توجه به اینکه بیشتر تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مراتع بیشتر بر تولید علوفه تأکید دارند؛ ممکن است دیگر کارکردهای بوم‌نظام مرتعی دیده نشوند. پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات کمیت و کیفیت تولید مراتع زیر چرای دام بر کربن خاک بوته‌زارهای نیمه خشک انجام شد. پژوهش حاضر نشان داد که کمیت و کیفیت علوفه در منطقه‌های زیر چرای دام کاهش یافته است. نتایج برخی محققان (۵۹، ۶۲) نیز دال بر کاهش تولید مراتع با افزایش شدت چرای دام است. قطع گیاهان توسط چرای دام با کاهش سطح برگ‌های فتوسنتزکننده، کربوهیدرات‌های ذخیره، شاخه‌های گلدار و تولید گونه‌های گیاهی را زیر تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). چرای دام با کاهش زی‌توده هوایی و زیرزمینی گونه‌های بومی موجب کاهش رشد گیاهان می‌شود (۵۱). به‌ویژه در شدت چرای زیاد کاهش تولید کاملاً مشخص است زیرا با افزایش چرای دام رشد گونه درمنه به عنوان گونه‌های غالب منطقه نیز به شدت کاهش یافته و تولید منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. نتایج گذشته همچنین نشان دادند که کاهش زی‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه درمنه با شدت چرا و حجم برداشت از اندام‌های گونه درمنه ارتباط مستقیم دارد و رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی در منطقه‌های با چرای سنگین در مقایسه با منطقه‌های زیر چرای متوسط به شدت محدود شده است (۲۵). اگر چه نتایجی بیانگر تأثیر مثبت چرای دام بر تولید مراتع نیز وجود دارد (۴۵). در چرای متعادل مقدار تولید با رشد مجدد گیاهان ارتقاء می‌یابد و با کاهش نسبت قسمت‌های مرده به زنده گیاهان موجب افزایش کیفیت تولید در مراتع می‌شود (۴۴). اما منطقه مورد مطالعه سابقه طولانی چرای دام دارد که به شدت ترکیب گیاهی تغییر کرده است. ۲۶٪ گونه‌های منطقه قرق از ترکیب گیاهی منطقه چرای متوسط حذف شده‌اند که اغلب گونه‌های خوشخوراک دام هستند.

اگر چه قرق مقدار کربن آلی خاک را افزایش داده اما مقدار کربن در قرق و خارج قرق اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج بدست آمده با نتایج دیگران (۳۶) منطبق است. نتایج بررسی‌های گذشته همچنین نشان دادند که در مناطق استپی عکس‌العمل کربن خاک نسبت به مدیریت بسیار کمتر از تولید گیاهان است (۱۹). ارتقا کربن خاک در منطقه قرق به عوامل زیادی مانند کیفیت لاشبرگ، سرعت تجزیه لاشبرگ و آب و هوا بستگی دارد (۴۱، ۵۴). به همین دلیل اگر چه کمیت و کیفیت تولید در منطقه قرق نسبت به منطقه چرا افزایش قابل توجهی داشته‌اند اما در منطقه قرق تغییرات معنی‌داری برای کربن خاک مشاهده نشد. نتایج مطالعه دیگری (۴۴) نشان داد که قرق نتوانسته است کربن خاک را ارتقا دهد اگر چه ترکیب گیاهی را تغییر داده است و میزان تولید افزایش یافته است. دلیل دیگر عدم تأثیر قرق بر کربن خاک مدت زمان کم قرق است. زیرا نتایج نشان داده است که در منطقه قرق ارتقا ذخایر عناصر غذایی خاک مانند کربن نیاز به مدت زمان زیادی دارند (۳۴) و با افزایش زمان قرق کربن آلی خاک نیز بهبود می‌یابد (۲۴). بنابراین قرق ۳۰ ساله منطقه نتوانسته است تأثیری بر کربن خاک منطقه داشته باشد. از طرفی دیگر چرای دام از طریق افزایش فضولات دامی، باعث افزایش تجزیه و گردش سریع کربن خاک می‌شود (۲۶).

به دلیل حضور گونه‌های خوشخوراک، رابطه بین تولید کمی و کیفی سالانه در منطقه قرق مثبت بود. اگر چه گونه *Artemisia aucheri* در منطقه چرای متوسط هنوز گونه غالب است اما با کاهش گونه‌های خوشخوراک در منطقه با شدت چرای متوسط رابطه معنی‌داری بین کمیت و کیفیت تولید مشاهده نشد. اما با توسعه گونه‌های غیر خوشخوراک در منطقه چرای شدید رابطه معنی‌دار و معکوس بین کمیت و کیفیت تولید سالانه مشاهده شد. رابطه بین کربن خاک و تولید کمی و کیفی در منطقه قرق رابطه مثبت و معنی‌دار بود. ارتباط متقابل کربن و تولید در مطالعات گذشته گزارش شده است. محققان (۲۳) نشان دادند که با افزایش کربن خاک تولید در گراسلندهای جنوب غربی فرانسه افزایش یافته است. از طرفی دیگر تولید یکی از مولفه‌های مهم چرخه کربن معرفی شده است (۳۱). البته با تغییر ترکیب

یافته‌اند. بطوریکه درختچه‌ها در این منطقه مشاهده نشدند. برخی محققان همچنین گزارش دادند که چرای دام موجب کاهش گیاهان چوبی در مراتع می‌شود (۸).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نازک‌برگ‌ها به ویژه یکساله‌ها در منطقه چرای شدید، افزایش یافته‌اند. که با دیگر نتایج (۳۴) منطبق است. با کاهش گیاهان چندساله، فضا برای گسترش گیاهان یکساله به‌ویژه نازک‌برگ‌های یکساله در منطقه چرای شدید فراهم شده است. گونه‌های نازک‌برگ یکساله به دلیل اینکه منابع خود را بیشتر به تولید بذر اختصاص می‌دهند، در محیط پراکنش پیدا می‌کنند (۷). بطوریکه گونه *Bromus tectorum* بیشترین مقدار تولید را در منطقه چرای شدید به خود اختصاص داده است. نتایج دیگران (۲۱) نیز نشان دهنده توسعه نازک‌برگ‌های یکساله در مراتع با شدت چرای زیاد است. با توجه به اینکه گونه *Bromus tectorum* ارزش غذایی بسیار پایینی دارد، در منطقه چرای شدید بین تولید کمی و کیفی رابطه عکس وجود داشت. نتایج بدست آمده قبلی (۵۷) مویید این نتایج است. منطقه چرای شدید از نظر پروتئین خام علوفه، از کیفیت پایینی برخوردار است. دام برای حفظ رشد و تولید مثل به پروتئین نیاز دارد. کمبود پروتئین منجر به کاهش اشتها، کاهش خوراک دام و در نتیجه کاهش آهسته وزن دام‌ها می‌شود (۵). از آنجا که تغییر ترکیب گیاهی تأثیر زیادی بر کربن خاک نداشته است، مدیریت دام می‌تواند به ارتقا ترکیب گیاهی و بهبود تولید علوفه در این منطقه کمک کند. بطور کلی در بوته‌زارهای منطقه نیمه‌خشک، کربن خاک نسبت به تولید از ثبات بیشتری در مقابل مدیریت چرا برخوردار است. اگر چه تولید گونه‌های غالب در منطقه چرای شدید به شدت کاهش یافته‌اند، توسعه نازک‌برگ‌های غیر خوشخواراک یکساله توانسته تا حدودی کاهش تولید را در منطقه چرای شدید را جبران کنند. این در حالی است که، شدت تغییر کیفیت تولید در منطقه زیر چرا به دلیل این تغییر ترکیب گیاهی، زیاد بود. کمیت تولید نسبت به کیفیت تولید رابطه بهتری با کربن خاک دارد که شدت تغییرات آن نسبت به مدیریت چرا بسیار کم است. بطور کلی، تولید سالانه و کیفیت تولید شاخص‌های مناسبی برای پیش‌بینی شدت تغییرات کربن خاک تحت عملیات مدیریتی نیستند، زیرا

گیاهی در منطقه چرا، رابطه معنی‌داری بین کیفیت تولید و کربن خاک مشاهده نشد. زیرا کیفیت تولید و کربن خاک عکس‌العمل بسیار متفاوتی به چرای دام نشان داده‌اند. در منطقه چرا فورب‌های خوشخواراک از ترکیب گیاهی حذف شده‌اند و کیفیت تولید را به شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند، اما تأثیر زیادی بر کربن خاک نداشتند.

چرای دام سبب تغییر ترکیب گیاهی مراتع در خارج قرق شده است. در منطقه تحت چرا تولید گونه‌های فورب خوشخواراک مانند *Tragopogon jesdianus* و *Lathyrus annuus* L. مشاهده نشد و گونه‌های نازک‌برگ دائمی به شدت کاهش یافته‌اند. *Lathyrus annuus* از خانواده بقولات است حاوی مقادیر کمتری از فیبر و درصد پروتئین بالاتر در مقایسه با گندمیان است (۲۸). حساسیت بیشتری را در برابر چرای دام دارد. برخی مطالعات (۳۰) حاکی از ناپدید شدن گونه‌های لگوم بوم‌نظام‌های مرتعی نیمه‌خشک تحت چرای دام است. برخی محققان (۱۶ و ۴۸) نشان دادند که چرای دام سبب کاهش گونه‌های نازک‌برگ دائمی شده است. البته مقدار تولید فورب‌ها در منطقه چرای متوسط تغییر زیادی نکرده است. چرای دام ممکن است سبب افزایش فورب‌ها شود (۳). شدت تغییرات ترکیب گیاهی در منطقه چرای شدید بسیار بیشتر از چرای متوسط است. چرای دام‌ها معمولاً در مدت زمان کوتاه تأثیر زیادی روی ترکیب پوشش گیاهی ندارند. مگر اینکه آنقدر گسترده باشد که گونه‌های گیاهی نتوانند انرژی کافی را ذخیره کنند یا توانایی رقابتی خود را در بوم‌نظام از دست بدهند (۱۳). بطوریکه بوم‌نظام مرتعی مدت زمان زیادی برای بازسازی پوشش گیاهی را نیاز داشته باشد (۹). تعداد زیادی از مطالعات نشان دهنده تأثیر زیاد چرای شدید بر ترکیب گیاهی هستند (۳، ۱۶، ۲۹، ۳۰، ۴۸). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که چرای بزها در منطقه موجب حذف فورب‌ها و نازک‌برگ‌ها از منطقه تحت چرا شده‌اند که مطابق با نتایج دیگران (۱۶) است که گزارش دادند بزها فورب‌ها را بیشتر از دیگر گونه‌های گیاهی استفاده می‌کنند. اگرچه اکثر مطالعات نشان می‌دهد که بز گونه‌های درختچه‌ای را ترجیح می‌دهد و وقت بیشتری را صرف چرا می‌کنند (۱). البته در منطقه مورد بررسی گیاهان چندساله به ویژه گیاهان چوبی در چرای شدید به شدت کاهش

■ سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند، اعلام کنند.

این متغیرها عکس‌العمل متفاوتی نسبت به مدیریت چرا نشان دادند. با توجه به تأثیر مدیریت چرا بر دیگر کارکردهای بوم‌نظامی، به منظور مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های مرتعی، پیشنهاد می‌شود ارتباط کمی و کیفی تولید با دیگر کارکردهای بوم‌نظام‌های مرتعی بررسی شود.

■ References

1. Abaye, A.O., Webb, D.M., Zipper, C., & Luginbuhl, J. (2011). *Managing shrub-infested, postmined pasturelands with Goats and cattle part II. Effects on forage biomass, nutritive values and animal performance*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
2. Abdi, N., Maddah Arefi, H., & Zahedi Amiri, Gh. (2008). Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 15(2), 269-282. [In Persian]
3. Aldezabal, A., Saitua, L.M., Odriozola, I., & Mijangos, I. (2015). Impact of grazing abandonment on plant and soil microbial communities in an Atlantic mountain grassland. *Applied Soil Ecology*, 96, 251-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.013>
4. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg, MD, USA.
5. Arzani, H., Tarnian, F., Motamedi, J., & Khodaghohi, M. (2014). Investigation on forage quality of range species in steppe rangelands of Maime, Isfahan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(2), 198-207. [In Persian]
6. Bahrami, B., Erfanzadeh, R., & Motamedi, J. (2013). Effect of slope and vegetation on carbon sequestration in a semi-dry rangeland of western Iran, case study: Khanghah Sorkh, Urmia. *Journal of Water and Soil*, 27(4), 703-711. DOI: <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.28088> [In Persian]
7. Bassel, G.W., Fung, P., Chow, T.F., Foong, J.A., & Provartand Cutler, S.R. (2008). Elucidating the germination ranscriptional program using small molecules. *Plant Physiology*, 147(1), 143-155. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.107.110841>
8. Bernués, A., Riedel, J.L., Asensio, M. A., & Blanco, M. (2005). An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, 96(1), 75-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.05.023>
9. Briske, D.D., Derner, J.R., Brown, S.D., Fuhlendorf, W.R., & Teague, K.M. (2008). Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental Evidence. *Rangeland Ecology and Management*, 61(1), 3-17. DOI: <https://doi.org/10.2111/06-159R.1>
10. Buwai, M., & Trlica, M.J. (1977). Multiple defoliation effects on herbage yield, vigor, and total nonstructural carbohydrates of five range species. *Journal of Range management*, 30, 164-171. DOI: <https://doi.org/10.2307/3897460>

11. Coulloudon, B., Eshelman, K., Gianola, J., Habich, N., Hughes, L., Johnson, C., Pellant, M., Podborny, P., Rasmussen, A., Robles, B., & Shaver, P. (1999). *Sampling vegetation attributes, technical reference 1734-4*. US Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service, Grazing Land Technology Institute.
12. Dormar, J.F., Smoliak, S., & Willms, W.D., (1989). Vegetation and soil responses to short- duration grazing on Fescue Grassland. *Journal of Range Management*, 42(3), 252-256. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3899484>
13. Duniway, M.C., & Herrick, J.F. (2013). Assessing impacts of roads: application of a standard assessment protocol. *Rangeland Ecology & Management*, 66(3), 364-375. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00130.1>
14. FAO. (2010). *Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
15. Foroughbakhch, R., Hernandez-Piñero, J., Carrillo-Parra, A., & Rocha-Estrada, A. (2013). Composition and animal preference for plants used for goat feeding in semiarid Northeastern Mexico. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(4), 1034-1040. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/javaa.2012.1299.1305>
16. Fynn, A. J., Alvarez, P., Brown, J.R., George, M.R., Kustin, S., Laca, E.A., Oldfield, J.T., Schohr, T., Neely, C.L., Wong, C.P. (2010). *Soil carbon sequestration in United States rangelands*. Eds: Abberton M., Conant R., & Batello C. Grassland carbon sequestration: management, policy. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
17. Gavili Kilaneh, E., & Vahabi, M.R. (2012). The effect of some soil characteristics on range vegetation distribution in central Zagros, Iran. *Journal of Water and Soil Science*, 16(59), 245-258. [In Persian]
18. Golluscio, R.A., Austin, A.T., García Martínez, G., Gonzalez-Polo, M., Sala, O.E., & Jackson, R.B. (2009). Sheep grazing decreases organic carbon and nitrogen pools in the Patagonian steppe: combination of direct and indirect effects. *Ecosystems*, 12(4), 686–697. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-009-9252-6>
19. Heydari, G. A., Saeidi, G. H. (2014) Compare of Changes diversity and richness of plant species and plant forms in three utilization sites (Case study: southern slopes of Damavand mountain Summer Rangeland). *Range and Watershed management*, 66(4), 535-547. DOI: <https://doi.org/10.22059/jrwm.2014.50029> [In Persian]
20. Hillenbrand, M., Thompson, R., Wang, F., Apfelbaum, S., & Teague, R. (2019). Impacts of holistic planned grazing with bison compared to continuous grazing with cattle in South Dakota short grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 279, 156–168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.005>
21. Hobbs, N.T. (1996). Modification of ecosystems by ungulates. *Journal of Wildlife Management*, 60(4), 695-713. DOI: <https://doi.org/10.2307/3802368>
22. Hu, T., & Chabbi, A. (2022). Grassland management and integration during crop rotation impact soil carbon changes and grass-crop production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 324(1), 107703. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107703>

23. Jeddi, K., & Chaieb, M. (2010). Changes in soil properties and vegetation following livestock grazing exclusion in degraded arid environments of South Tunisia. *Flora*, 205(3), 184–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.03.002>
24. Joneydi Jafari, H., Azarnivand H., Zare CHahoki, M.A., & Jafari, M. (2013). Study of aboveground and belowground biomass of *Artemisia sieberi* shrublands with different grazing intensities in Semnan province. *Pajouhesh- Va- Sazandegi*, 99, 33-41. [In Persian]
25. Kohandel, A., Arzani, H., & Tavasol, M.H. (2009). Effect of different grazing in intensities on nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter in stepi Savojbolagh rangelands. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 3(6), 59-65. [In Persian]
26. Kohestani, N., Rastgar, Sh., Heydari, G., Shetaee Jouibary, S., & Amirnejad, H. (2021). Monitoring the spatial distribution of soil carbon sequestration for four decades based on changes in rangeland vegetation conditions (Case study: Noorrud watershed in Mazandaran province). *Journal of Rangeland*, 15(4), 344-356. [In Persian]
27. Lee, M.A. (2018). A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research*, 131, 641–654. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y>
28. Li, W., Liu, Y., Wang, J., Shi, S., & Cao, W. (2018). Six years of grazing exclusion is the optimum duration in the alpine meadow-steppe of the north-eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Scientific Reports*, 8(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35273-y>
29. Louhaichi, M., Salkini, A.K., Petersen, S.L. (2009). Effect of small ruminant grazing on the plant community characteristics of semiarid Mediterranean ecosystems. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 681–689.
30. Ma, W.H., Fang, J.Y., Yang, Y.H., & Mohammat, A. (2010). Biomass carbon stocks and their changes in northern China's grasslands during 1982-2006. *Journal of Science China Life Sciences*, 53(7), 841-850. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11427-010-4020-6>
31. MacDicken, K.G. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program.
32. Mandal, G., & Josh, Sh.P. (2014). Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7(3), 292-304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.japb.2014.07.006>
33. Medina-Rold, E., Paz-Ferreiro, J., & Bardgett, R.D. (2012). Grazing exclusion affects soil and plant communities, but has no impact on soil carbon storage in an upland grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149, 118–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.12.012>
34. Mesdaghi, M. (2021). *Statistical methods an applied approach to natural sciences*. Ferdowsi University Mashhad Press. Iran. [In Persian]
35. Mirzaali, E., Erfanzadeh, R., & Mesdaghi, M. (2006). The study of effects of exclosure on vegetation and soil surface in saline ranges of Gomishan, Golestan province. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 13(2), 194-201. [In Persian]

36. Mohamadi, A.M., Mousavi, S.A., Kiani, Gh., & Soltani Koupaei, S. (2022). The rangeland users' willingness to be paid for reduction of grazing pressure in Bardeh and Karsanak Rangelands. *Journal of Rangeland*, 16(1), 158-173. [In Persian]
37. Mohebbali, A., Erfanzadeh, R., & Jafari, M. (2021). Different effects of woody species with different crown structure on some of the most important qualitative characteristics of soil (Case study: rangelands of Haluposhteh, Baladeh Noor, Mazandaran province). *Journal of Rangeland*, 15(1), 110-122. [In Persian]
38. Nelson, D.W., & Sommers, L.E. (1982). *Total carbon, organic carbon, organic matter*. In: Page, A.L., Miller, R.H., Kenney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd Edition. Agronomy Monograph 9*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 539-580.
39. Nikan, M., Ejtehadi, H., Farzam, M., Memariani, F., Hasanpour, H., & Noadoost, F. (2012). Floristic composition and plant diversity under different grazing intensities: case study semi steppe rangeland, Baharkish, Quchan. *Iranian Journal Range and Desert Resources*, 19(2), 306-320. [In Persian]
40. Niknahad Gharmakher, H., Jafari footami, I., & Sheidai Karkaj, E. (2014). Effect of enclosure restoration practices on physical and chemical soil properties in Arid Region of Maraveh Tapeh, Golestan Province. *Applied soil*, 1(2), 114-124. [In Persian]
41. Nikoo, Sh., & Rahimi Dehcheraghi, M. (2016). Effects of various grazing intensities on quantitative and qualitative forage characteristics of *Artemisia Sieberi* (Case study: Ghoshe and Lookeh In Semnan province). *Rangeland*, 10(3), 282-290. [In Persian]
42. Oddy, V.H., Robards, G.E., & Low, S.G. (1983). *Prediction of In-vivo Dry Matter Digestibility from the Fiber and Nitrogen Content of a Feed, In Feed Information and Animal Production*. Eds Roberds G.E. and Packham R.G. Commonw Ealth Agriculture Bureaux. Australia, PP 395-398.
43. Oñatibia, G., Aguiar, M.R., & Semmartin, M. (2015). Are there any trade-offs between forage provision and the ecosystem service of C and N storage in arid rangelands? *Ecological Engineering*, 77(1), 26-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.009>
44. Oñatibia, G.R., & Aguiar, M.R. (2019). Grasses and grazers in arid rangelands: Impact of sheep management on forage and non-forage grass populations. *Journal of Environmental Management*, 235(1), 42-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.037>
45. Pearson, K. (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 2(11), 559-572. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
46. Pfeiffer, M., Langan, L., Linstädter, A., Martens, C., Gaillard, C., Ruppert, J.C., Higgins, S.I., Mudongo, E.I., & Scheiter, S. (2019). Grazing and aridity reduce perennial grass abundance in semi-arid rangelands Insights from a trait-based dynamic vegetation model. *Ecological Modelling*, 395(1), 11-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.12.013>
47. Pichand, M., & Amiri, S. (2021). Investigating the effects of range management plans on condition, production and rangeland's trend of rudan and hajiaba cities, Hormozgan province, Iran. *Journal of Rangeland*, 15(1), 134-145 [In Persian]

48. Pournemati, A., & Ghornani, A. (2022). The impact of temperature and rainfall fluctuations on aboveground net primary production of rangeland plants of Sabalan. *Journal of Rangeland*, 15(4), 573-588. [In Persian]
49. Pringle, M.J., Allen, D.E., Dalal, R.C., Payne, J.E., Mayer, D.G., O'Reagain P., & Marchant, B.P. (2011). Soil carbon stock in the tropical rangelands of Australia: Effects of soil type and grazing pressure, and determination of sampling requirement. *Geoderma*, 167-68, 261-273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.001>
50. Rashvand, S., Safari, H., & Ashouri sanjabi, P. (2012). Sustainability of forage production of some rangeland species using univariate method in mountainous rangelands of Middle Alborz, Qazvin province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(2), 355-365. [In Persian]
51. Raufirad, V., Ebrahimi, A. Davarzani, H., & ShojaeiAsadeiye, Z. (2013). Investigation on relationship between platability and forage quality in some of rangeland (case study: Karsanak rangelands of chaharmahal-Va-Bakhtiari province). *Journal of Range and Watershed Management*, 66(1), 111-120. DOI: <https://doi.org/10.22059/jrwm.2013.35332> [In Persian]
52. Schuman, G.E., Janzen, H.H., & Herrick, J.E. (2002). Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental pollution*, 116(3), 391-396. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00215-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00215-9)
53. Seneviratne, G. (2000). Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: A synthesis. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 60- 64. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003740050624>
54. Shakeri, P., Fazaeli, H., Pourmirzaee, A., & Mostafavi, S.H. (2019). Investigation on forage quality of four range species of compositae family (A case study in rangelands of Baft in Kerman province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(4), 735-747. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.118473> [In Persian]
55. Shokrollahi, SH., Moradi, H.R., & Dianati Tilaki, Gh.A. (2012). Effects of soil properties and physiographic factors on vegetation cover (Case study: Polur Summer Rangelands). *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 19, 668-655 [In Persian].
56. Tahmasebi, P., Manafian, N., Ebrahimi, A., Omidipour, R., & Faal, M. (2020). Managing grazing intensity linked to forage quantity and quality trade-off in Semiarid Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 73(1), 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.08.011>
57. Tarhouni, M., Ben Salem, F., Ouled Belgacem, A., & Neffati, M. (2010). Acceptability of plant species along grazing gradients around watering points in Tunisian arid zone. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(7), 454-461. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.020>
58. Thapa, Sh.K., Kumar, Sh., de Jong, J.E., Subedi, N., Hof, R., Corradini, G., Basnet, S., & Prins, H.H.T. (2021). Forage quality in grazing lawns and tall grasslands in the subtropical region of Nepal and implications for wild herbivores. *Global Ecology and Conservation*, 30, e01747. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01747>

59. Wang, G., Mao, J., Fan, L., Ma, X., & Li, Y. (2022). Effects of climate and grazing on the soil organic carbon dynamics of the grasslands in Northern Xinjiang during the past twenty years. *Global Ecology and Conservation*, 34, e02039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02039>
60. Wang, K., Deng, L., Ren, Z., Li, J., & Shangguan, Z. (2016). Grazing exclusion significantly improves grassland ecosystem C and N pools in a desert steppe of Northwest China. *Catena*, 137, 441-448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.10.018>
61. Yan, L., Zhou, G., & Zhang, F. (2013). Effects of different grazing intensities on grassland production in China: A Meta-Analysis. *PloS one*, 8(12), e81466. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081466>
62. Yujie, L., Wenchao, Y., Hui, W., Xin, L., Gang, L., Jianning, Zh., & Dianlin, Y. (2014). Effects of rest grazing on organic carbon storage in *Stipa Baicalensis* steppe in Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 170–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.11.010>
63. Zare Chahouki, M.A., Mashgholi, M., & Jafari, H. (2016). Classification of vegetation cover related to environmental factors (Case study: Gharabagh Rangelands of Azarbaijan province). *Journal of Plant Research*, 28, 995-1005. [In Persian]

Study of The Relation Between the Status of The Isin Bandar Abbas Plain Aquifer and Land Use Changes

M. Salehi¹, R. Mahdavi Najafabadi^{2*}, M. Rezai³, A. R. Nafarzadegan⁴, M. Ghorbani⁵

1. Ph.D. student of Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran.
4. Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran.
5. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

* Corresponding Author: ra_Mahdavi2000@hormozgan.ac.ir

Received date: 27/02/2023

Accepted date: 13/05/2023

 [10.22034/JDMAL.2023.1990499.1409](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1990499.1409)

Extended Abstract

Introduction

Groundwater is among the most precious natural resources for human health, economic development and environmental diversity. Since the measurement of groundwater parameters and water quality is difficult, costly and far from being available, interpolation techniques are an easy solution. At the same time, there is a strong correlation between groundwater quality and land use in areas with sensitive aquifers. Changes in land use caused by factors such as rapid growth and expansion of urban centers, rapid population growth, and the lack of land, the need for increased production and the evolution of technologies are important concerns. The literature review shows that the quantitative and qualitative decline in groundwater is a global crisis. As a result, the factors affecting the quantitative and qualitative decline in groundwater range from climate factors to socio-economic factors. In the current research, find an answer to the poor condition of the Isin Plain aquifer by looking at the relationship between some hydrological factors and changes in cultivation pattern of the region is the main goal. For this purpose, the water table and EC of groundwater were interpolated using geostatistical methods. Using satellite imagery, the trend of culture pattern changes over time was obtained. Finally, the relation between the factors on the Isin plain was established.

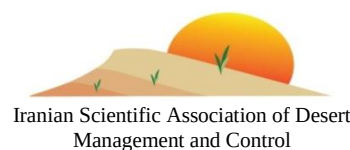
Material and Methods

For this purpose, the quantity and quality of groundwater in eastern and western Isin plains were interpolated using the Kriging and IDW methods, during the four statistical years of 2004, 2011, 2018, and 2021 and the time series of 2004-2021. The RMSE statistic was used to evaluate the performance of the methods. Then, satellite images and ground truth data was used for land use change classes to investigate the land use changes during the cropping season, along with the determination of changes in the quantity and quality of groundwater in the eastern and western Isin plains for the mentioned years. Satellite data including Landsat 5 multi-temporal satellite images in 2004, 2011, and 2018 and Landsat 8 and Sentinel 2 images for February 2021 were obtained from the USGS. Following preparation of the related images using the flash module,



Desert Management

www.isadmc.ir



atmospheric and radiometric corrections were performed. Then, the corrections information was extracted into the text file appended to each image. With field survey, the coordinates of the representative pixels were determined and seven land use classes of gardens, vegetables, bare lands, residential and industrial areas, saline lands, and *Prosopis Cineraria* and *Juliflora species* were determined. The maximum likelihood classification method was used to separate seven main land use classes based on 127 training samples. For the purpose of assessing accuracy, an error matrix was created for the producer's accuracy, the user's accuracy, the overall accuracy, and the kappa coefficient calculation. Finally, to examine the relationship, the land use map and the groundwater and EC interpolation maps were overlapped into the Arc Map software environment.

Results and Discussion

By comparing the interpolation methods of IDW and Kriging with the RMSE validation technique, it was found that the best interpolation method for estimating water table and EC is Kriging, followed by the IDW method. A review of the land use maps of the Eastern and Western Plains of Isin showed the increase and decrease of different land use categories over the years under study. The overall accuracy and Kappa coefficient were over 82% and 0.79, indicating the acceptable accuracy of the classification and maps obtained. The results of overlapping land use maps and spatial changes in ground water indicate that the location of agricultural land, especially gardens in the eastern Isin plain and vegetables in the western Isin plain, is compatible with the areas of having low water table. The results of overlapping the land use map obtained from Landsat 8 data and EC spatial changes showed the highest amount of EC in can be observed in *Prosopis Cineraria* and *Juliflora species* and residential and industrial uses in eastern and western Isin plain. The results obtained from Sentinel2 indicate that the value of EC was significant in the bare lands of eastern Isin and in the saline lands of western Isin. However, the increase in agricultural use, especially for gardens and vegetables, and the pairing with areas with the lowest water table indicates an over-extraction of groundwater for agricultural purposes. On the other hand, the significant extent of bare lands and the upward trend of saline lands, residential and industrial areas, and matching with areas with high EC and the adaptation of maximum EC with *Prosopis Cineraria* and *Juliflora species* uses may be a warning for poor condition of the Isin plain aquifer.

Keywords: Water table; Electrical Conductivity; Landsat; Sentinel2; Maximum likelihood algorithm; Interpolation





بررسی ارتباط وضعیت آبخوان دشت ایسین بندرعباس با تغییرات کاربری اراضی

مهتاب صالحی^۱، رسول مهدوی نجفآبادی^{۲*}، مرضیه رضایی^۳، علیرضا نفرزادگان^۴، مهدی قربانی^۵

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۲. دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۳. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۴. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۵. دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: ra_mahdavi2000@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

doi [10.22034/JDMAL.2023.1990499.1409](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1990499.1409)

چکیده

تغییر نوع استفاده از زمین از موضوع‌های اساسی سیاست‌های حفاظت از منابع آبی است. هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط وضعیت کمی و کیفی آبخوان دشت ایسین با روند تغییرات الگوی کشت طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۲ است. به منظور بررسی وضعیت آبخوان اقدام به درون‌یابی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی برای شناسایی مناطق با کمینه افت سطح ایستابی و بیشینه هدایت الکتریکی گردید. همگام با درون‌یابی، از الگوریتم طبقه‌بندی بیشینه احتمال نظارت‌شده و داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی لندست ۸-۵ و سنتینل ۲ در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۹ برای تحلیل رقومی و نمایش نوع استفاده از زمین استفاده شد. نتایج بیانگر هم‌خوانی بیشینه میانگین کاهش سطح ایستابی به مقدار ۱۸/۵۳m - سنتینل ۲، ۱۷/۱۵m - لندست ۸ با موقعیت مکانی کاربری کشاورزی بخصوص باغ‌ها و کاربری زمین‌های شور در دشت ایسین شرقی بود و در دشت ایسین غربی بیشینه میانگین کاهش سطح ایستابی به مقدار ۲۵/۶۷m - سنتینل ۲، ۲۵/۶۲m - لندست ۸ با کاربری سبزیجات انطباق داشت. نتایج برآمده از داده‌های لندست ۸ و تغییرات مکانی هدایت الکتریکی بیانگر این بود که در دشت ایسین شرقی بیشترین میانگین هدایت الکتریکی به مقدار ۴۶۱۰ $\mu\text{S}/\text{cm}$ در کاربری *Prosopis Cineraria* and *Juliflora* و در دشت ایسین غربی بیشترین میانگین هدایت الکتریکی به مقدار ۵۱۵۱/۱۵ $\mu\text{S}/\text{cm}$ در کاربری نواحی مسکونی و صنعتی وجود داشت. همچنین در داده‌های حاصل از سنتینل ۲ میانگین هدایت الکتریکی در کاربری زمین‌های بایر - ایسین شرقی به مقدار ۴۴۷۵/۲۲ $\mu\text{S}/\text{cm}$ و در کاربری زمین‌های شور - ایسین غربی به مقدار ۵۱۵۵/۶۱ $\mu\text{S}/\text{cm}$ چشمگیر است. بنابراین افزایش وسعت کاربری کشاورزی بخصوص باغ‌ها و سبزیجات و هم‌خوانی با پهنه‌هایی با بیشینه افت سطح ایستابی نشان‌دهنده استخراج بی‌رویه آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی است. از طرفی وسعت قابل توجه زمین‌های بایر و روند افزایشی زمین‌های شور و نواحی مسکونی و صنعتی و هم‌خوانی با پهنه‌هایی با هدایت الکتریکی بالا و انطباق میانگین بیشینه هدایت الکتریکی با کاربری گونه‌های *Prosopis Cineraria* and *Juliflora* می‌تواند هشدار برای وضعیت نامناسب آبخوان دشت ایسین باشد.

واژگان کلیدی: سطح ایستابی؛ هدایت الکتریکی؛ لندست؛ سنتینل ۲؛ الگوریتم بیشینه احتمال؛ درون‌یابی



■ مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از ارزش‌ترین منابع طبیعی است که از سلامت انسان، توسعه اقتصادی و تنوع زیست‌محیطی حمایت می‌کند (۹). توسعه مصرف آب در دهه‌های گذشته تأثیرات زیادی بر سامانه‌های هیدرولوژیک در مقیاس حوضه داشته است و تأثیرهای منفی ناشی از آن شامل تخلیه آبخوان، توقف جریان پایه، خشک شدن تالاب‌ها، تخریب بوم‌نظام‌های ساحلی و کیفیت آب، فرونشست زمین و ترک‌های ناشی از آن می‌باشد (۲۲).

تهیه نقشه‌های تراز سطح آب می‌تواند کمک زیادی به تخمین و پیش‌بینی تغییرات آبخوان کند. از آنجایی که اندازه‌گیری تراز آب بسیار دشوار و پرهزینه است، بنابراین از نقشه‌های تراز سطح آب استفاده می‌شود. با استفاده از روش‌های میان‌یابی، نقشه‌های پیوسته و یکپارچه ایجاد شده و مقادیر مجهول پیش‌بینی می‌شوند. فرآیند تخمین مقادیر نقاط فاقد داده با کمک نقاط مجاور و داده‌شده میان‌یابی نامیده می‌شود (۴). این فرآیند به دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و لزوم نقشه‌برداری از کل یک منطقه برای تولید نقشه‌های تراز انجام می‌شود. بنابراین، میان‌یابی به عنوان تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های منطقه‌ای تعریف می‌شود (۴). اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت آب در هر مکان از یک منطقه، دور از دسترس است و تکنیک‌های میان‌یابی، راه‌حلی آماده برای آن ارائه می‌دهند. تأثیر اقدامات بشر بر کیفیت آب زیرزمینی در مناطق حساس هیدرولوژیک بیشتر است. به‌طوریکه همبستگی قوی بین کیفیت آب زیرزمینی و نوع استفاده از زمین در مناطقی که سفره‌های زیرزمینی حساس قرار دارند و نوع استفاده از زمین به سرعت در حال تغییر است، مشاهده می‌شود (۲۰).

برای هزاران سال، از دشت‌ها برای فعالیت‌های کشاورزی استفاده می‌شد که عامل اصلی در تغییر نوع استفاده از زمین بوده است. به تدریج به دلیل رشد جمعیت و افزایش فشار بر اراضی، پوشش گیاهی وحشی سطح آن را افزایش داد به‌طوریکه افزایش فعالیت‌های انسانی توسعه اکولوژیکی را محدود کرد. در واقع هم‌افزایی بین تغییرات اقلیمی و مسائل اجتماعی-اقتصادی منجر به بهره‌برداری بیش از

حد از منابع و تخریب سرزمین شده است (۳). تغییرات نوع استفاده از زمین یک نگرانی مهم به دلیل تغییر در محیط‌زیست جهانی است. رشد و گسترش سریع مراکز شهری، رشد سریع جمعیت، کمبود زمین، نیاز به تولید بیشتر، تکنولوژی‌های در حال تغییر از جمله محرک‌های نوع استفاده از زمین و پوشش اراضی در جهان امروزی است. به‌طوریکه به شرایط و نیروهای محرکه اقتصادی-اجتماعی، سیاسی، فرهنگی، جمعیتی و محیطی پاسخ می‌دهند که توسط جمعیت‌های انسانی زیاد مشخص می‌شوند. امروزه تغییرات نوع استفاده از زمین به یکی از دغدغه‌های اصلی محققان و تصمیم‌گیرندگان در سراسر جهان تبدیل شده است (۵). محققان از قرن ۱۹ با بررسی‌های سنتی خود شروع به بررسی تغییرات نوع استفاده از زمین نمودند. با گذشت زمان و پیشرفت در فناوری، استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی کاملاً سودمند یافتند، زیرا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشند و در زمان برای ارزیابی تغییرات نوع استفاده از زمین در مقیاس خرد تا کلان با اطلاعات مکانی جغرافیایی صرفه‌جویی می‌کند (۲۱). کمی کردن، نظارت و ارزیابی پویایی مکانی و زمانی تغییرات نوع استفاده از زمین برای درک بهتر بسیاری از فرآیندهای سطح زمین بسیار حیاتی است (۱۲). درک این تغییرات به ما این امکان را می‌دهد تا روندهای کشاورزی، منابع آب شیرین و پوشش جنگلی را تعیین و نظارت کنیم (۱۸).

برای بررسی نوسانات مکانی و زمانی تراز آب زیرزمینی در آبخوان دشت مشگین در استان روش‌های میان‌یابی مانند توابع شعاعی پایه^۱، معکوس فاصله وزنی^۲ و کریجینگ^۳ برای اعتبارسنجی متقاطع مقایسه شد. بررسی نتایج نشان داد، افت سطح ایستابی با استخراج آب از حلقه چاه‌ها در نواحی کشاورزی ارتباط دارد. همچنین کارآمد بودن روش‌های میان‌یابی به خصوصیات ناحیه و داده‌های مورد بررسی بستگی دارد (۱۰). جهت مقایسه دقت روش‌های میان‌یابی از معکوس فاصله وزنی و توابع شعاعی پایه که روش‌های میان‌یابی قطعی و کریجینگ و کریجینگ بیزی تجربی^۴ که از روش‌های میان‌یابی زمین‌آماري هستند از طریق الگوی

³ Kriging⁴ Empirical Bayesian Kriging¹ Radial Basis Function (RBF)² Inverse Distance Weighting (IDW)

مکانی هدایت الکتریکی^۱ و کل مواد جامد محلول^۲ آب‌های زیرزمینی آبشار ملسو اوپل^۳ در ناحیه آنورادهاپورا^۴ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که کریجینگ بیزی تجربی، کمترین مقادیر RMSE^۵ را برای نوسانات مکانی الکتریکی و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی گزارش نموده است. لذا روش‌های میان‌یابی زمین آماری بهتر از روش‌های میان‌یابی قطعی برای نقشه‌برداری هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی عمل می‌کنند (۹). برآورد سطح آب زیرزمینی دشت نقده در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۵ برای دستیابی به نقشه‌های یکپارچه و پیش‌بینی مقادیر مجهول انجام گردید. لذا از روش‌های میان‌یابی آماری طبقه یک شامل نزدیک‌ترین همسایه، همسایه طبیعی، میانگین متحرک و مثلث با درون‌یابی خطی، روش‌های میان‌یابی قطعی شامل فاصله معکوس تا توان، توابع مبنای شعاعی و چند جمله‌ای محلی و روش میان‌یابی زمین‌آماری کریجینگ استفاده نمودند. از شاخص‌های R^2 ، RMSE و میانگین خطا مطلق^۶ برای مقایسه روش‌هایی میان‌یابی بهره گرفتند. نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی به صورت منطقه‌ای متغیر بوده است. همچنین روش‌های میان‌یابی زمین آماری با بیشترین دقت و کمترین خطا و روش‌های میان‌یابی آماری طبقه یک با کمترین دقت و بیشینه خطا به ترتیب به عنوان روش‌های بهینه و نامناسب معرفی شدند (۱۶).

روند تغییرات نوع استفاده از زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست^۷ و الگوریتم بیشینه احتمال برای سه دوره زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ در ماهیدشت بررسی گردید. نتایج نشان داد طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بیشینه نوسان مربوط به مناطق کشاورزی دیم به کشاورزی آبی بوده و همچنین وسعت زمین‌های فاقد پوشش و مناطق مسکونی نیز افزایش چشمگیری داشت. یکی از عوامل مؤثر در این مسئله تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی در دشت ماهیدشت بود که به دنبال کاشت محصولات با نیاز آبی بالا در این دشت اقدام به حفر چاه‌های زیاد در این منطقه شد. همچنین به دلیل خشکسالی و کم‌بودن بارندگی

بسیاری از کشاورزان ناچار به تبدیل اراضی دیم به واحدهای مسکونی و باغی شدند (۱۵). نوسانات پوشش زمین با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست در دو دوره ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ با استفاده از روش الگوریتم بیشینه احتمال در درهٔ دون‌غربی- اوتاکنند انجام گردید. نتایج نشان داد در طول یک دهه، به دلیل احداث ساختمان‌های جدید در زمین‌های بایر و در نواحی مجاور بستر رودخانه که قبلاً بخشی از بدنه‌های آبی بوده است، مساحت مناطق مسکونی افزایش پیدا نموده است. همچنین مساحت اراضی کشاورزی به دلیل فشار جمعیت و نرخ بالای تورم به مقدار $88/55 \text{ km}^2$ افزایش چشمگیری پیدا نموده است و حجم آب در این منطقه به مقدار $2/52\%$ کاهش داشت (۱۸). پایش نوسان در الگوهای نوع استفاده از زمین حوزهٔ آبخیز رانی خولا سیکیم هیمالیا برای دوره‌های ۱۹۸۸-۱۹۹۶، ۱۹۹۶-۲۰۰۸ و ۲۰۰۸-۲۰۱۷ با کمک داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست ۵ و سنتینل^۸ ۲ و با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشینه احتمال صورت گرفت. نتایج نشان داد واحدهای جنگل‌های انبوه، مناطق دست‌ساخت بشر و مناطق آبی به مقدار $16/40\%$ ، 13% و $0/11\%$ افزایش و واحدهای جنگل‌های باز، اراضی کشاورزی و زمین‌های بایر به مقدار $13/98\%$ ، $2/83\%$ و $1/82\%$ کاهش یافته است (۱۳). ارزیابی نوسان پوشش اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست ۷ برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ و داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست ۸ برای سال ۲۰۱۵ با استفاده از الگوریتم بیشینه احتمال در منطقه فاتح جنگ-توک پاکستان انجام و مشخص شد که مساحت پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ حدود $176/19 \text{ km}^2$ کاهش یافت زیرا به سایر انواع پوشش زمین تبدیل شده است و مناطق دست‌ساخت بشر $5/75\%$ افزایش یافته است. دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب $0/92$ و $0/77$ ، $0/92$ و $0/78$ ، $0/90$ و $0/76$ ، $0/92$ و $0/74$ برآورد شد. عواملی مانند

⁵ Root Mean Square Error⁶ Mean Absolute Error (MAE)⁷ Landsat⁸ Sentinel¹ Electrical Conductivity (EC)² Total Dissolved Solids (TDS)³ Malwathu Oya-l⁴ Anuradhapura

توسعه اقتصادی، تغییرات آب و هوایی و رشد جمعیت نیروهای محرکه اصلی این تغییر بودند (۱۹).

نقشه نوع استفاده از زمین در یک بازه ۳۰ ساله با استفاده از تصاویر سنجنده لندست و سنتینل ۲ در نواحی فیروزآباد و ماهیدشت تهیه گردید. سپس بر اساس اطلاعات ۴۴ چاه پیژومتر در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ مقدار و روند نوسانات سطح ایستابی مشخص گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های رقومی ماهواره‌ای در مناطق فیروزآباد و ماهیدشت بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ نشان‌دهنده افزایش مساحت واحد کشاورزی آبی و کاهش مساحت واحد کشاورزی دیم بود. با توجه به مطالعات به عمل آمده، از دلایل غالب افت سطح آبخوان می‌توان به کم بودن نزولات جوی به خصوص بارش برف و کاهش تغذیه آبخوان و افزایش تعداد چاه‌های عمیق ناحیه و مصرف زیاد آب زیرزمینی به خصوص در سال‌های اخیر اشاره کرد (۷). ارتباط سطح ایستابی با نوع استفاده از زمین در شهرستان ملارد بررسی شد. برای این منظور نقشه نوع استفاده از زمین با روش شیء‌گرا به کمک داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ استخراج گردید. میان‌یابی داده‌های عمق آب زیرزمینی با روش‌های توابع شعاعی پایه، معکوس فاصله وزنی و کریجینگ صورت گرفت. بررسی نتایج نشان داد واحد باغ‌ها کاهش چشمگیری داشت که این موضوع نشان‌دهنده عدم مدیریت و بریدن درخت‌ها، نابودی جنگل‌ها و باغ‌ها و تغییر آن‌ها به مناطق مسکونی و کشاورزی و ... است و بیشترین افت عمق آب در هر دو سال مربوط به کاربری کشاورزی بود. همچنین مدل‌های روش کریجینگ نسبت به دیگر روش‌های میان‌یابی دارای دقت بیشتر بودند (۱). نوسانات آب‌های زیرزمینی دشت کاشان و ارتباط آن با نوع استفاده از زمین بررسی شد. بدین منظور آمار ۲۰ چاه مشاهده‌ای در طی دوره آماری ۱۳۷۳-۱۳۹۲ با روش درون‌یابی کریجینگ مورد بررسی قرار گرفت. با کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و روش تلفیقی، نقشه نوع استفاده از زمین دشت استخراج و سپس با همپوشانی نقشه نوع استفاده از زمین با نوسانات تراز آب زیرزمینی، متوسط تراز در هر کاربری محاسبه شد. در بررسی نقشه نوع استفاده از زمین در کاهش تراز آب زیرزمینی منطقه مشخص شد که بیشترین کاهش مربوط

به کاربری مسکونی است. وجود کارخانه‌ها و صنایع در این کاربری باعث گردید تا با استفاده بیش از حد آنها از منابع آب زیرزمینی سطح آب در این کاربری بیشینه‌افت پیدا نماید (۶). نوسانات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی حوضه دامغان در ارتباط با نوسانات واحد اراضی با استفاده از روش کریجینگ و معکوس فاصله‌وزنی و با کمک داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نتایج نشان داد که به‌طورکلی در طول ۲۷ سال تغییرات نوع استفاده از زمین و به تبع آن تغییرات سطح منابع آب زیرزمینی اتفاق افتاد و عامل آن گسترش فعالیت‌های انسانی بود که موجب تغییرات بسیاری در پوشش زمین و سطح منابع آب زیرزمینی شد و متأسفانه بروز چنین تغییراتی موجب کاهش شدید تراز سطح آب‌های زیرزمینی در حوزه آبخیز دامغان گردید بطوری‌که سالانه ۵۶cm/۰ تراز آب زیرزمینی کاهش و در بازه ۲۷ ساله ۱۴/۷m سطح آب زیرزمینی در این حوضه کاهش یافت (۲).

با مرور بررسی‌های صورت گرفته پیرامون موضوع آب زیرزمینی و ارتباط آن با تغییرات نوع استفاده از زمین می‌توان دریافت که افت کمی و کیفی آب زیرزمینی بحرانی جهانی است. به‌طوریکه عوامل مؤثر بر افت کمی و کیفی آب زیرزمینی از عوامل اقلیمی تا عوامل اقتصادی-اجتماعی متنوع است. مجموعه‌ای از این عوامل منجر به حفر چاه فاقد پروانه، مصرف بیش از اندازه آب زیرزمینی، تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی و افزایش تبدیل واحدهای اراضی برای پاسخ‌گویی به نیازهای بشر شده است.

نظر به اهمیت دشت ایسین در جهت تامین آب کشاورزی و اینکه از گذشته به منظور تامین بخشی از نیاز آب شرب شهرستان بندرعباس و شهرک‌های طول مسیر مورد استفاده بوده، با توجه به روند افت سطح آب و بالا رفتن میزان هدایت الکتریکی آب منطقه، ممنوعیت دشت ایسین از سال ۱۳۹۶ به مدت پنج سال تمدید گردید (۱۱). لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط وضعیت کمی و کیفی آبخوان دشت ایسین با روند تغییرات الگوی کشت طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۹ به‌منظور شناخت هر چه بهتر وضعیت منابع آبی دشت ایسین بود.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

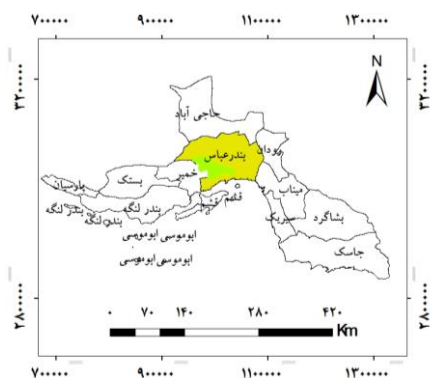
که برای مصرف کشاورزی استفاده می‌شوند و دشت ایسین غربی فاقد قنات است. عمده محصولات آن که در دشت ایسین وجود دارد شامل *Citrus Limon*، *Phoenix Actylifera*، سبزیجات و صیفی‌جات به خصوص *Solanum Melongena* و *Solanum Lycopersicum* می‌باشد و به‌طور موردی در سال‌های اخیر *Zea Mays*، *Medicago Sativa*، *Nicotiana Rustica* و *Hordeum Vulgare* کشت می‌شود. این منطقه فاقد رودخانه دائمی است و فقط دو رودخانه فصلی به نام‌های شور و کل جریان دارد (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده

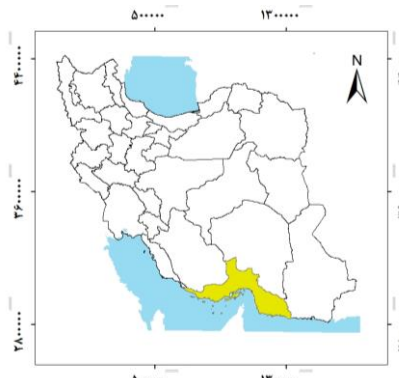
داده‌های زمینی

به‌منظور تعیین روند تغییرات کیفیت و کمیت آب زیرزمینی در دشت ایسین شرقی و غربی در طول چهار سال آماری، اطلاعات کمی ۱۹ و ۲۰ چاه پیژومتری و مشاهده‌ای در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ به‌دلیل مطابقت با سال‌های آماربرداری سراسری و سری زمانی ۱۳۸۲-۹۹ مورد استفاده قرار گرفت.

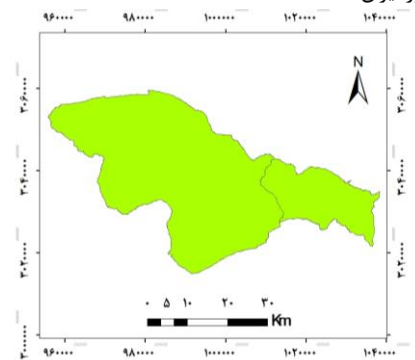
جلگه ایسین به وسعت 230 km^2 در 20 km شمال بندرعباس و در $27^\circ 14'$ تا $27^\circ 26'$ عرض‌شمالی و $56^\circ 1'$ تا $56^\circ 21'$ طول‌شرقی واقع شده و ارتفاع آن بین 120 m (در دامنه کوه گنو) تا 60 m (در خط‌القعر دشت) از سطح دریا متغیر می‌باشد. مساحت آبخوان ایسین $101/48 \text{ km}^2$ می‌باشد که با توجه به شبکه آبراهه‌ها، دشت به دو حوضه آبریز ایسین شرقی و ایسین غربی تقسیم می‌شود. میانگین درازمدت بارندگی در بازه زمانی ۹۹-۱۳۷۳ در این منطقه $182/211 \text{ mm}$ است که سیلاب‌های حاصله تأثیری ناچیزی در تغذیه آبخوان دارند (نگارندگان). در مجموع 642 حلقه چاه در دشت ایسین وجود دارد که 309 حلقه چاه فعال، 292 حلقه چاه غیرفعال و 41 حلقه چاه متروکه می‌باشد. از این تعداد 275 حلقه چاه دارای پروانه بهره‌برداری است. کل حجم تخلیه آب از چاه‌های بهره‌برداری مطابق با آماربرداری سال 1396 در منطقه ایسین شرقی و غربی، $12/2944 \text{ MCM}$ در سال بوده است (نگارندگان). همچنین در دشت ایسین شرقی سه رشته قنات با حجم تخلیه $0/3831 \text{ MCM}$ وجود دارد



ب) موقعیت شهرستان بندرعباس در استان هرمزگان



الف) موقعیت استان هرمزگان در کشور ایران



ج) دشت ایسین

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

بدین منظور اقدام به میان‌یابی کیفیت و کمیت آب‌زیرزمینی بر اساس روش‌های میان‌یابی زمین‌آماري و قطعی در محیط نرم‌افزار ArcMap جهت شناسایی مناطق با کمینه افت تراز آب زیرزمینی و بیشینه هدایت الکتریکی شد. در ابتدا سه روش میان‌یابی شامل روش معکوس فاصله وزنی، کریجینگ و کوکریجینگ برای تعیین وضعیت کیفی و کمی آب زیرزمینی دشت ایسین مورد استفاده قرار گرفت. سپس آماره RMSE برای ارزیابی عملکرد روش‌ها محاسبه شد.

تصاویر ماهواره‌ای

برای بررسی تغییرات نوع استفاده از زمین در فصل کشت همگام با تعیین روند تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در دشت ایسین شرقی و غربی از دو نوع داده تصاویر ماهواره‌ای و واقعیت زمینی برای طبقه‌های تغییر کاربری اراضی استفاده گردید. بدین منظور داده‌های ماهواره‌ای که شامل تصاویر ماهواره‌ای چند زمانی لندست ۵ در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶ و تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ در سال ۱۳۹۹ برای ماه فوریه از سایت USGS به دست آمد. بطوریکه برای بررسی دقیق و برآورد بهتر نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۹۹ علاوه بر داده‌های لندست ۸ از تصاویر سنتینل ۲ مربوط به آن تاریخ استفاده شد (جدول ۱).

پس از تهیه تصاویر مربوطه به کمک نرم‌افزارهای ENVI5 و ARCGIS 10.8.3 و استفاده از الحاقیه تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی انجام و اطلاعات مربوطه به اصلاحات در فایل متنی که بر هر تصویر ضمیمه شده است، استخراج شد. با بازدیدهای میدانی مختصات پیکسل‌های معرف تعیین و هفت طبقه کاربری اراضی باغ‌ها، سبزیجات، زمین‌های بایر، مناطق مسکونی و صنعتی، زمین‌های شور و گونه‌های

Prosopis Cineraria and Juliflora مشخص و از روش طبقه‌بندی‌کننده بیشینه احتمال^۱ با قاعده تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی نظارت‌شده با در نظر گرفتن ۱۲۷ نمونه تعلیمی برای هفت طبقه کاربری اصلی استفاده گردید. بر اساس تایید زمینی اصلاحات و تنظیمات لازم انجام گردید و یک ماتریس کامل از تغییرات طبقه‌ای به دست آمد. نقشه دقیق کاربری اراضی در سال ۱۳۹۹ با کمک نقاط برداشت میدانی برای هر یک از کاربری‌ها استخراج گردید. همچنین از شاخص پوشش گیاهی NDVI نیز به عنوان شاخص کمکی برای تفکیک پوشش‌های مختلف از یکدیگر استفاده شد. داده‌های واقعیت زمینی در قالب نقاط مرجع جمع‌آوری شده با استفاده از GPS^۲ و همچنین استفاده از گوگل ارث و بازدید میدانی دقیق همراه با مختصات مورد صحت‌سنجی قرار گرفت و مجدد درهم‌آمیختگی دو نوع کاربری با بازدید میدانی اصلاح و تحلیل طبقه‌بندی بیشینه احتمال یکبار دیگر انجام شد و مقدار ضریب کاپا و دقت کلی افزایش یافت.

ارزیابی دقت بخش ضروری و حیاتی مطالعه طبقه‌بندی تصاویر و در نتیجه تشخیص تغییرات کاربری اراضی به منظور درک و تخمین دقیق تغییرات است که مقدار تطابق بین آنچه روی زمین است و نتایج طبقه‌بندی را نشان می‌دهد (۱۴). در پژوهش حاضر، ارزیابی دقت برای داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ و سنتینل ۲ انجام گردید. بدین منظور برای بررسی مقدار صحت، بین کاربری‌های تولید شده و واقعیت زمینی ماتریس خطا ایجاد گردید و در این ماتریس دقت تهیه‌کننده، دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد (۸). در پایان نقشه نوع استفاده از اراضی و نقشه میان‌یابی سطح تراز آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی در محیط نرم‌افزاری ARC Map10.5 تلفیق و رویهم‌گذاری شد.

جدول ۱. مشخصه‌های مربوط به داده‌های رقومی ماهواره‌ای استفاده شده

سال شمسی	تاریخ میلادی	ماهواره	سنجنده	گذر/ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱۳۸۲/۱۱/۰۵	۲۰۰۴/۰۱/۲۵	Landsat 5	TM	۴۱/۱۶۰	۳۰
۱۳۸۹/۱۰/۱۲	۲۰۱۱/۰۱/۰۲	Landsat 5	TM	۴۱/۱۶۰	۳۰
۱۳۹۶/۱۰/۲۳	۲۰۱۸/۰۱/۱۳	Landsat 5	TM	۴۱/۱۶۰	۳۰
۱۳۹۹/۱۱/۰۵	۲۰۲۱/۰۱/۲۴	Sentinel 2	L1C	-	۱۰، ۲۰
۱۳۹۹/۱۰/۲۷	۲۰۲۱/۰۱/۱۶	Landsat 8	OLI	۴۱/۱۶۰	۳۰

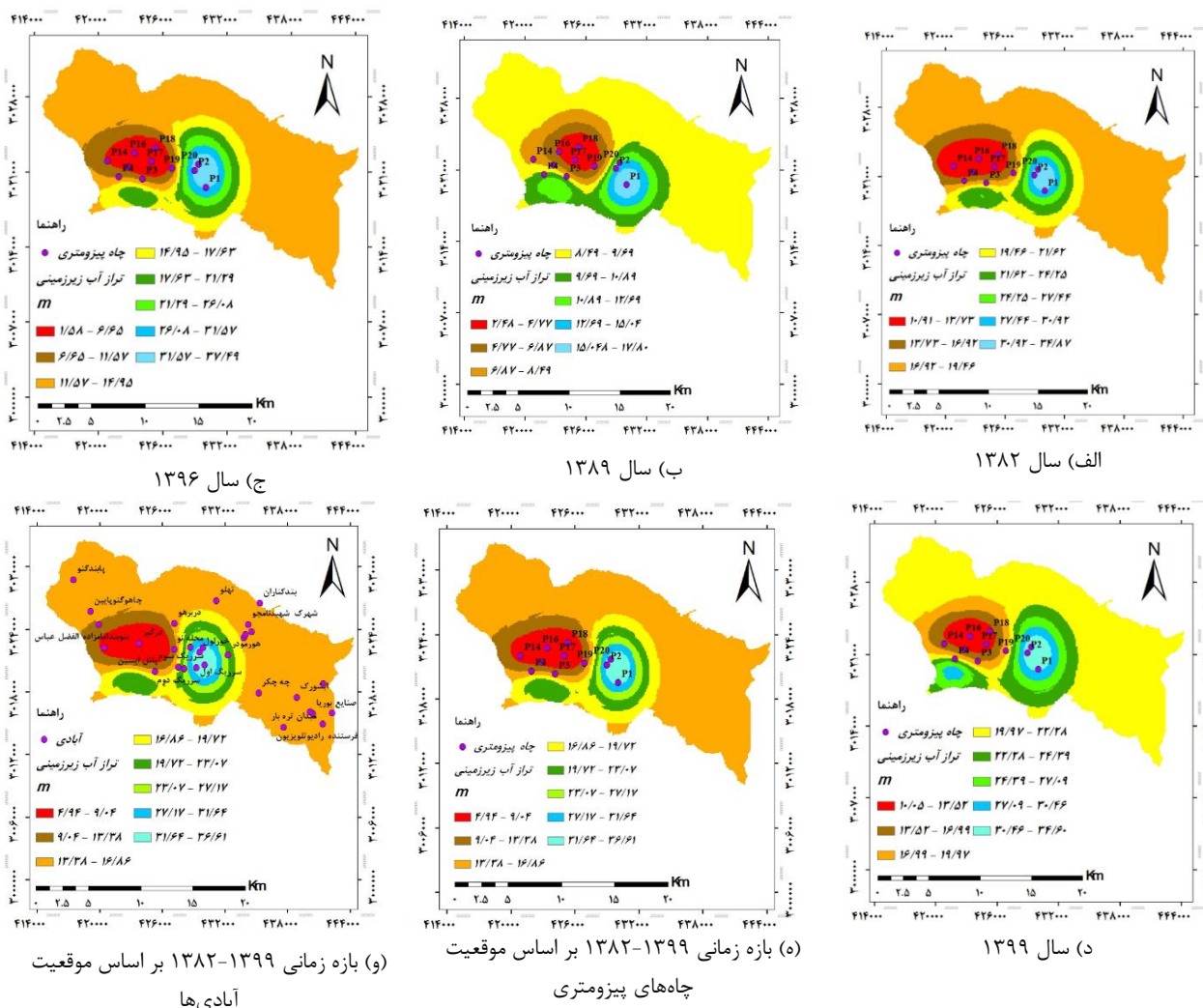
^۱ Maximum Likelihood Algorithm

^۲ Global Positioning System

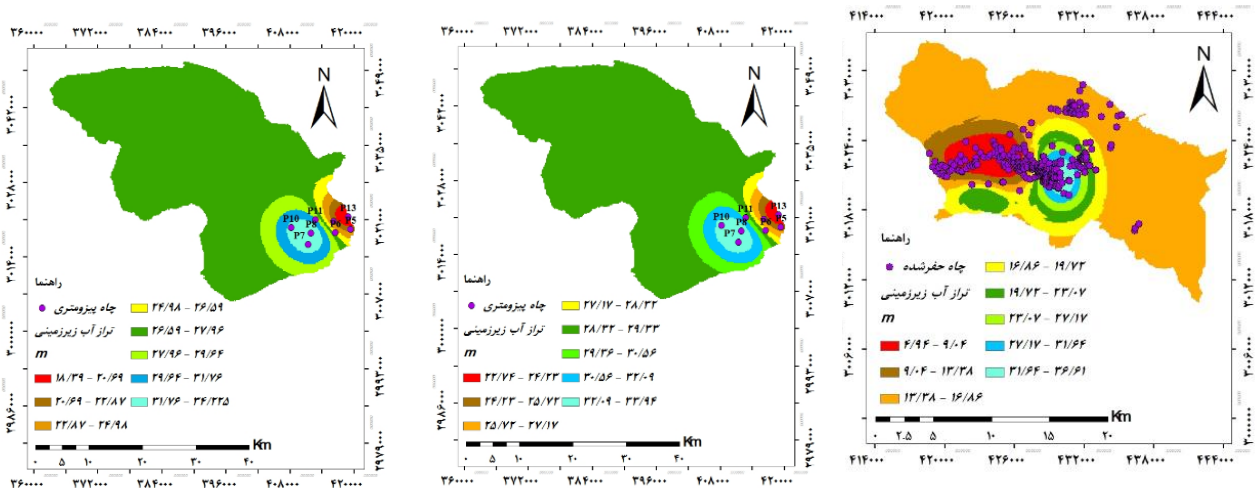
■ نتایج

برای بررسی تغییرات مکانی تراز سطح ایستابی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی، روش‌های معکوس فاصله وزنی، کریجینگ و کوکریجینگ به کار رفت و برای تولید نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح ایستابی و هدایت الکتریکی از روش کریجینگ با توجه به مقدار RMSE کمتر استفاده گردید. البته برای پهنه‌بندی هدایت الکتریکی سری زمانی ۱۳۸۲-۹۹ از روش معکوس فاصله وزنی بهره گرفته شد. لازم به ذکر است الگوریتم درون‌یابی کوکریجینگ به دلیل عدم انطباق مکانی، در خروجی‌ها مورد استفاده قرار نگرفت. نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح ایستابی در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹ و سری زمانی ۹۹-۱۳۸۲ دشت ایسین شرقی و غربی در شکل‌های (۲ و ۳) نشان داده شده است. همانطور که در نقشه‌های تخمین تراز آب زیرزمینی

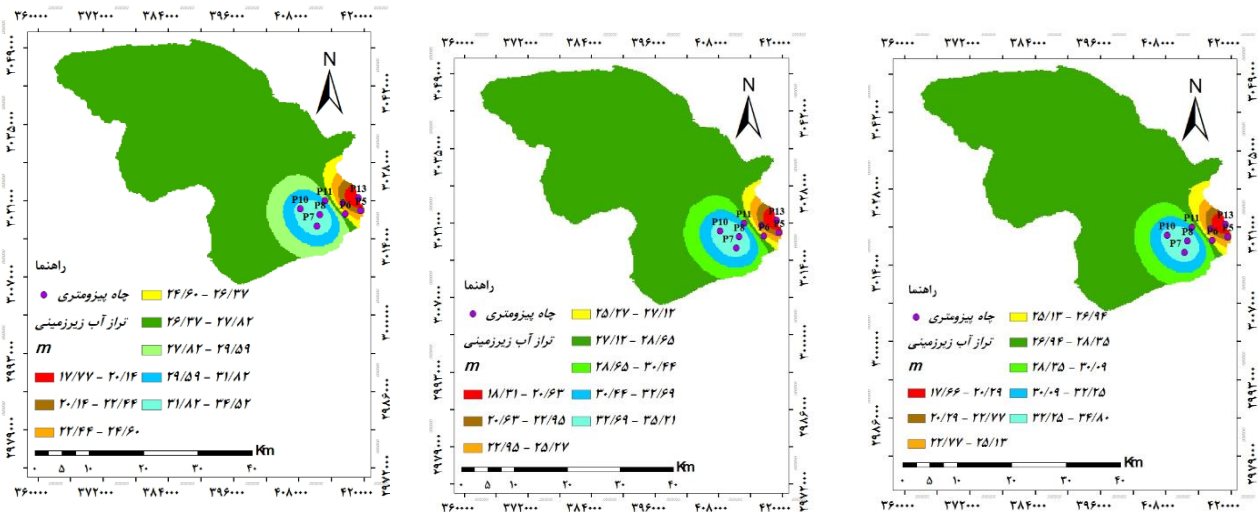
مشخص بود، در دشت ایسین شرقی تراز آب زیرزمینی در نواحی غرب، جنوب غرب و تا حدودی شمال غرب در اطراف پیزومترهای $P_3, P_4, P_{14}, P_{15}, P_{16}, P_{17}, P_{18}, P_{19}$ بیشترین افت به مقدار ۱۳/۳۸-۴/۹۴ را داشت (شکل ۲-۵) که در حوالی آبادی‌های درگیر، بنوبند، محله نو و امامزاده ابوالفضل‌العباس بود (شکل ۲-۵). به‌طوریکه در پیزومتر شماره ۱۷ تراز آب زیرزمینی منفی شده بود که دلیل آن می‌تواند تراکم چاه‌های کشاورزی باشد (شکل ۳-الف). کمترین افت تراز در دشت ایسین شرقی در قسمت‌های مرکزی دشت و تا حدودی نواحی جنوب‌غربی دشت اطراف پیزومترهای P_1, P_2, P_{20} بود (شکل ۲-۵). در دشت ایسین غربی بیشینه افت سطح ایستابی به مقدار ۲۲/۴۴ m - ۱۷/۷۷ در نواحی جنوب‌شرقی اطراف پیزومترهای P_5, P_{13} و P_{14} بود (شکل ۳-و) که در حوالی روستاهای بنوبند پاتل و قدمگاه امام رضا قرار داشت (شکل ۳-ز).



شکل ۲. توزیع مکانی متغیر تراز آب زیرزمینی دشت ایسین شرقی در سال‌های مختلف



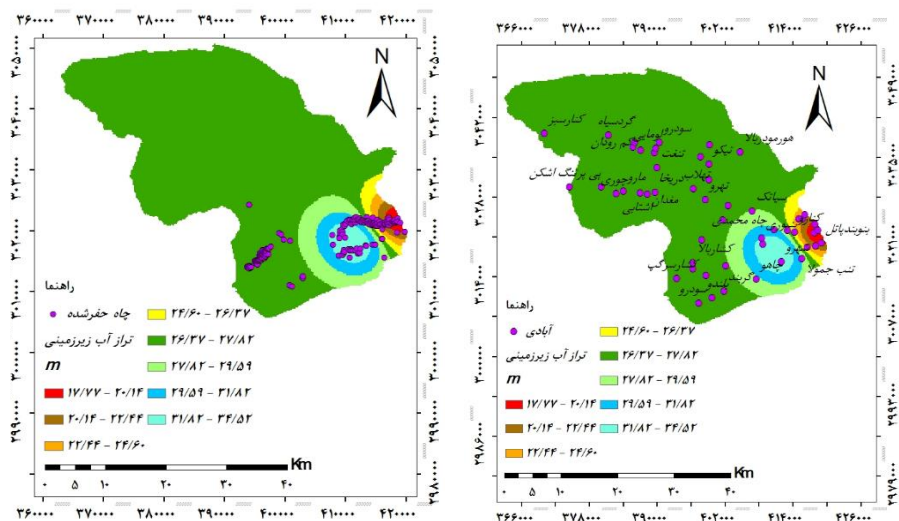
الف) دشت ایسین شرقی بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۹ بر اساس موقعیت چاه‌های حفر شده



و) دشت ایسین غربی بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۹ بر اساس موقعیت چاه‌های پیژومتری

ه) دشت ایسین غربی سال ۱۳۹۹

د) دشت ایسین غربی سال ۱۳۹۶



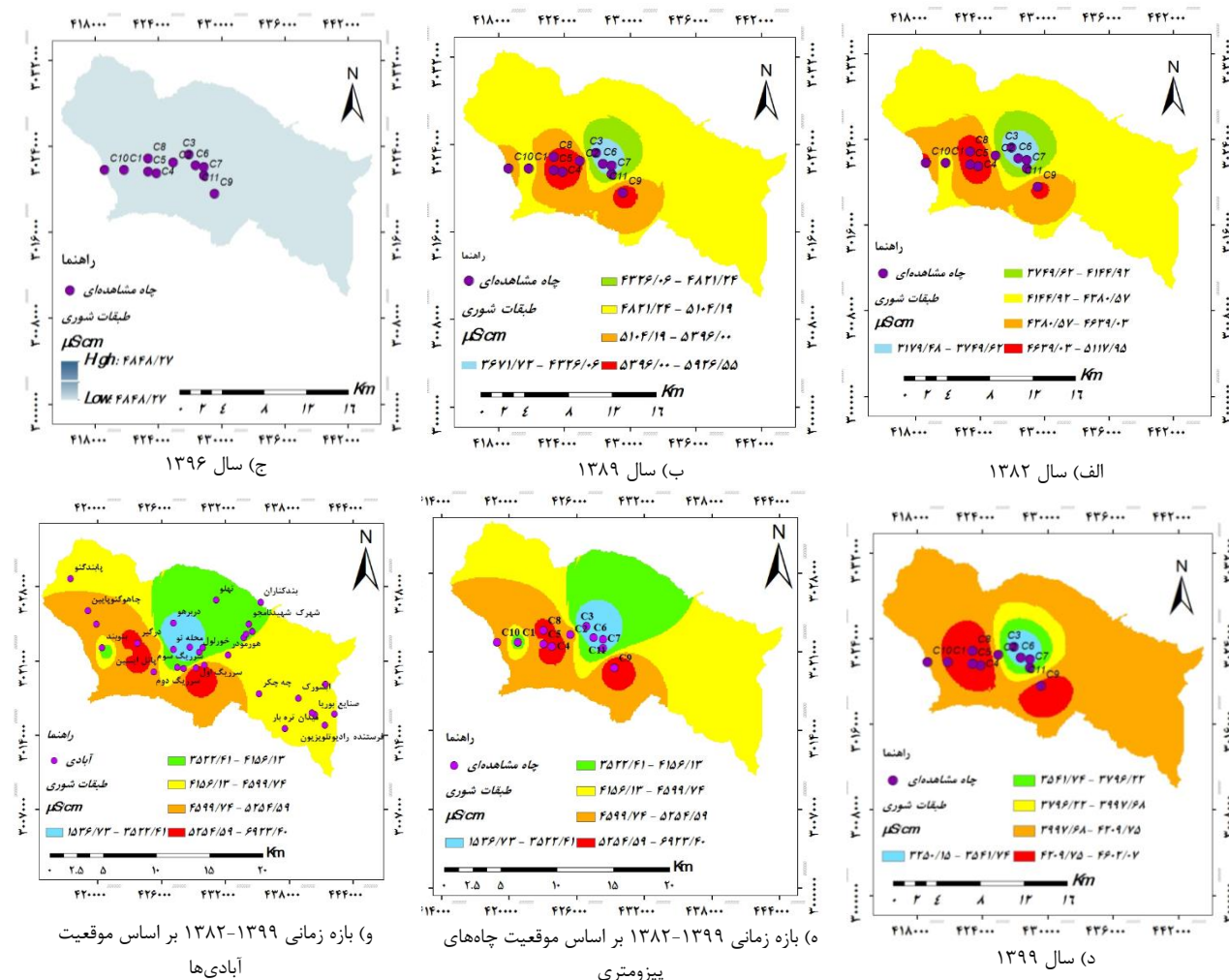
ج) دشت ایسین غربی بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۹ بر اساس موقعیت چاه‌های حفر شده

ز) دشت ایسین غربی بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۹ بر اساس موقعیت آبادی‌ها

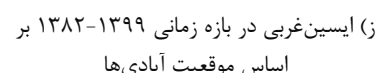
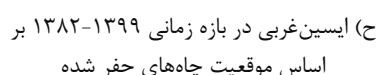
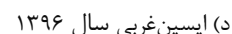
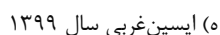
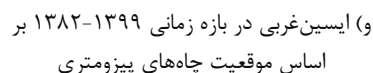
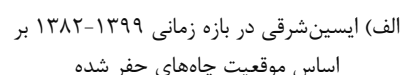
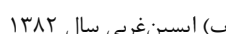
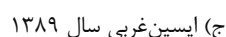
شکل ۳. توزیع مکانی متغیر تراز آب زیرزمینی در سال‌های مختلف در دشت ایسین

(شکل ۵-ز). در دشت ایسین شرقی و غربی مقدار شوری از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶ افزایش یافت. علاوه بر این دامنه تغییرات طبقه‌بندی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت ایسین غربی نسبت به دشت ایسین شرقی بیشتر بود با انطباق چاه‌های کشاورزی فعال موجود در دشت ایسین غربی بر روی نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی (شکل ۵-ح) مشاهده شد که موقعیت چاه‌های عمیق‌تر در مناطق با هدایت الکتریکی زیاد و بسیار زیاد برابر با $6697/88 \mu S/cm$ - $5350/83$ منطبق بود. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، آبخوان دشت ایسین و اراضی که از آبخوان مشروب می‌شوند مدنظر می‌باشد؛ منطقه مورد مطالعه به هفت طبقه کاربری اراضی باغ‌ها، سبزیجات، صیفی‌جات، گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora*، زمین‌های شور، زمین‌های بایر و نواحی مسکونی و صنعتی طبقه‌بندی شد.

محدوده دشت ایسین بر اساس مقدار هدایت الکتریکی ثبت‌شده برای هر چاه مشاهده‌ای، با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹ و روش درون‌یابی معکوس فاصله وزنی برای سری زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۹ پهنه‌بندی گردید (شکل‌های ۴ و ۵) که انتخاب روش درون‌یابی براساس کمترین مقدار RMSE بود. پایش دوره‌ای نقشه‌های پهنه‌بندی شده، نشان داد در دشت ایسین شرقی در قسمت‌های جنوب، جنوب‌غرب و غرب بیشینه مقدار هدایت الکتریکی برابر با $6923/40 \mu S/cm$ - $4599/74$ اطراف پیزومترهای C_4 ، C_5 و C_8 وجود داشت (شکل ۴-ه) که در حوالی آبادی‌های بنوبند، درگیر و سرریگ اول بود (شکل ۴-و). در دشت ایسین غربی بیشترین مقدار هدایت الکتریکی برابر با $6697/88 \mu S/cm$ - $5350/83$ در قسمت جنوب‌شرقی اطراف پیزومترهای C_6 و C_5 بود (شکل ۵-و) که در حوالی آبادی شهر و قرار داشت



شکل ۴. توزیع مکانی متغیر EC دشت ایسین شرقی در سال‌های مختلف



شکل ۵. توزیع مکانی پارامتر EC آب زیرزمینی در سال‌های مختلف در دشت اَبَسین

نتایج به دست آمده نشان داد ضریب کاپا برای سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۸۹، ۰/۸۹ و برای سال ۱۳۹۹ - لندست ۸ و ۱۳۹۹ - سنتینل ۲ برابر با ۰/۹۰

۰/۸۱-۰/۹۹ نشان‌دهنده این است که صحت طبقه‌بندی تقریباً کامل است (۱۵). طبقه‌بندی نوع استفاده از زمین برای سال‌های ذکر شده در شکل (۶) آورده شد.

بیشترین وسعت اراضی در سال ۱۳۸۲، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ مربوط به اراضی بایر به ترتیب با مساحت $120/18 \text{ km}^2$ ، $111/47 \text{ km}^2$ و $96/5 \text{ km}^2$ بود. همچنین در سال ۱۳۹۹ بیشترین وسعت اراضی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ و لندست ۸ مربوط به اراضی بایر به مقدار $87/05 \text{ km}^2$ و $90/07 \text{ km}^2$ بود. به‌طوریکه روند تغییرات اراضی بایر از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۹ کاهش بود. کمترین مساحت از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۹ حاصل از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ متعلق به گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora* به ترتیب با مساحت $5/34 \text{ km}^2$ و $4/24 \text{ km}^2$ ، $5/28 \text{ km}^2$ و $5/7 \text{ km}^2$ بود که از سال ۱۳۸۲

تا ۱۳۸۹ کاهش و در سال‌های بعد افزایش مساحت داشت. کمترین مساحت حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ مربوط به کاربری سبزیجات با مساحت $6/64 \text{ km}^2$ بود. مساحت کاربری سبزیجات و باغ‌ها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶ افزایش و در سال ۱۳۹۹ کاهش داشت. مساحت کاربری‌های صیفی‌جات، زمین‌های شور و نواحی مسکونی و صنعتی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۹ افزایش داشت (جدول ۴ و شکل ۷-الف و ب).

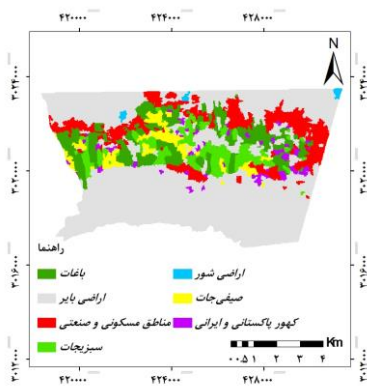
وسعت کاربری‌های باغ‌ها، صیفی‌جات، سبزیجات، نواحی مسکونی و صنعتی و زمین‌های شور از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ به ترتیب به مقدار $2/07\%$ ، $1/10\%$ ، $0/95\%$ ، $0/89\%$ و $0/53\%$ افزایش و وسعت کاربری‌های زمین‌های بایر و گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora* به مقدار $4/93\%$ و $0/62\%$ کاهش را نشان داد.

جدول ۲. ارزیابی دقت طبقه‌های کاربری سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ دشت ایسین

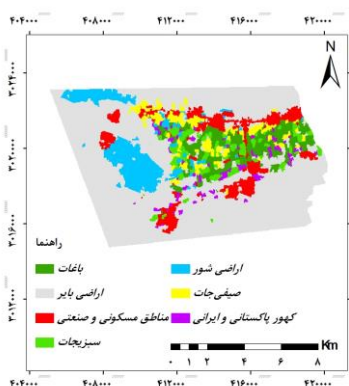
سال	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۹۶		
طبقه کاربری	دقت تهیه‌کننده	دقت کاربر	دقت تهیه‌کننده	دقت کاربر	دقت کاربر
باغات	۰/۸۸۲۳	۰/۸۳۳۳	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۹۰
سبزیجات	۰/۸۹۴۷	۰/۸۹۴۷	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۴۷	۰/۹۱۳۰
صیفی جات	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۹۰	۰/۹۰۹۰	۰/۹۰۴۷
کهور ایرانی و پاکستانی	۰/۹۱۶۶	۰/۹۱۳۰	۰/۹۵۴۵	۰/۹۰۹۰	۰/۹۰۴۷
اراضی شور	۰/۹۴۱۱	۰/۸۸۸۸	۰/۹۴۷۳	۰/۹۴۷۳	۰/۹۰۹۰
اراضی بایر	۰/۹۵۲۳	۰/۹۰۹۰	۰/۹۰۴۷	۰/۹۰۴۷	۰/۹۴۷۳
مناطق صنعتی و مسکونی	۰/۸۶۹۵	۰/۸۵۷۱	۰/۸۶۹۵	۰/۹۰۴۷	۰/۸۶۹۵
دقت کلی	۰/۸۸۷۳		۰/۹۱۱۶		۰/۹۰۷۲
ضریب کاپا	۰/۸۶۸۳		۰/۸۹۶۸		۰/۸۹۱۸

جدول ۳. ارزیابی دقت طبقه‌های کاربری سال ۱۳۹۹

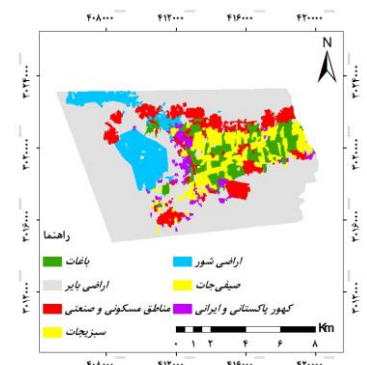
ماهواره	Sentinel 2	Landsat 8		
طبقه کاربری	دقت تهیه‌کننده	دقت کاربر	دقت تهیه‌کننده	دقت کاربر
باغات	۰/۹۳۷۵	۰/۸۸۲۳	۰/۸۴۲۱	۰/۹۴۱۱
سبزیجات	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۸
صیفی جات	۰/۹۳۷۵	۰/۹۳۷۵	۰/۹۲۳۰	۰/۷۵
کهور ایرانی و پاکستانی	۰/۹۳۳۳	۰/۹۳۳۳	۰/۹۰۹۰	۰/۶۶۶۶
اراضی شور	۰/۹۶۵۵	۱	۰/۹	۰/۹۶۴۲
اراضی بایر	۱	۰/۹۳۷۵	۰/۸۱۲۵	۰/۸۱۲۵
مناطق صنعتی و مسکونی	۰/۷۵	۰/۸	۰/۶۱۱۱	۰/۷۳۳۳
دقت کلی	۰/۹۲۱۲۶		۰/۸۲۶۷۷۲	
ضریب کاپا	۰/۹۰۷۲		۰/۷۹۵۶	



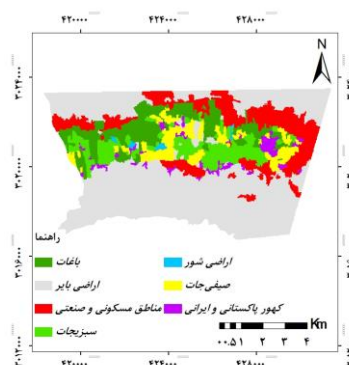
الف) ایسین شرقی سال ۱۳۸۲



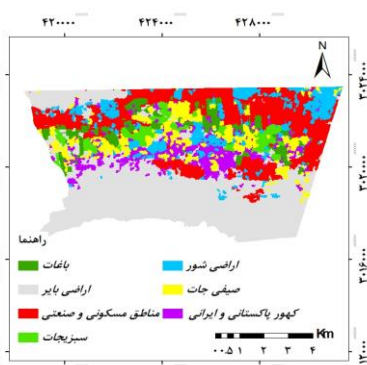
ب) ایسین غربی سال ۱۳۸۲



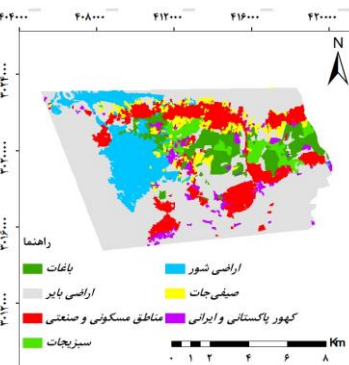
ج) ایسین شرقی سال ۱۳۸۹



د) ایسین غربی سال ۱۳۸۹

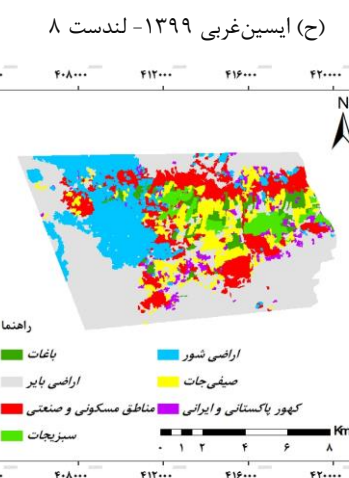


و) ایسین غربی سال ۱۳۹۶



ز) ایسین شرقی ۱۳۹۹ - لندنست ۸

ط) ایسین شرقی ۱۳۹۹ - سنیتیل ۲

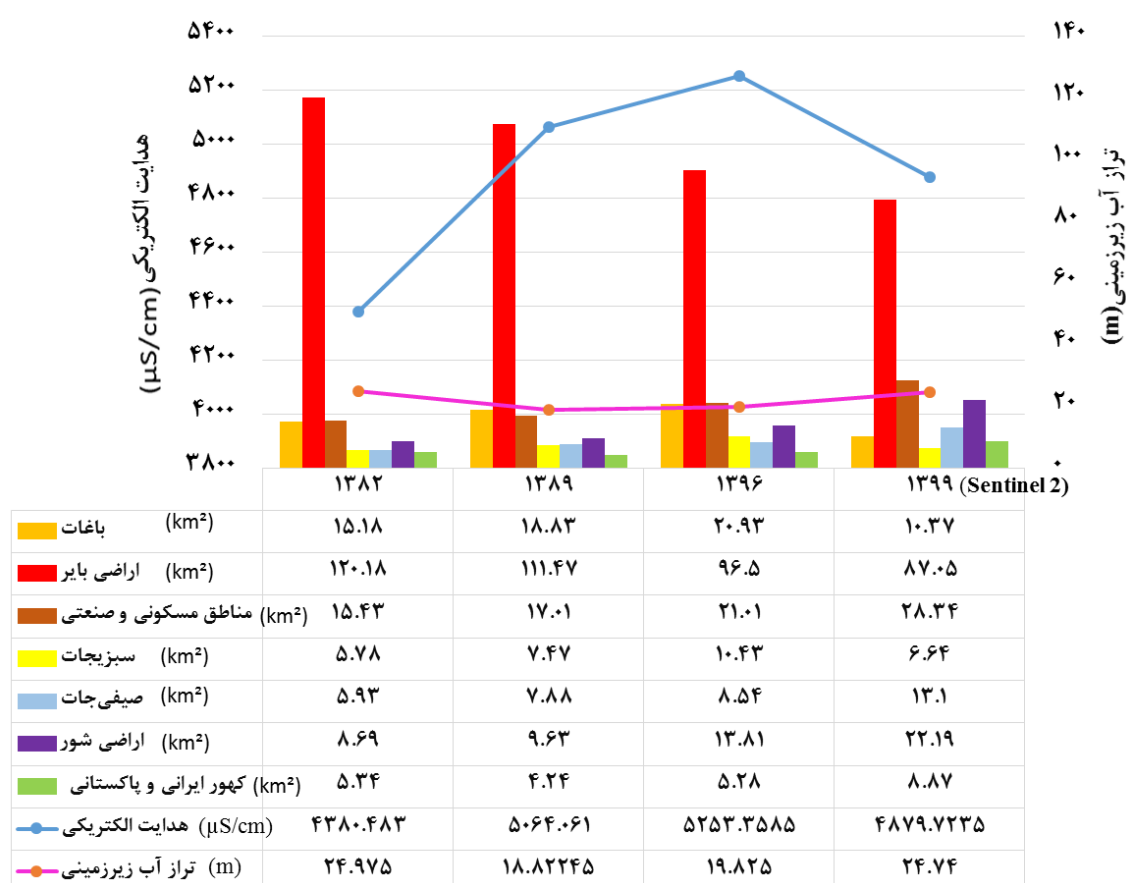


ی) ایسین غربی ۱۳۹۹ - سنیتیل ۲

شکل ۶. تغییر کاربری اراضی در سال‌های مختلف در دشت ایسین

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت کاربری‌های مختلف دشت ایسین

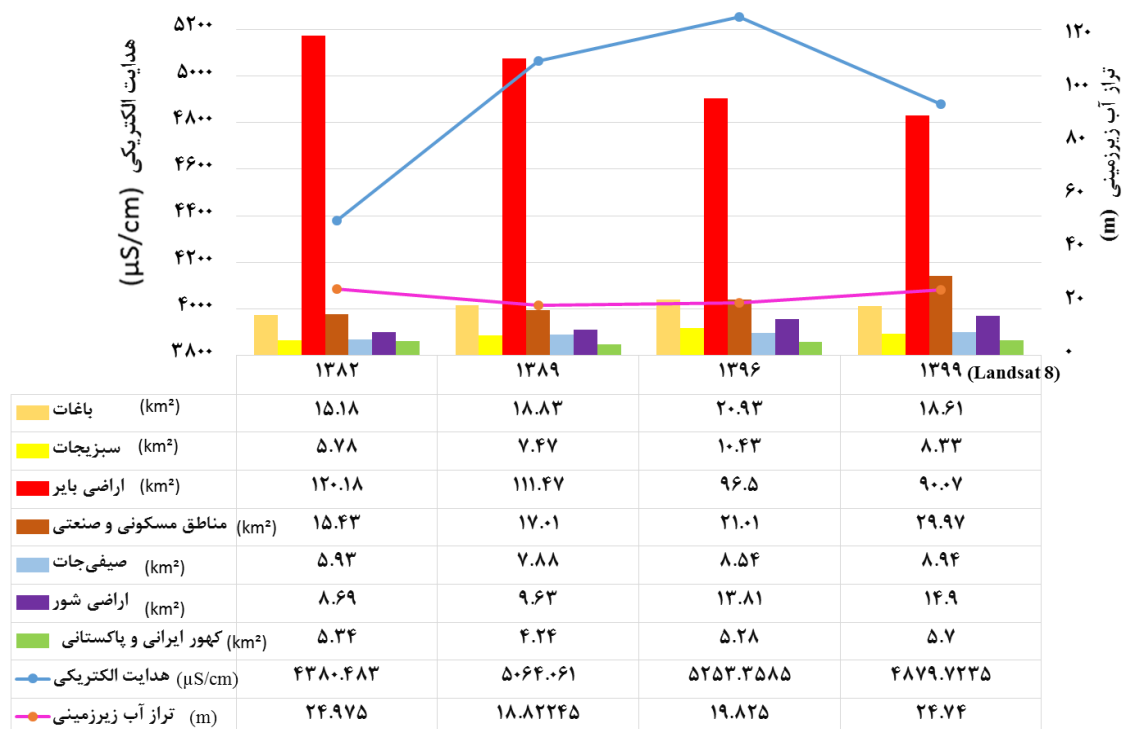
سال	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۹۶	۱۳۹۹-لندست ۸	۱۳۹۹-سنتینل ۲
پوشش/کاربری اراضی	مساحت (Km ²) مساحت (%)	مساحت (Km ²) مساحت (%)	مساحت (Km ²) مساحت (%)	مساحت (Km ²) مساحت (%)	مساحت (Km ²) مساحت (%)
باغ‌ها	۱۵/۱۸	۸/۶	۱۸/۸۳	۱۰/۶۷	۲۰/۹۳
سبزیجات	۵/۷۸	۳/۲۷	۷/۴۷	۴/۲۳	۱۰/۴۳
صیفی جات	۵/۹۳	۳/۳۶	۷/۸۸	۴/۴۶	۸/۵۴
زمین‌های بایر	۱۲۰/۱۸	۶۸/۰۷	۱۱۱/۴۷	۶۳/۱۴	۹۶/۵
زمین‌های شور	۸/۶۹	۴/۹۲	۹/۶۳	۵/۴۵	۱۳/۸۱
گونه کهور ایرانی و پاکستانی	۵/۳۴	۴/۰۲	۴/۲۴	۲/۴۰	۵/۲۸
نواحی مسکونی و صنعتی	۱۵/۴۳	۸/۷۴	۱۷/۰۱	۹/۶۳	۲۱/۰۱



شکل ۷ الف. نمای کلی تغییر تراز آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹-سنتینل ۲

ماهورهای حاصل از سنتینل ۲، وسعت کاربری‌های زمین‌های شور، نواحی مسکونی و صنعتی، صیفی جات و گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora* به ترتیب ۴/۱۴٪، ۲/۵۸٪، ۴/۷۴٪ و ۲/۰۳٪ افزایش و وسعت کاربری‌های زمین‌های بایر، باغ‌ها و سبزیجات به ترتیب به مقدار ۳/۶۴٪، ۱/۳۱٪، ۱/۱۹٪ کاهش داشت.

از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ وسعت کاربری‌های زمین‌های شور، نواحی مسکونی و صنعتی، سبزیجات، باغ‌ها، گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora* و صیفی جات به ترتیب به مقدار ۲/۳۷٪، ۲/۲۷٪، ۱/۶۸٪، ۱/۱۹٪، ۰/۵۹٪ و ۰/۳۷٪ افزایش و وسعت کاربری‌های زمین‌های بایر به مقدار ۸/۴۷٪ کاهش داشت. از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ در داده‌های



شکل ۷ ب. نمای کلی تغییر تراز آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹ - لندست ۸

همچنین نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ (شکل ۸-ب) نشان داد کمترین تراز آب زیرزمینی به ترتیب در کاربری‌های زمین‌های شور، باغ‌ها، گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora*، سبزیجات، صیفی جات، زمین‌های بایر و نواحی مسکونی و صنعتی به مقدار ۱۷/۷۳m، ۱۷/۱۵m، ۱۸/۴۴m، ۱۸/۶۶m، ۱۸/۸۸m و ۱۹/۳m و ۱۹/۴۷m بود.

در دشت ایسین غربی نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ با تغییرات تراز آب زیرزمینی (شکل ۸-ج) نشان داد کمترین تراز آب زیرزمینی به ترتیب در کاربری‌های سبزیجات، گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora*، زمین‌های بایر، صیفی جات، نواحی مسکونی و صنعتی، باغ‌ها و زمین‌های شور به مقدار ۲۵/۶۷m، ۲۵/۹۴m، ۲۶/۰۴m، ۲۶/۱۸m، ۲۶/۲۶m و ۲۶/۴۷m و ۲۶/۶۹m وجود داشت. همچنین در نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ با تغییرات تراز آب زیرزمینی (شکل ۸-د) کمترین تراز آب زیرزمینی به ترتیب در کاربری‌های سبزیجات، زمین‌های بایر، صیفی جات، نواحی مسکونی و صنعتی، گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora*، باغ‌ها و زمین‌های شور به مقدار ۲۵/۶۲m، ۲۵/۹۶m، ۲۶/۰۵m، ۲۶/۲۲m، ۲۶/۳۲m و ۲۶/۴۴m و ۲۷/۶۷m مشاهده شد.

در داده‌های ماهواره‌ای حاصل از لندست ۸، وسعت کاربری‌های نواحی مسکونی و صنعتی، زمین‌های شور، گونه *Prosopis Cineraria and Juliflora* و صیفی جات به ترتیب به مقدار ۵/۰۷٪، ۶۱/۰٪، ۲۴/۰٪ و ۲۲/۰٪ افزایش و وسعت کاربری‌های زمین‌های بایر، سبزیجات و باغ‌ها به ترتیب ۳/۶۴٪، ۱۳۱/۰٪ و ۱۱۹/۰٪ کاهش داشت. در سال ۱۳۹۹ نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ بیشتر با واقعیت منطقه همخوانی داشت به دلیل اینکه امکان کنترل زمینی آن به صورت نمونه آماری در زمان فعلی وجود داشت (جدول ۵).

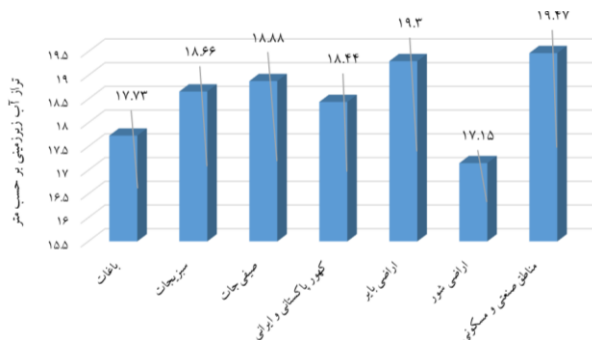
تغییرات تراز آب زیرزمینی (شکل ۸) و هدایت الکتریکی (شکل ۹) در دشت ایسین شرقی و غربی در هر تیپ کاربری محاسبه و مقدار متوسط هدایت الکتریکی و تراز آب زیرزمینی در هر کاربری مشخص شد. در دشت ایسین شرقی نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ (شکل ۸-الف) نشان داد که کمترین تراز آب زیرزمینی به ترتیب در کاربری‌های باغ‌ها، صیفی جات، گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora*، زمین‌های شور، زمین‌های بایر، سبزیجات و نواحی مسکونی و صنعتی به مقدار ۱۸/۹۸m، ۱۸/۷۹m، ۱۸/۵۳m و ۱۹/۰۵m، ۱۹/۲m، ۱۹/۳m و ۱۹/۵۵m بود.

جدول ۵. تغییرات مساحت کاربری‌های مختلف دشت ایسین

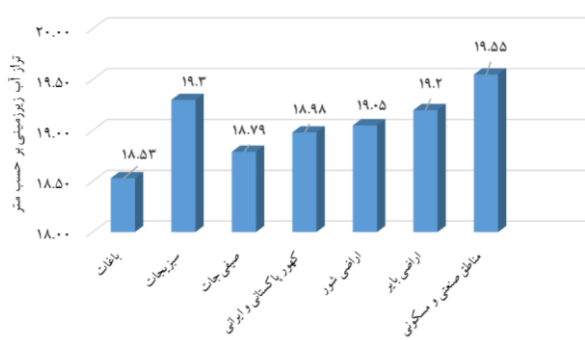
سال	۱۳۸۲-۱۳۸۹	۱۳۸۹-۱۳۹۶	۱۳۹۶-۱۳۹۹ (لندست ۸)	۱۳۹۶-۱۳۹۹ (سنتینل ۲)	پوشش / کاربری اراضی
مساحت (Km ²)	مساحت (%)	مساحت (Km ²)	مساحت (%)	مساحت (Km ²)	مساحت (%)
۳/۶۵	۲/۰۷	۲/۱	۱/۱۹	-۱۰/۵۶	-۱/۳۱
۱/۶۹	۰/۹۵	۲/۹۶	۱/۶۸	-۳/۷۹	-۱/۱۹
۱/۹۵	۱/۱۰	۰/۶۶	۰/۳۷	۴/۵۶	۰/۲۲
-۸/۷۱	-۴/۹۳	-۱۴/۹۷	-۸/۴۷	-۹/۴۵	-۳/۶۴
۰/۹۴	۰/۵۳	۴/۱۸	۲/۳۷	۸/۳۸	۰/۶۱
-۱/۱	-۰/۶۲	۱/۰۴	۰/۵۹	۳/۵۹	۰/۲۴
۱/۵۸	۰/۸۹	۴	۲/۲۷	۷/۳۳	۵/۰۷
۸/۹۶	۴/۱۴				

در دشت ایسین شرقی نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ و تغییرات هدایت الکتریکی (شکل ۹- الف) نشان داد که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی به ترتیب در کاربری‌های زمین‌های بایر، صیفی‌جات، گونه‌های *Prosopis Cineraria* and *Juliflora* زمین‌های شور، نواحی مسکونی و صنعتی، سبزیجات و باغ‌ها به مقدار $4475/22 \mu S/cm$ ، $4400/26 \mu S/cm$ ، $4393/29 \mu S/cm$ ، $4376/63 \mu S/cm$ ، $4367/34 \mu S/cm$ و $4308/49 \mu S/cm$ وجود داشت.

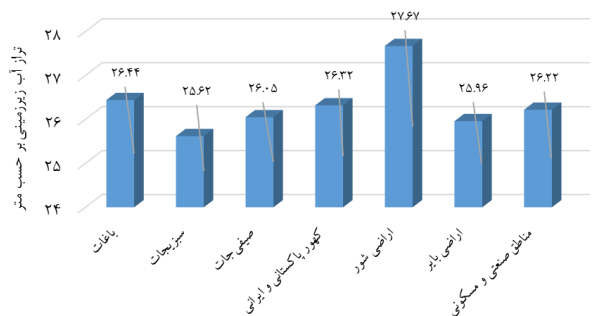
همچنین نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ و تغییرات هدایت الکتریکی (شکل ۹- ب) نشان‌دهنده بیشینه مقدار هدایت الکتریکی به ترتیب در کاربری‌های *Prosopis Cineraria* and *Juliflora*، زمین‌های بایر، زمین‌های شور، نواحی مسکونی و صنعتی، صیفی‌جات، سبزیجات و باغ‌ها به مقدار $4610 \mu S/cm$ ، $4428/1 \mu S/cm$ ، $4418/47 \mu S/cm$ و $4396/95 \mu S/cm$ ، $4368/26 \mu S/cm$ ، $4335/14 \mu S/cm$ و $4307/01 \mu S/cm$ بود.



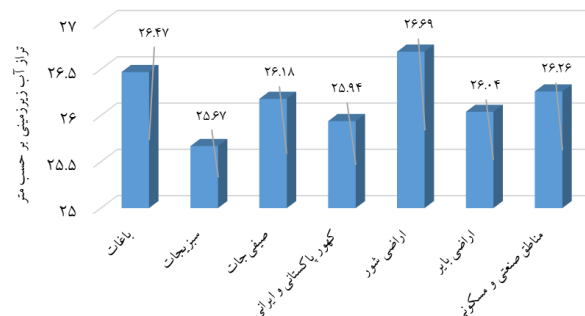
ب) ایسین شرقی - لندست ۸



الف) ایسین شرقی - سنتینل ۲

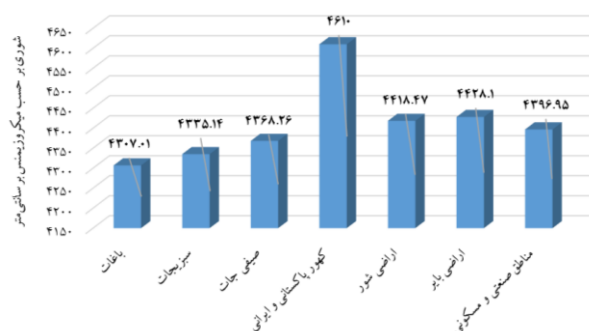


د) ایسین غربی - لندست ۸

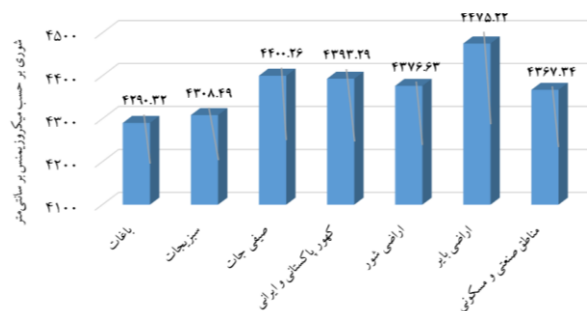


ج) ایسین غربی - سنتینل ۲

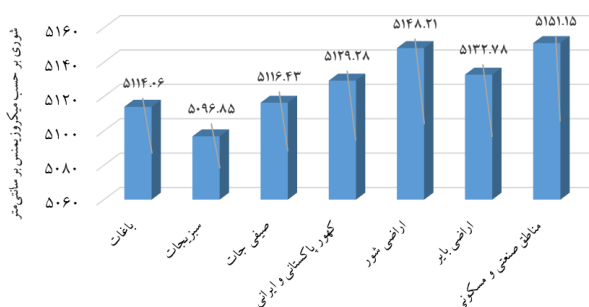
شکل ۸. نمودار تراز آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف دشت ایسین به تفکیک



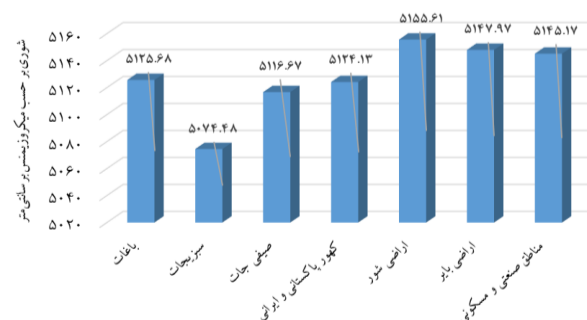
ب) ایسین شرقی - لندست ۸



الف) ایسین شرقی - سنتینل ۲



د) ایسین غربی - لندست ۸



ج) ایسین غربی - سنتینل ۲

شکل ۹. نمودار میانگین هدایت الکتریکی در کاربری‌های مختلف دشت ایسین به تفکیک

استفاده از زمین و تشخیص تغییر آن‌ها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای رقومی پرداخته شد. از دو روش میان‌یابی برای پهنه‌بندی سطح ایستابی و هدایت الکتریکی استفاده شد.

با مقایسه روش میان‌یابی قطعی معکوس فاصله وزنی و روش میان‌یابی زمین‌آماري کریجینگ با فنآوری اعتبارسنجی و معیار آماری RMSE بهترین روش میان‌یابی برای تخمین تراز آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی، ابتدا روش زمین‌آماري کریجینگ و سپس روش قطعی معکوس فاصله وزنی معرفی شد که با مقدار RMSE کمتر دارای دقت زیاد بود. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیق (۱۰، ۹، ۱۶، ۱) مبنی بر اینکه از بین روش‌های درون‌یابی مختلف، روش زمین‌آماري کریجینگ در پهنه‌بندی هدایت الکتریکی و سطح آب زیرزمینی دارای کمترین خطا و بیشترین دقت است، مطابقت داشت. به‌طوریکه استفاده از روش‌های درون‌یابی مختلف می‌تواند منجر به تخمین‌های متفاوتی از مقادیر پارامترها در نقاط درون‌یابی و در نتیجه ایجاد نقشه‌های متفاوتی شود که تغییراتی را در مقادیر پارامترهای تحلیل شده ارائه می‌دهد. به همین دلیل، انتخاب یک روش مناسب عنصر کلیدی پژوهش می‌باشد (۱۷). بررسی نقشه‌های نوع استفاده از

در دشت ایسین غربی نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ و تغییرات هدایت الکتریکی (شکل ۹-ج) نشان داد که بیشینه مقدار هدایت الکتریکی به‌ترتیب در کاربری‌های زمین‌های شور، زمین‌های بایر، نواحی مسکونی و صنعتی، باغ‌ها، گونه‌های *Prosopis Cineraria* and *Juliflora* صیفی‌جات و سبزیجات به مقدار $5155.61 \mu\text{S/cm}$ ، $5148.21 \mu\text{S/cm}$ ، $5134.78 \mu\text{S/cm}$ ، $5129.38 \mu\text{S/cm}$ ، $5116.43 \mu\text{S/cm}$ ، $5114.06 \mu\text{S/cm}$ و $5096.85 \mu\text{S/cm}$ وجود داشت. همچنین نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ و نوسانات هدایت الکتریکی (شکل ۹-د) نشان‌دهنده بیشترین مقدار هدایت الکتریکی به‌ترتیب در کاربری‌های نواحی مسکونی و صنعتی، زمین‌های شور، زمین‌های بایر، باغ‌ها و *Prosopis Cineraria* and *Juliflora* صیفی‌جات، باغ‌ها و سبزیجات به مقدار $5155.61 \mu\text{S/cm}$ ، $5148.21 \mu\text{S/cm}$ ، $5134.78 \mu\text{S/cm}$ ، $5129.38 \mu\text{S/cm}$ ، $5116.43 \mu\text{S/cm}$ ، $5114.06 \mu\text{S/cm}$ و $5096.85 \mu\text{S/cm}$ بود.

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، به بررسی تغییرات مکانی سطح ایستابی و هدایت الکتریکی و رابطه آن‌ها با روند تغییرات نوع

زمین دشت ایسین شرقی و غربی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر نشان داد از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۹ وسعت کاربری‌های صیفی‌جات، زمین‌های شور و نواحی مسکونی و صنعتی افزایش و وسعت زمین‌های بایر کاهش یافته بود. وسعت کاربری گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora* از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ کاهش و از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ افزایش یافته بود. وسعت کاربری‌های سبزیجات و باغ‌ها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶ افزایش و در سال ۱۳۹۹ کاهش یافته بود. سطح تغییرات نوع استفاده از زمین از دسته‌ای به دسته دیگر متفاوت بود. مقدارهای دقت کلی و ضریب کاپا بیش از ۸۲٪ و ۰/۷۹ بیانگر صحت قابل قبول طبقه‌بندی و نقشه‌های به دست آمده بود که این نتایج با نتایج (۱۵، ۱۸، ۱۳، ۱۹) مبنی بر کارآمد بودن روش طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای چند زمانی برای تشخیص تغییرات در یک محیط در حال تغییر مطابقت داشت.

نتایج برآمده از هم‌پوشانی نقشه‌های نوع استفاده از زمین و نوسانات مکانی تراز آب زیرزمینی به‌طور کلی بیانگر هم‌خوانی موقعیت مکانی کاربری کشاورزی بخصوص باغات در دشت ایسین شرقی و سبزیجات در دشت ایسین غربی با پهنه‌های بیشینه کاهش سطح ایستابی است. به‌طوریکه برای آبیاری سبزیجات و باغ‌ها از روش آبیاری غرقابی استفاده می‌کنند و به‌دلیل مقرون به‌صرفه نبودن، پراکندگی و کوچک بودن کرت‌های سبزیجات، شیوه کشت و همچنین انتقال آفت‌ها و بیماری‌ها به‌واسطه رطوبت بالای محیط امکان استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی وجود ندارد و امکان هدررفت آب زیاد است. علاوه بر این نیاز آبی سبزیجات نسبت به صیفی‌جات بیشتر است که می‌تواند بر افت تراز آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد. به‌طوریکه در دشت ایسین شرقی بیشترین افت تراز آب زیرزمینی وجود داشت. همچنین مقدار میانگین هدایت الکتریکی در کاربری‌های مختلف حاصل از داده‌های ماهواره‌ای متفاوت بود. به‌طوریکه نتایج برآمده از هم‌پوشانی نقشه نوع استفاده از زمین حاصل از داده‌های لندست ۸ و نوسانات مکانی هدایت الکتریکی نشان‌دهنده بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در کاربری کهور ایرانی و پاکستانی در دشت ایسین شرقی بود که ممکن است به دلیل شوری زیاد، زمین‌های کشاورزی رها شده و

عملیات آماده‌سازی زمین دیگر صورت نگرفته و منجر به رویش خودرو *Prosopis Juliflora* شده و از آنجایی که این گونه قدرت ریشه‌دوانی و مقاومت زیادی به شوری دارد، گسترش پیدا کرده است و در دشت ایسین غربی بیشترین مقدار هدایت الکتریکی متعلق به کاربری نواحی مسکونی و صنعتی بود. در داده‌های حاصل از سنتینل ۲ مقدار میانگین هدایت الکتریکی در کاربری اراضی بایر-ایسین شرقی و در کاربری اراضی شور-ایسین غربی قابل ملاحظه بود. به‌طوریکه اراضی بایر در دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۹ بیشترین وسعت منطقه را در برداشته و اراضی شور روند افزایشی داشت. با توجه به بازدیدهای میدانی و مصاحبه با کشاورزان مختلف به دلیل شور شدن آب زیرزمینی بعضی از زمین‌های کشاورزی رها و تبدیل به زمین‌های بایر و شور شده است. همچنین کشاورزان در بعضی از آبادی‌های منطقه به دلیل همسایگی زمین‌های کشاورزی با نواحی مسکونی سعی در تغییر نوع استفاده از زمین دارند که نتایج حاصل با نتایج (۷، ۱، ۶، ۲) مبنی بر ارتباط نوع استفاده از زمین با افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی، مطابقت داشت. به‌طوریکه عوامل ایجاد این تغییرات می‌تواند عواملی اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، عوامل اقتصادی-اجتماعی و ... باشد که بر حسب شرایط در مناطق مختلف می‌تواند متفاوت باشد. چنان‌که شوری آب زیرزمینی این منطقه علاوه بر مدیریت نامناسب آب زیرزمینی می‌تواند متاثر از نقش عوامل زمین‌شناسی و نوع سازندهای موجود هم باشد (۱۱). افزایش وسعت کاربری کشاورزی بخصوص باغات و سبزیجات و هم‌خوانی با پهنه‌هایی با بیشترین افت تراز آب زیرزمینی نشان‌دهنده استخراج بی‌رویه آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی است. از طرفی وسعت قابل توجه اراضی بایر و روند افزایشی اراضی شور و مناطق مسکونی و صنعتی و هم‌خوانی با پهنه‌هایی با هدایت الکتریکی بالا و انطباق میانگین بیشینه هدایت الکتریکی با کاربری گونه‌های *Prosopis Cineraria and Juliflora* می‌تواند هشدار برای وضعیت نامناسب آبخوان دشت ایسین باشد که در دراز مدت موجب رها شدن اراضی کشاورزی، کم شدن ارزش زمین‌های کشاورزی و تبدیل آنها به کاربری مسکونی-صنعتی و همچنین پیامدهای اقتصادی و اجتماعی دیگر می‌شود.

■ سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان به‌خاطر حمایت‌های مادی و معنوی و همچنین در اختیار قرار دادن داده‌های موردنیاز، به عمل می‌آورند. همچنین تشکر ویژه خود را از معاونت محترم حفاظت و بهره‌برداری، گروه محترم تحقیقات کاربردی و مدیریت گرمای مطالعات پایه منابع آب آن شرکت ابراز می‌دارند.

در پایان پیشنهاد می‌شود اندازه‌گیری و ثبت تغییرات مقدار هدایت الکتریکی به‌صورت ماهانه انجام گیرد که امکان برآورد دقیق‌تر نتایج حاصل از پهنه‌بندی مکانی تغییرات هدایت الکتریکی باشد. همچنین برای تفکیک دقیق‌تر کاربری‌ها از داده‌های ماهواره‌ای با رزولوشن بالاتر مانند کوئیک‌برد^۱ استفاده گردد. علاوه بر این با توجه به اختلاف کم بازتاب عوارض مانند سبزیجات، صیفی‌جات و گونه‌های کهور، و اراضی بایر و شور جهت افزایش دقت تفکیک عوارض از تصاویر ماهواره‌ای فراطیفی^۲ و خوارزمیک‌های ریاضی بیشتر استفاده شد.

■ References

1. Abedini, M., & Mohammadzadeh Shishagaran, M. (2022). Investigation of land use changes and its relationship with groundwater level (case study: Mallard county), *Environmental Hazards Management*, 9(1), 31-44. DOI: <https://doi.org/10.22059/jhsci.2022.339360.709> [In Persian]
2. Akbarzadeh, P., Nikoo, Sh. (2022). The Investigation of the effects of the regional development in the form of change in land use on the groundwater aquifer level (a case study: Damghan watershed). *Geography and Environmental Sustainability*, 12 (3), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.22126/ges.2022.7594.2512> [In Persian]
3. Bellot, J., Bonet, A., Sanchez, J. R., & Chirino, E. (2001). Likely effects of land use changes on the runoff and aquifer recharge in a semiarid landscape using a hydrological model. *Landscape and Urban planning*, 55(1), 41-53. DOI: 10.1016/S0169-2046(01)00118-9
4. Bergh, J., & Löfström, J. (2012). *Interpolation spaces: an introduction*, Springer Science & Business Media.
5. Cheruto, M. C., Kauti, M. K., Kisangau, D. P., & Kariuki, P. C. (2016). Assessment of land use and land cover change using GIS and remote sensing techniques: a case study of Makueni County, Kenya, *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(4), 1-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2469-4134.1000175>
6. DustMohammadian, A. H., Mohammady, M., Amiri, M., & Kianian, M. K. (2021), investigating quantitative changes of groundwater in the Semnan plain, *Water Resources Engineering*, 13(47), 61-70. DOI: 20.1001.1.20086377.1399.13.47.5.2 [In Persian]
7. Emadodin, S., Shadie Majd, N., & Arekhi, S. (2020). Analysis of the impact of land use change on groundwater level drop (Case study: Mahidasht, Kermanshah province), *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(25), 125-142. DOI: 10.22111/JNEH.2020.31698.1565 [In Persian]
8. Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Khosravi, H., Mahdavi Najafabadi, R., Khorani, A., & Li, G. (2020). Modeling spatial and temporal changes in land-uses and land cover of the Urmia lake basin

²Hyperspectral

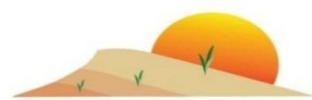
¹ Quick bird

- applying cellular automata and markov chain, *Geography and Environmetal Sustainability*, 10(2), 57-72. DOI: <https://doi.org/10.22126/ges.2020.5303.2238> [In Persian]
9. Gunarathna, M. H. J. P., Nirmanee, K. G. S., & Kumari, M. K. N. (2016). Are geostatistical interpolation methods better than deterministic interpolation methods in mapping salinity of groundwater? *International Research and Innovations in Earth Science*, 3(3), 59-64.
 10. Hazbavi, Z., & Gharachorlu, M. (2022). Spatio-temporal variations of groundwater level in Meshgin plain aquifer, Ardabil province, *Watershed Management Research*, 2(35), 45-59. DOI: <https://doi.org/10.22092/wmrj.2021.356299.1437> [In Persian]
 11. Hormozgan Regional Water Joint Stock Company. (2018). *Report on the extension of the Isin Plain ban*. [In Persian]
 12. Midekisa, A., Holl, F., Savory, D. J., Andrade-Pacheco, R., Gething, P. W., Bennett, A., & Sturrock, H. J. (2017). Mapping land cover change over continental Africa using Landsat and Google Earth Engine cloud computing, *Public Library of Science*, 12(9), e0184926. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184926>
 13. Mishra, P. K., Rai, A., & Rai, S. C. (2020). Land use and land cover change detection using geospatial techniques in the Sikkim Himalaya, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(2), 133-143. DOI: 10.1016/j.ejrs.2019.02.001
 14. Owajori, A., & Xie, H. (2005). *Landsat image-based LULC changes of San Antonio, Texas using advanced atmospheric correction and object-oriented image analysis approaches*. In 5th international symposium on remote sensing of urban areas, Tempe, Arizona.
 15. Seymohammadi, S., Tavakoli, K., Mahdizadeh, H., & Amiri, F. (2021). Investigation of the process of land use change in Mahidasht plain watershed using Remote Sensing images, *Journal of Sustainability, Development & Environment*, 2(2), 56-70. DOI: 20.1001.1.24233846.1400.2.2.4.7 [In Persian]
 16. Shahmohammadi-Kalalagh, S., & Taran, F. (2020). Evaluation of the classical statistical, deterministic and geostatistical interpolation methods for estimating the groundwater level. *International Journal of Energy and Water Resources*, 5, 33-42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42108-020-00094-1>
 17. Sreenivasulu, V., & Bhaskar, P. U. (2010). Change detection in land use and land cover using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(12), 7758-7762.
 18. Taloor, A. K., Kumar, V., Singh, V. K., Singh, A. K., Kale, R. V., Sharma, R., & Chowdhary, N. H. (2020). Land use land cover dynamics using remote sensing and GIS Techniques in Western Doon Valley, Uttarakhand, India. *Geoecology of landscape dynamics*, 37-51. DOI:10.1007/978-981-15-2097-6_23
 19. Tariq, A., Shu, H., Siddiqui, S., Imran, M., & Farhan, M. (2021). Monitoring land use and land cover changes using geospatial techniques, a case study of Fateh Jang, Attock, Pakistan. *Geography, Environment, Sustainability*, 14(1), 41-52. DOI: 10.24057/2071-9388-2020-117

20. Trojan, M. D., Maloney, J. S., Stockinger, J. M., Eid, E. P., & Lahtinen, M. J. (2003). Effects of land use on ground water quality in the Anoka Sand Plain Aquifer of Minnesota. *Groundwater*, 41(4), 482-492. DOI: 10.1111/j.1745-6584.2003.tb02382.x
21. Xiong, J., Thenkabail, P. S., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Poehnelt, J., Congalton, R. G., & Thau, D. (2017). Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126, 225-244. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.01.019
22. Zhou, Y., & Li, W. (2011). A review of regional groundwater flow modeling. *Geoscience frontiers*, 2(2), 205-214. DOI:10.1016/j.gsf.2011.03.003

Desert Management

Vol. 11, No. 1, Spring 2023



Iranian Scientific Association of Desert
Management and Control

Contents

- **Study the Effect of Natural and Anthropogenic Factors on The Ground Water Falling in The Minab Plain** 1
Bahari Meimandi J., O. Bazrafshan, Y. Esmaelpour, M. Shekari and H. Zamani
- **Identifying and Determining the Length of The Greenhouses Cultivation Period Using Aerial Photos and Sentinel-2 Images** 19
Tahmasebi Zadeh N. and H.R. Ghafarian Malamiri
- **Evaluation of Changes in Reference Evapotranspiration in Iran Over the Last Decades** 39
Yahyavi Dizaj A., K. Javan, S. Khaledi and T. Akbari Azirani
- **The Effect of Agronomical Management on the Growth Characteristics of the Forgotten Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Plant in the Semi-Arid Climate** 59
Javadi H., S.Gh.R. Moosavi and N. Farahmandrad
- **Investigation of Different Grazing Intensities on Rangeland Production Quality and Quantity and Soil Carbon in Khabr Rangelands of Baft** 77
Sharafatmandrad M., A. Khosravi Mashizi and E. Jahantab
- **Study of The Relation Between the Status of The Isin Bandar Abbas Plain Aquifer and Land Use Changes** 95
Salehi M., R. Mahdavi Najafabadi, M. Rezai, A. Nafarzadegan and M. Ghorbani

JOURNAL OF DESERT MANAGEMENT

Published Quarterly by the Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions, Under the License No. 3.126885 of the Ministry of Science, Research and Technology of I.R. Iran

Vol. 11

No. 1

2023

License Holder: Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions

Publisher: Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions

Director-in-Charge: M.R. Ekhtesasi, Professor of the Yazd University

Editor-in-Chief: S.J. Khajeddin, Emeritus Professor of the Isfahan University of Technology

Technical Manager: H. Khosravi, Associate Professor, University of Tehran

Editorial Board:

H. Azarnivand, Professor, Tehran University

N. Baghestani Meybodi, Associate Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Yazd

M.T. Dastorani, Professor, Ferdowsi University of Mashhad

M.R. Ekhtesasi, Professor, Yazd University

S. Feyz Nia, Professor, University of Tehran

S.J. Khajeddin, Emeritus Professor, Isfahan University of Technology

H. Khosravi, Associate Professor, University of Tehran

H. Malekinejad, Associate Professor, Yazd University

M. Mohseni Saravi, Professor, University of Tehran

A. Pahlavanravi, Associate Professor, Zabol University

A.H. Saffarzadeh, Associate Professor, Kyushu University, Japan

S. Soltani, Professor, Isfahan University of Technology

A. Talebi, Professor, Yazd University

Editors: *Persian:* A.A. Nazari Samani, Associate Professor, University of Tehran

English: M. Zare, Associate Professor, Yazd University

Executive Manager: A. Jebali

Type & Layout: A. Jebali

Address: Iranian Scientific Association of Desert Management and Control (ISADMC), Arid Lands & Desert Research Institute (ADRI), Yazd University, Po. Box 89195-741, Yazd, IRAN

Telefax: +98 35 38210698

E-mail: jdm.isadmc@yahoo.com

Journal of

Desert Management



ISSN 2476-3721

Quarterly:

Volume 11- No 1- Spring 2023

25

Contents

- **Study the Effect of Natural and Anthropogenic Factors on The Ground Water Falling in The Minab Plain** 1
Bahari Meimandi J., O. Bazrafshan, Y. Esmaelpour, M. Shekari and H. Zamani
- **Identifying and Determining the Length of The Greenhouses Cultivation Period Using Aerial Photos and Sentinel-2 Images** 19
Tahmasebi Zadeh N. and H.R. Ghafarian Malamiri
- **Evaluation of Changes in Reference Evapotranspiration in Iran Over the Last Decades** 39
Yahyavi Dizaj A., K. Javan, S. Khaledi and T. Akbari Azirani
- **The Effect of Agronomical Management on the Growth Characteristics of the Forgotten Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Plant in the Semi-Arid Climate** 59
Javadi H., S.Gh.R. Moosavi and N. Farahmandrad
- **Investigation of Different Grazing Intensities on Rangeland Production Quality and Quantity and Soil Carbon in Khabr Rangelands of Baft** 77
Sharafatmandrad M., A. Khosravi Mashizi and E. Jahantab
- **Study of The Relation Between the Status of The Isin Bandar Abbas Plain Aquifer and Land Use Changes** 95
Salehi M., R. Mahdavi Najafabadi, M. Rezai, A. Nafarzadegan and M. Ghorbani