



دانشگاه یزد

# خشک بوم

دو فصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶

شاپا: ۲۰۰۸-۷۹۰X



# Arid Biome

Scientific and Research Journal



Yazd University

Vol. 7, No. 2, 2017

ISSN: 2008-790X

## فهرست

- تحلیل ترکیب و پراکنش فضاهای سبز شهری در مناطق نیمه خشک با استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهر مشهد).....۱  
مریم حاتمی، احد ستوده، محمد حسین مختاری، بهمن کیانی
- بررسی عوامل موثر بر تمایل گلخانه داران به تولید خیار گلخانه‌ای ارگانیک در استان یزد.....۹  
جلال سالم، محمدرضا اسلامی، سید علی طباطبایی
- تعیین الگوی بهینه کشت با هدف پایداری منابع آب در دشت ارزوئیه؛ به کمک برنامه‌ریزی کسری فازی.....۲۱  
سیمین محسنی، محمدرضا زارع مهرجردی، الهه واثقی
- بررسی عملکرد روش الاستیسته اقلیمی و مدل SIMHYD به منظور ارزیابی کمی عوامل مؤثر بر خشکسالی هیدرولوژیک.....۲۹  
طاهره ابراهیمیان، علی حقی‌زاده، حسین زینی‌وند، ناصر طهماسبی‌پور، رضوان علیجانی
- اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سه گونه چمن گرمسیری رایج در خشک منظر.....۴۳  
هستی میناوی، محمدرضا صالحی سلمی، مختار حیدری، اسماعیل خالقی
- ارزیابی شاخص‌های گیاهی برآورد پوشش و تولید گیاهی مراتع مناطق خشک در دوره‌های رویشی مختلف.....۵۷  
فاطمه پردل، عطاالله ابراهیمی، زهرا عزیزی
- تحلیل امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان.....۷۳  
شیر علی کوهکن، احمد قنبری، محمد رضا اصغری پور، براتعلی فاخری
- بررسی ارتباط خشکسالی و تغییرات NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی (مطالعه موردی: مراتع جنوب استان یزد).....۸۵  
هادی زارع خورمیزی، سید زین العابدین حسینی، محمد حسین مختاری، حمیدرضا غفاریان مالمیری

خشک بوم دو فصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۷ شماره ۲ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

## Contents

- Analysis of description and spatial composition of urban green spaces in semi-arid area, using landscape ecology approach (Case study: Mashhad city).....8  
M. Hatami, A. Sotoudeh, M.H. Mokhtari, B.Kiani
- Study of factors affecting on the tendency to greenhouse organic cucumber producers in Yazd province.....19  
J. Salem, M.R. Eslami, S.A.Tabatabaee
- Determining optimal cultivation pattern in Orzoeye plain considering water resources sustainability using fuzzy fractional programming model.....28  
S. Mohseni, M.R. Zare Mehrjerdi, E. Vaseghi
- Performance investigation of the climate elasticity method and the model of SIMHYD for quantitative evaluation of the effective factors on hydrological drought.....42  
T. Ebrahimi, A. Haghizadeh, H. Zeinivand, N. Tahmasebipour, R. Alijani
- Investigation on morpho-physiological and biochemical characteristics of three common turfgrasses in xeriscaping .....56  
H. Minavi, M.R. Salehi Salmi, M. Heidari, E. Khaleghi
- Evaluating of the most suitable vegetation indices of estimating of canopy cover and above-ground phytomass in arid rangelands during different growth periods .....71  
F. Pordel, A. Ebrahimi, Z. Azizi
- Emergy evaluation of Yaghuti grape of Sistan.....84  
Sh. A. Kohkan, A. Ghanbari, M.R. Asgharipour, B.A. Fakheri
- Analysis of relationship between drought and NDVI variations in different vegetation types.....101  
H. Zare Khormizie, S. Z. Hosseini, M. H. Mokhtari, H. R. Ghafarian Malamiri

## بسم الله الرحمن الرحيم



نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم جلد ۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سردبیر: دکتر محمدرضا اختصاصی (استاد دانشگاه یزد)  
مدیر مسئول: دکتر حمیدرضا عظیمزاده (دانشیار دانشگاه یزد)

### اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر حسین آذرنیوند، استاد دانشگاه تهران
- دکتر محمدرضا اختصاصی، استاد دانشگاه یزد
- دکتر ناصر باغستانی میبدی، دانشیار مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان یزد
- دکتر مجید کریم پورریحان، دانشیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان
- دکتر سیدجمال الدین خواجه الدین، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان
- دکتر محمود حبیب نژاد، دانشیار دانشگاه مازندران
- دکتر حسن روحی پور، دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع
- دکتر ایگور ساوین، دانشیار آکادمی علوم روسیه
- دکتر سادات فیض نیا، استاد دانشگاه تهران
- دکتر احمد قنبری، استاد دانشگاه زابل
- دکتر محمد گلوی، استاد دانشگاه زابل
- دکتر جهانگرد محمدی، استاد دانشگاه شهرکرد
- دکتر سید علی محمد میرمحمدی میبدی، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

ویراستار: دکتر محمد زارع

مدیر داخلی: دکتر محمدحسین مختاری

دبیر اجرایی: دکتر محمد امین اسدی

امور رایانه و صفحه آرایی: مهندس الهام اردکانی

ناظر چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

پروانه انتشار این فصلنامه طبق مجوز شماره ۱۲۴/۳۶۵۰ مورخ ۱۳۸۷/۸/۱۹ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی با روش پژوهشی در زمینه کشاورزی و به زبان فارسی و انگلیسی با گستره سراسر کشور صادر گردیده است.

این نشریه بر اساس تأییدیه شماره ۳/۱۱/۳۷۸۲ مورخ ۱۳۸۹/۳/۱۷ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور دارای اعتبار علمی - پژوهشی است.

شاپا: ۷۹۰-۲۰۰۸

این دو فصلنامه با حمایت انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران و هشت دانشکده و پژوهشکده مرتبط با موضوع انتشار یافته است.

نشانی: یزد، صفائیه، چهار راه پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، دفتر نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم.

aridlandj@yazd.ac.ir

تلفاکس: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸

صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

اسامی داورانی که در این شماره با دو فصلنامه خشک بوم همکاری داشته‌اند:

- دکتر امین اسدی محمد
- دکتر سعید اسلامیان
- دکتر محمدحسین ایران‌نژاد پاریزی
- دکتر آفاق تابنده
- دکتر مهدی تازه
- دکتر زین‌العابدین حسینی
- دکتر سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین
- دکتر مریم دهستانی
- دکتر محمدهادی راد
- دکتر محمدرضا رضایی
- دکتر محمد زارع
- دکتر علی طالبی
- دکتر محمدرضا علمی
- دکتر احمد فتاحی
- دکتر کاظم کمالی
- دکتر احمد مزیدی
- دکتر حسین ملکی‌نژاد

## تحلیل ترکیب و پراکنش فضاهای سبز شهری در مناطق نیمه خشک با استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهر مشهد)

- ۱- مریم حاتمی، دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه یزد  
۲- احد ستوده، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد  
a.sotoudeh@yazd.ac.ir  
۳- محمد حسین مختاری، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد  
۴- بهمن کیانی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۴

### چکیده

فضای سبز شهری در زمره زیر ساخت‌های اجتماعی است و از جمله امتیازات آن کاهش آلودگی هوا، جذب ذرات معلق، تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی و کاهش اثرات طوفان‌ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. شهر مشهد با جمعیت حدود ۲/۸ میلیون نفر، دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. با توجه به توسعه فیزیکی این شهر، تخریب گسترده‌ای از فضای سبز رخ داده است که با الگوی توسعه سازگار با محیط زیست در تضاد است. این پژوهش به بررسی چگونگی ترکیب و پراکنش مکانی فضاهای سبز شهر مشهد و روند تغییر آن‌ها طی سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ می‌پردازد. برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۴ و ۸ که توسط سنجنده TM و OLI با توان تفکیک ۳۰ متر برداشت شده بود استفاده شد، سپس ۴ سنجه سیمای سرزمین PD, ENN, AREA, PLAND برای مناطق مختلف شهر مشهد محاسبه گردید. نتایج نشان داد در طی دوره مورد مطالعه تخریب شدیدی از نظر وسعت و ترکیب و توزیع مکانی فضاهای سبز در این شهر رخ داده است. در حال حاضر شبکه موزاییک فضاهای سبز شهر مشهد از وسعت و پیوستگی لازم برای ارائه خدمات اکولوژیکی جهت بهبود کیفیت محیط زیست این شهر برخوردار نیست.

**واژگان کلیدی:** اکولوژی سیمای سرزمین؛ مناطق نیمه خشک؛ سنجش از دور؛ فضای سبز؛ ایران.

### مقدمه

دارد. [۹] از آن جا که عملکرد واحدهای طبیعی در داخل مناطق شهری بستگی به ترکیب و توزیع آن‌ها دارد، سنجه‌های سیمای سرزمین ابزار بسیار مناسبی برای بیان الگوی موزاییک فضاهای سبز شهری و تغییرات آن در ارتباط با فرایندهای شهر نشینی و تحت اثر بشر هستند [۱]. تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری دارای اهمیت خاصی است. زیرا در شناسایی مکان‌هایی که در گذشته فضاهای سبز و باز بوده‌اند، به منزله مکان‌هایی که دارای استعداد طبیعی برای توسعه فضاهای سبز هستند، کمک می‌کند [۹]. بر اساس لایحه قانونی حفظ و گسترش فضاهای شهری مصوب خرداد ۱۳۵۹ فضای سبز عبارت است از اماکن مسکونی، تجاری، صنعتی، محل‌های کسب و پیشه خدماتی که دارای پوشش

با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای اراضی شهری طی فرایند شهری شدن، ویژگی‌های طبیعی مثل پوشش گیاهی و خاک‌های بکر با مصالح ساختمانی برای مناطق مسکونی، ساختمان‌های تجاری، جاده‌ها و پارکینگ‌ها جایگزین می‌شوند. امروزه هیچ‌گونه تعادلی از نظر سطوح فضای سبز و مناطق باز موجود بین شبکه‌های شهری و الگوهای طبیعی سرزمین مشاهده نمی‌شود و شبکه‌های شهری در حال مسلط شدن بر شبکه‌های اکولوژیکی هستند [۱۷]. به بیان دیگر امروزه درون شهرها عناصر با ارزش اکولوژیکی به‌طور فزاینده‌ای در حال کاهش هستند. حضور طبیعت در شهر در وسعت، ترکیب و توزیع لازم و کافی از الزامات توسعه پایدار و شهر سالم است و برای پیش برد کیفیت زندگی در نواحی شهری اهمیت بسیار

گیاهی یک یا چندساله بوده و به منظور استفاده انتفاعی و یا زیبا سازی به وجود آمده باشد [۱۱].

## مواد و روش‌ها

باتوجه به اهمیت کارکرد اکولوژیک فضاهای سبز به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، در مطالعه حاضر فضاهای سبز شهر مشهد به صورت یک‌جا، شامل فضاهای سبز عمومی و خصوصی اعم از پارک‌ها، فضاهای سبز حاشیه خیابان‌ها، فضاهای سبز منازل و باغ‌های خصوصی مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی تغییرات فضای سبز از تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI<sup>۱</sup> سال ۱۳۹۲ شمسی و همچنین ماهواره لندست ۴ سنجنده TM<sup>۲</sup> سال ۱۳۶۳ شمسی با توان تفکیک ۳۰ متر و ترکیب باندی ۴، ۳، ۲ برای سال ۱۳۶۳ و ترکیب باندی ۳، ۴، ۵ برای سال ۱۳۹۲ استفاده شد. سپس ۴ سنجه سیمای سرزمین<sup>۳</sup> PLAND<sup>۳</sup>، AREA<sup>۳</sup>، ENN<sup>۵</sup> و PD<sup>۶</sup> برای شهر مشهد محاسبه گردید. در آخر، مقدار هر یک از سنجه‌ها در محیط نرم افزار Arc GIS برای مناطق مختلف این شهر برآورد شد.

## معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با مساحتی حدود ۲۰۴ کیلومتر مربع دارای جمعیتی بالغ بر ۲/۸ میلیون نفر، و دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. این شهر در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه واقع شده است. این شهر دارای اقلیم نیمه خشک است و بارندگی آن حدود یک چهارم متوسط بارش جهانی بوده و جزء مناطق کم باران جهان محسوب می‌گردد [۷].

## استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی

بررسی کمی ترکیب و توزیع مکانی عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق استفاده از سنجه‌های (متریک) سیمای سرزمین امکان پذیر است [۱۴]. سنجه PLAND (درصد سیمای سرزمین): این سنجه برابر است با مجموع مساحت‌های (متر مربع) همه لکه‌های مربوط به یک نوع لکه، تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین (متر مربع) ضرب در ۱۰۰ (برای تبدیل به درصد). سنجه AREA (مساحت لکه): مساحت یک لکه شامل موزاییک سیمای سرزمین است که ممکن است به تنهایی مهم‌ترین یا مفیدترین بخش اطلاعات در سیمای سرزمین باشد. سنجه ENN (فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه): این سنجه برابر است با فاصله (متر) با نزدیک‌ترین لکه همسایه از همان نوع. سنجه PD (تراکم لکه): این سنجه برابر است با تعداد کل لکه‌های مربوط به یک نوع لکه، تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ و ۱۰۰۰۰ (برای تبدیل به ۱۰۰ هکتار [۶]).

## یافته‌های تحقیق

### وضعیت سنجه‌های منتخب سیمای سرزمین مناطق

#### مختلف شهر مشهد در سال ۱۳۶۳

بعد از تجزیه تحلیل سنجه PLAND برای پوشش گیاهی شهر مشهد، مشخص شد در سال ۱۳۶۳ منطقه ۲ این شهر با ۷۵/۹۵ درصد از بالاترین نسبت مساحت فضای سبز برخوردار بوده است. به عبارت دیگر، در این سال ۷۵/۹۵ درصد از مساحت این منطقه را فضای سبز تشکیل داده است؛ و منطقه ۱۳ با ۳۶/۶۴ درصد دارای کم‌ترین نسبت فضای سبز بوده است. بالاترین متوسط اندازه لکه (AREA) فضای سبز در سال ۱۳۶۳ با ۰/۶۱ هکتار مساحت برای منطقه ۲ برآورد شد، بعد از آن منطقه ۵ با ۰/۶۰ هکتار دارای بیشترین متوسط اندازه لکه فضای سبز بوده است. در این سال منطقه ۱۳ با ۰/۲۹ هکتار دارای کم‌ترین متوسط اندازه لکه فضای سبز در شهر مشهد بود. نتایج تجزیه و تحلیل سنجه ENN در سال ۱۳۶۳ نشان می‌دهد فاصله بین فضاهای سبز مجاور نسبتاً کم بوده است و می‌توان گفت اتصال و پیوستگی بین لکه‌های سبز در این سال وضعیت نسبتاً خوبی داشته است. در این سال

- 1- Operational Land Imager
- 2- Thematic mapper
- 3- Patch area
- 4- Percentage of landscape
- 5- Euclidean Nearest Neighbor Distance
- 6- Patch density

شهر مشهد و همچنین مناطق ۱۳ و ۱۰ به ترتیب با متوسط اندازه لکه ۰/۱۵۵ و ۰/۱۹۹ دارای کم‌ترین مساحت لکه فضای سبز بین مناطق مختلف شهر مشهد بودند. بعد از تجزیه و تحلیل سنجه ENN برای مناطق مختلف شهر مشهد در سال ۱۳۹۲ مشخص شد، منطقه ۱۲ با ۴۴/۵۹ متر و منطقه ۳ با ۴۶/۴ متر، دارای کم‌ترین فاصله بین لکه‌های فضای سبز مجاور همچنین مناطق ۱۳ و ۱ به ترتیب با ۵۵/۱۳ و ۵۲/۲۸ متر، دارای بیشترین میزان فاصله بین لکه‌های فضای سبز موجود بودند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل سنجه PD در این سال نشان داد، منطقه ۳ با ۱۱۶/۴۵ عدد لکه فضای سبز و منطقه ۹ با ۱۱۵ لکه دارای بیشترین تعداد لکه فضای سبز بین مناطق مختلف شهر مشهد هستند؛ همچنین منطقه ۱۰ با ۱۰۱/۷۶ و منطقه ۱۳ با ۱۰۲/۶۱ لکه فضای سبز دارای کم‌ترین تعداد لکه فضای سبز می‌باشند.

### بحث روی یافته‌ها

### تحلیل زمانی وضعیت ترکیب و توزیع فضایی پوشش گیاهی شهر مشهد

با مقایسه زمانی کمیت نسبی سنجه‌های سیمای سرزمین در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲، اطلاعات کلی در مورد تغییرات ترکیب و توزیع فضایی فضاهای سبز شهر مشهد به دست آمد (جدول ۱).

منطقه یک شهر مشهد با متوسط ۶۳/۷۷ متر فاصله بین لکه‌های سبز مجاور دارای بیشترین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه بین فضاهای سبز مجاور بوده است. از این نظر، منطقه ۱۳ با ۶۱/۴۱ متر فاصله دارای کم‌ترین میزان فاصله بین لکه‌های سبز مجاور بود. وضعیت سنجه PD پوشش گیاهی شهر مشهد در سال ۱۳۶۳ نشان می‌دهد منطقه ۱ این شهر با ۱۳۱/۲۹ لکه فضای سبز از بیشترین تعداد لکه بین مناطق مختلف برخوردار بوده است. همچنین منطقه دوازده این شهر با ۱۲۶/۱۴ لکه فضای سبز دارای کم‌ترین تعداد لکه فضای سبز در این سال بود.

### وضعیت سنجه‌های منتخب سیمای سرزمین مناطق

#### مختلف شهر مشهد در سال ۱۳۹۲

نتایج تجزیه و تحلیل سنجه PLAND برای مناطق مختلف شهر مشهد در سال ۱۳۹۲ نشان داد، که منطقه ۵ با ۴۴/۴۹ درصد و منطقه ۷ با ۴۳/۲۴ درصد فراوانی نسبی فضای سبز، به ترتیب دارای بیشترین نسبت فضای سبز در بین مناطق مختلف شهر مشهد هستند. همچنین مناطق ۱۳ و ۱۰ به ترتیب با ۱۵/۴ و ۱۹/۲۶ درصد دارای کم‌ترین نسبت فضای سبز در این شهر می‌باشند. نتایج تجزیه تحلیل سنجه AREA در مناطق مختلف شهر مشهد در سال ۱۳۹۲ نشان داد، منطقه ۵ و ۴ به ترتیب با متوسط اندازه لکه ۰/۴۷۱ و ۰/۴۴۵ هکتار فضای سبز، دارای بیشترین مساحت لکه فضای سبز در بین مناطق مختلف

جدول ۱- مقایسه تغییر میزان سنجه‌های سیمای سرزمین بین دو تاریخ ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲

سال	پوشش گیاهی							
	Metric							
	PLAND (درصد)		AREA (هکتار)		ENN (متر)		PD (تعداد لکه)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
۱۳۶۳	۷۵/۹۵	۳۴/۶۴	۰/۶۱	۰/۲۹	۶۳/۷۷	۶۱/۴۱	۱۳۱/۲۹	۱۲۶/۱۴
۱۳۹۲	۴۴/۴۹	۱۵/۴	۰/۴۷	۰/۱۵	۵۵/۱۳	۴۴/۵۹	۱۱۶/۴۵	۱۰۱/۷۶

فضای سبز (AREA) از ۰/۶۱ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۰/۴۷ در سال ۱۳۹۲ کاهش پیدا کرده است. این امر بیانگر این است که مساحت لکه‌های فضای سبز شهر مشهد در طی این سال‌ها کاهش پیدا کرده است. بررسی

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در سال ۱۳۶۳، بیشترین مقدار سنجه PLAND، ۷۵/۹۵ درصد بوده است که در سال ۱۳۹۲ به ۴۴/۴۹ درصد کاهش پیدا کرده است. بر اساس جدول فوق، بزرگ‌ترین مساحت لکه



سنجه از ۱۳۱/۲۹ لکه فضای سبز در سال ۱۳۶۳ به ۱۱۶/۴۵ لکه در سال ۱۳۹۲ رسیده است. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود نسبت مساحت فضای سبز مناطق مختلف شهر مشهد در طی سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ به مقدار زیادی کاهش پیدا کرده است. در بیشتر مناطق فضای سبز به نصف کاهش یافته است، در این میان بیشترین کاهش در نسبت مساحت فضای سبز به ترتیب متعلق به مناطق ۱۰، ۱۲ و ۱۳ است.

وضعیت سنجه ENN که بیانگر فاصله میان لکه های سبز مجاور است نشان داد در سال ۱۳۹۲ فاصله بین فضاهای سبز مجاور نسبت به سال ۱۳۶۳ کاهش پیدا کرده است، به طوری که بیشترین میزان این سنجه از ۶۳/۷۷ متر در سال ۱۳۶۳ به ۵۵/۱۳ متر در سال ۱۳۹۲ رسیده است. با مقایسه مقدار سنجه PD در این سال ها نشان می دهد که تعداد لکه فضای سبز در مناطق مختلف شهر مشهد کاهش پیدا کرده است، به طوری که بیشترین میزان این

جدول ۲- مقایسه وضعیت سنجه PLAND در مناطق مختلف شهر مشهد در سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲، (واحد سنجه: درصد)

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
سال													
۱۳۶۳	۴۸/۹۵	۷۵/۹۵	۷۵/۹۵	۷۲/۹۱	۷۵/۵۵	۶۹/۹۷	۶۹/۴۶	۵۲/۲۹	۶۵/۲۴	۵۳/۰۶	۶۷/۱۱	۵۹/۴۹	۳۶/۶۴
۱۳۹۲	۲۲/۲۸	۴۰/۰۶	۴۰/۰۶	۴۳/۱۲	۴۴/۴۹	۴۰/۸۶	۴۳/۲۴	۲۷/۰۷	۳۶/۴۸	۱۹/۲۶	۳۲/۴۰	۲۶/۲۴	۱۵/۴۰

در مناطق ۱۰ و ۱۳ رخ داده است؛ به طوری که در سال ۱۳۶۳ برای منطقه ۱۰ متوسط اندازه لکه ۰/۴۷ هکتار بوده، ولی در سال ۱۳۹۲ این مقدار به ۰/۱۹ هکتار کاهش یافته است. همچنین این مقدار برای منطقه ۱۳ در سال ۱۳۶۳ برابر با ۰/۲۹ هکتار بوده که در سال ۱۳۹۲ به ۰/۱۵ هکتار کاهش یافته است.

مقایسه وضعیت سنجه AREA در مناطق مختلف شهر مشهد در سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ نشان داد در تمامی مناطق شهر مشهد اندازه لکه های فضای سبز کاهش پیدا کرده است و لکه های بزرگ فضای سبز به لکه های کوچک تری تبدیل شده اند. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود بیشترین کاهش در اندازه لکه به ترتیب

جدول ۳- مقایسه وضعیت سنجه AREA در مناطق مختلف شهر مشهد در سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲، (واحد سنجه: هکتار)

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
سال													
۱۳۶۳	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۲۹
۱۳۹۲	۰/۲۲	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۵

وضعیت فضاهای سبز شهر مشهد در مناطق مختلف از نظر اتصال و پیوستگی بهبود یافته است (جدول ۴). در این میان کمترین کاهش در فاصله میان فضاهای سبز مجاور در این سال ها متعلق به منطقه ۱۳ این شهر است.

بررسی وضعیت سنجه ENN طی سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ نشان داد در تمامی مناطق شهر مشهد مقدار این سنجه کاهش یافته است. به عبارت دیگر، فاصله بین فضاهای سبز مجاور در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۶۳ کاهش یافته است. این مسئله بیانگر این امر است که

جدول ۴- مقایسه وضعیت سنجه ENN در مناطق مختلف شهر مشهد در سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲، (واحد سنجه: متر)

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
سال													
۱۳۶۳	۶۳/۷۷	۶۳/۳۱	۶۳/۴۱	۶۳/۳۶	۶۳/۴۵	۶۳/۶۵	۶۲/۹۲	۶۳/۳۶	۶۳/۷	۶۳/۶۳	۶۲/۵۷	۶۳/۱	۶۱/۴۱
۱۳۹۲	۵۲/۲۸	۴۸/۳۱	۴۶/۴	۴۶/۷۷	۴۸/۷۱	۴۸/۴۲	۴۶/۶۱	۵۱/۱۳	۴۸/۴۶	۴۹/۲۷	۴۷/۷۴	۴۴/۵۹	۵۵/۱۳

لکه‌های فضای سبز، علت این که مقدار این سنجه نسبت به سایر سنجه‌ها در سال‌های مورد بررسی کمتر کاهش یافته است، می‌تواند تجزیه لکه‌های سبز بزرگ به لکه‌های سبز کوچک‌تر باشد.

براساس جدول ۵، تعداد لکه فضای سبز در مناطق مختلف شهر مشهد در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ کاهش یافته است. با توجه به کاهش نسبت مساحت فضای سبز در تمامی مناطق شهر مشهد و همچنین کوچک شدن

جدول ۵- مقایسه وضعیت سنجه PD در مناطق مختلف شهر مشهد در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲، (واحد سنجه: تعداد لکه)

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
سال	۱۳۶۳	۱۳۷۱/۲۹	۱۳۷۷/۲۲	۱۳۸۳/۹۱	۱۳۸۹/۱	۱۳۹۵/۶۶	۱۴۰۱/۳۶	۱۴۰۷/۲	۱۴۱۳/۷۷	۱۴۱۹/۹۵	۱۴۲۵/۸۴	۱۴۳۱/۱۴	۱۴۳۷/۴۱
	۱۳۹۲	۱۱۰/۷۳	۱۰۵/۶۷	۱۱۶/۴۵	۱۰۸/۴۸	۱۰۴/۰۲	۱۰۸/۸۸	۱۱۱/۷۴	۱۱۴/۷۲	۱۱۵	۱۰۱/۷۶	۱۰۷/۸۴	۱۰۲/۶۱

### جمعیت و وسعت مناطق مختلف شهر مشهد

کلیان شهر مشهد در چند دهه اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است و بدون در نظر گرفتن نیاز شهروندان به فضای سبز، گسترش شتابانی یافته است. جدول ۶ وسعت و

جمعیت مناطق مختلف شهر مشهد بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد [۸].

جدول ۶- وسعت و جمعیت مناطق مختلف شهر مشهد بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ (گزارش شهرداری مشهد، ۱۳۹۲)

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
جمعیت (نفر)	۱۷۶،۰۳۹	۴۳۴،۷۲۹	۳۸۷،۸۶۲	۲۴۶،۲۹۶	۱۶۸،۱۵۴	۲۳۰،۲۸۹	۲۲۹،۹۴۰	۹۴،۲۲۷	۳۰۰،۵۳۹	۲۶۵،۲۰۵	۱۹۲،۳۵۵	۶۰،۳۷۳	۲۱،۴۵۶
مساحت (هکتار)	۱۵۰۶/۷۵	۳۶۷۰/۶۳	۳۴۶۵/۹۶	۱۴۲۵/۷۲	۱۵۹۷/۸۵	۱۷۰۹/۳	۵۷۳۸/۶۸	۱۹۰۰/۴	۴۹۹۷/۸	۲۳۴۴/۳	۱۶۶۴/۶	۲۱۰۰/۵	۳۵۱/۶

همان‌طور که در جدول ۶ دیده می‌شود منطقه دو شهر مشهد دارای بیشترین جمعیت در بین سایر مناطق است و از لحاظ وسعت در مرتبه سوم قرار دارد. این در حالی است که این منطقه از نظر نسبت مساحت فضای سبز بین مناطق مختلف این شهر در جایگاه پنجم قرار دارد (جدول ۲). این امر بیانگر توزیع نامناسب فضاهای سبز شهری در مناطق مختلف این شهر است. این مسئله برای مناطق ۳ و ۹ این شهر نیز دیده می‌شود.

کاهش فاصله بین لکه‌های فضای سبز مجاور و کاهش کم در تعداد لکه فضای سبز در سال ۱۳۹۲، اندازه لکه‌های فضای سبز در این سال بسیار کاهش یافته است. درصد مساحت فضای سبز در هر منطقه نیز کاهش شدیدی داشته است، به طوری که در بیشتر مناطق فضای سبز به نصف کاهش یافته و در تمامی مناطق شهر مشهد اندازه لکه‌های فضای سبز کاهش پیدا کرده است. به عبارتی لکه‌های بزرگ فضای سبز به لکه‌های کوچک‌تری تبدیل شده‌اند، که این نتیجه با نتایج رفیعی و همکاران [۱۰]. همسو است. این مسئله می‌تواند به دلیل تبدیل اراضی کشاورزی که در بعضی از مناطق این شهر وجود داشته به اراضی مسکونی و همچنین پدیده خرد دانگی فضاهای سبز بزرگ در اثر ساخت و ساز و تغییر کاربری اراضی باشد. این در حالی است که با توجه به قرار گرفتن شهر مشهد در اقلیم نیمه خشک، ضرورت حفظ وسعت و پیوستگی فضاهای سبز در این شهر دو چندان می‌باشد. از طرف دیگر عدم تناسب میان مساحت مناطق مختلف، جمعیت و

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

اخیراً در شهرهای بزرگ دنیا مطالعات زیادی در غالب طرح‌های جامع فضای سبز انجام شده است. در بیشتر مطالعات مذکور بر حفاظت از فضاهای سبز با وسعت زیاد و اتصال این قطعات بزرگ به وسیله قطعات کوچک‌تر یا کریدورها تاکید داشته‌اند [۹]. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد طی دوره زمانی مورد مطالعه فضاهای سبز شهر مشهد دچار روند تخریب شدیدی بوده است. با وجود



این منطقه روشن می‌کند. بنابراین با توجه به بافت مترکم منطقه ۱۳ و نبود امکان ایجاد فضاهای سبز در توزیع و ترکیب مناسب، ایجاد بام‌های سبز در این منطقه توصیه می‌شود. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌گردد از فضاهای سبز با وسعت زیاد حفاظت گردد و این قطعات بزرگ به وسیله قطعات کوچک تر یا کریدورها به منظور ایجاد پیوستگی در ماتریس طبیعی شهر به یکدیگر متصل شوند. همچنین پیشنهاد می‌شود در مناطقی از شهر که لکه‌های سبز با مساحت کم دارند (دچار خرد دانگی هستند) و دارای توانمندی برای ایجاد فضاهای سبز جدید هستند، فضاهای سبز بزرگ ایجاد شود (از جمله مناطق ۱۰، ۱۲ و ۱۳).

## References

- [1]. Botequilha, A., and Ahrea, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59: 65-93.
- [2]. Cook, E., Vanlier, A., and Hubert, N. (1994). *Landscape Planning & Ecological Networks*. Amsterdam, Elsevier Pub.
- [3]. Hatami Nejad, H., Omran Zadeh, B. (2010). A Survey, Assessment and Proposed The Per Capita urban Green Space: A Case Study Metropolis Mashhad. *Geography*, 8(25): 67-85. (in Farsi).
- [4]. McGarigal, K., Marks, B.J. (1995). FRAGSTAT: Spatial Pattern Analysis Program for Quantify Landscape Structure. Gen. Tech. report. PNW-GTR-351; Pacific North-west Research station, USDA-Forest service, Portland.
- [5]. McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., Ene, E. (2002). FRAGSTAT: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, 2002. Accessible from [www.umass.edu/landeco/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/fragstats/fragstats.html).
- [6]. MC Galigal. (2014). Fragstats Help, University of Massachusetts, P15-168.
- [7]. Meteorological Organization, 2014, Climatic characteristics of Khorasan Razavi, [www.razavimet.gov.ir](http://www.razavimet.gov.ir) (in Farsi).
- [8]. Municipality of Mashhad (2012). The Estimated Population of the City of Mashhad in the Years 2010, 2011, 2012 and 2013. [www.mashhad.ir](http://www.mashhad.ir). (in Farsi).
- [9]. Parivar, P., yavari, A., Setuode, A. (2008). A Survey of Spatial Composition and

نسبت مساحت فضای سبز هر منطقه بیانگر توزیع نامناسب فضاهای سبز شهر مشهد است. در بین مناطق شهر مشهد منطقه ۱۳ کم‌ترین نسبت مساحت فضای سبز و اندازه لکه را نسبت به سایر مناطق دارا است. پیوستگی فضای سبز نیز در این منطقه از سایر مناطق کمتر است و از لحاظ تعداد لکه فضای سبز در رتبه قبل از آخر قرار دارد، هرچند وسعت و مساحت این منطقه نسبت به سایر مناطق کمتر است، به دلیل قرار گرفتن حرم مطهر رضوی در این منطقه همه روزه چندین برابر جمعیت ساکن در منطقه، در آن حضور پیدا می‌کنند. این مسئله لزوم توجه بیشتر به ایجاد فضای سبز با وسعت و ترکیب مناسب را در

Configuration of Urban Green Space in Tehran. *Journal of Environmental Studies*, 34(45): 73-84 (in Farsi).

- [10]. Rafiee, R., Mahiny, A.S., & Khorasani, N. (2009). Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(6): 431-438.

[11]. Salehi, S., Dinarvandi, M., & Hedayati, M. (2011). Principles and Criteria for Urban Parks Designing, Simaye Danesh Publishers, 167 (in Farsi).

[12]. Salehi, A., kuochaksaraei, M. (2012). Feasibility of Climate and Soil Improvement Through the Development of Green Space in an Arid Area. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 15(4): 31-41

[13]. Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Urban green spaces analysis for development planning in Colombo, Sri Lanka, utilizing THEOS satellite imagery—A remote sensing and GIS approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(3): 307-314.

[14]. Shabani, N., Abrkar, M., Parivar, P., Kuochak Zadeh, M. (2010). Introduction and Application of Landscape Ecology Approach to Urban Scale (a Case Study in Tehran). *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 12(4): 186-197 (in Farsi).

[15]. Sharifi, M. (1992). Introduction to Green Space Design Basics, Articles of the Seminar

on Green Space. Organization of Parks and Green Spaces in Tehran (in Farsi).

[16]. Thaiutsa, B. (2008). Urban green space, street tree and heritage large Tree assessment in Bangkok, Thailand. *Urban Forestry and Urban Greening*, 7(3): 219-229.

[17]. Turner. Monica G., Gardner Robert H. O'Neill., Robert V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice*, New York: Springer-Verlag, 2- 396.

## Analysis of description and spatial composition of urban green spaces in semi-arid area, using landscape ecology approach (Case study: Mashhad city)

1- M. Hatami, Master Graduate. Yazd University

2- A. Sotoudeh, Assistant Professor, Department of Environment, Yazd University  
a.sotoudeh@yazd.ac.ir

3- M.H. Mokhtari, Assistant Professor, Yazd University

4- B.Kiani, Assistant Professor, Head of Department of Forest Sciences, Yazd University

Received: 05 Jan 2017

Accepted: 16 Oct 2017

### Abstract

Urban green spaces as social infrastructures, reduce air pollution, absorb aerosols, adjust temperature, increase relative humidity and mitigate the storms effects, especially in arid and semi-arid areas. Mashhad, with a population of 2,807,464, is the second populous city in Iran. Because of physical development in this city, a vast green space destruction has occurred, which is the opposite of sustainable development model. This study examines the composition and spatial distribution of green spaces and its changes in Mashhad between 1984 and 2013. For this purpose, satellite images of Landsat TM (Landsat 4) and OLI sensors (landsat8) were used. Then, four landscape metrics such as PLAND, AREA, ENN and PD were calculated for different zone of Mashhad. Results showed that during the time period severe destruction were occurred in size and spatial composition and configuration of urban green space in the city. For the meantime, the current urban green space mosaic network has not appropriate extent and unity to provide necessary ecological services to support and improve environmental quality of the city.

**Keywords:** Land scape; Semi-Arid Area; Remote Sensing; Green space; Iran.

## بررسی عوامل موثر بر تمایل گلخانه‌داران به تولید خیار گلخانه‌ای ارگانیک در استان یزد

۱- جلال سالم، استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

Jalal.salem@yahoo.com

۲- محمدرضا اسلامی، دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی یزد

۳- سید علی طباطبایی، دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۰۷

### چکیده

افزایش تولیدات گلخانه‌ای در استان یزد همراه با افزایش مصرف کود و سم است. در این راستا، ضروری است مصرف مواد شیمیایی در گلخانه‌ها کاهش و تولید محصول ارگانیک افزایش یابد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی عوامل موثر بر فرآیند انتقال به کشاورزی ارگانیک در میان تولیدکنندگان خیار گلخانه‌ای استان یزد است. این تحقیق از نوع پژوهش‌های توصیفی-پیمایشی بوده و ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه با انجام مصاحبه حضوری با گلخانه‌داران تولیدکننده خیار است. تحلیل اطلاعات با استفاده از آزمون آماری t و مدل اقتصادسنجی لاجیت انجام گرفت. از میان ۱۴۴ نفر از مصاحبه‌شونده‌ها، ۵۹ نفر نسبت به کشاورزی ارگانیک دارای تمایل مثبت و ۸۵ نفر تمایلی نشان ندادند. نتایج پژوهش نشان داد که اطلاعات تولیدکنندگان در زمینه کشاورزی ارگانیک کم و نبود حمایت کافی دولت از کشاورزی ارگانیک، خطرپذیری بالای تولید محصول ارگانیک، نبود بازار مشخص و نداشتن علم و مهارت تولید از مهم‌ترین موانع تولید محصولات ارگانیک است. نتایج مدل لوجیت نشان داد که متغیرهای سابقه تولید، سن، میزان تحصیلات، میزان رعایت اصول بهداشتی و نگرش مثبت نسبت به محیط زیست رابطه مثبت و معنی‌دار و متغیرهای مقدار مصرف کود و سموم شیمیایی رابطه منفی و معنی‌دار با تمایل به کشت ارگانیک دارند. با توجه به کمبود اطلاعات فنی، مدیریتی و فروش محصولات ارگانیک، حمایت دولت و نظارت بر تولید در این زمینه ضروری است.

**واژگان کلیدی:** محصول ارگانیک؛ تمایل؛ خیار؛ مدل لاجیت؛ استان یزد.

### مقدمه

تولید محصولات ارگانیک بررسی شود. در این راستا، مطالعه عوامل موثر بر تمایل به تولید خیار سبز گلخانه‌ای ارگانیک در استان یزد می‌تواند کمک شایانی در ایجاد بازار بالقوه محصولات ارگانیک نماید. اگر چه در ایران دولت در راستای توجه و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک، سیاست‌های مختلفی مانند بالا بردن آگاهی کشاورزان و متخصصان در مورد کشاورزی ارگانیک، پرداخت یارانه به کودهای زیستی، آلی و مبارزه بیولوژیک و حمایت از سازمان‌های مردمی را در دستور کار خود قرار داده است، اما همچنان در توسعه این بخش موانع مختلفی مانند نبود سازمان اختصاصی برای حمایت رسمی از تولید ارگانیک،

اهداف کلی در کشاورزی ارگانیک شامل تولید غذا با کیفیت بالا، همسو با طبیعت و محیط زیست، تقویت چرخه‌های زیست محیطی، افزایش حاصلخیزی خاک، حفاظت از تنوع ژنتیکی است [۶]. بیشتر کشورهای جهان حرکت به سوی کشاورزی ارگانیک را شروع کرده‌اند، از آنجایی که در ایران بازاری برای خرید و فروش محصولات کشاورزی ارگانیک وجود ندارد، کشاورزان تولید محصولات ارگانیک را همراه با خطر دانسته و تمایل چندانی برای تولید محصولات ارگانیک از خود نشان نمی‌دهند [۷]. بنابراین، ضروری است با استفاده از تحلیل‌های علمی از جمله رهیافت اقتصادسنجی میزان تمایل کشاورزان به

شهرستان یزد و ۲۷۹۹ هزارمتر مربع در شهرستان اشکذر قرار دارد. شهرستان‌های تفت و مهریز در رتبه‌های سوم و چهارم هستند [۱].

هدف از انجام این پژوهش، بررسی عوامل موثر بر تمایل انتقال به کشاورزی ارگانیک در میان تولید کنندگان خیار گلخانه‌ای استان یزد است. در این راستا، میزان تمایل کشاورزان به تولید محصولات ارگانیک بررسی می‌شود. همچنین میزان اطلاعات تولید کنندگان در ارتباط با کشاورزی ارگانیک، موانع و عوامل اصلی تاثیرگذار بر تمایل به تولید محصولات ارگانیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. عواملی که محرک تبدیل به کشاورزی ارگانیک هستند، را به‌طور کلی به عوامل اقتصادی و غیر اقتصادی تقسیم می‌کنند [۱]. هر چند انگیزه‌های اقتصادی به عنوان مهم‌ترین عامل در تبدیل کشاورزان به کشاورزی ارگانیک نمی‌باشند، با این وجود همواره به عنوان یک عامل مهم در تعیین پذیرش کشاورزی ارگانیک توسط کشاورزان ارگانیک دیده شده است [۱۰]. برخی از مطالعات بر مسائل مالی و اقتصادی تبدیل به کشاورزی ارگانیک تاکید نموده‌اند. نتایج بررسی در کانادا نشان می‌دهد که هزینه‌های بالای کودهای ترکیبی و نگرانی در مورد محیط زیست دلایل اصلی کشاورزان برای انتخاب روش‌های ارگانیک است [۱۴]. بنابراین، با توجه به ارزانی نسبی کود در ایران می‌توان نتیجه گرفت که قیمت پائین نهاده کود، نقش منفی در گرایش به تولید محصول ارگانیک دارد. نتایج بررسی چگونگی انتخاب کشاورزان میان محصولات رایج و ارگانیک در نیوزلند با استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری، ثابت می‌کند که سیاست‌های تشویقی باید روی نگرش‌ها، فنآوری و امور مالی متمرکز شود [۶].

نتایج تحقیقی با عنوان مدل‌سازی بیواقصدادی تبدیل از کشاورزی رایج به ارگانیک در هلند نشان داد که برای یک کشاورز خطر گریز تبدیل مطلوب نیست مگر اینکه سیاست‌های تشویقی از قبیل مالیات بر کود و آفت‌کش‌ها یا یارانه‌ها روی تولید ارگانیک به کار رود و یا این که قیمت فروش محصولات ارگانیک به سمت ثبات و پایداری بیشتر برود. عوامل موثر بر انتخاب روش‌های ارگانیک در بخش محصولات تازه‌خوری در کالیفرنیا با انتخاب ۱۷۵ نفر از کشاورزان تولید کننده محصولات تازه خوری با استفاده از

نبود قوانین و مقررات مربوط به تولید ارگانیک، نبود مراکز علمی صدور گواهی بر پایه استانداردهای اروپایی و جهانی برای تولیدات ارگانیک، عدم رواج فرهنگ برای ترویج مصرف محصولات ارگانیک در میان طبقات مختلف جامعه اعم از تولیدکننده و مصرف کننده، نبود آزمایشگاه‌های مجهز برای سنجش پسماند مواد شیمیایی، وجود دارد [۷]. افزایش تولیدات گلخانه‌ای در استان یزد همراه با افزایش مصرف نهاده‌های کود و سم است. در گلخانه‌های استان یزد سالانه حداقل ۲۵۰ تن سم واپام، ۲۰ تن سموم قارچ‌کش، ۲۰۰۰۰ لیتر سموم شته کش و کنه کش و ۴۰۰ تن انواع کودهای شیمیایی مصرف می‌شود [۱].

با توجه به این که افزایش مصرف مواد شیمیایی علاوه بر تخریب محیط زیست و کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم‌ها، باعث کاهش کیفیت مواد غذایی و انباشت مواد مضر در آن‌ها و ابتلای انسان‌ها به انواع بیماری‌ها می‌گردد. ضروری است برای دستیابی به کشاورزی پایدار، مصرف مواد شیمیایی در تولیدات گلخانه‌ای استان کاهش و تولید محصول سالم و ارگانیک افزایش یابد. در سال‌های اخیر به علت قیمت نسبی مناسب، بالا بودن عملکرد در واحد سطح، پرداخت تسهیلات بانکی، استفاده از منابع محدود کشاورزی و غیره، تولیدات گلخانه‌ای رشد و توسعه یافته است. گسترش گلخانه‌ها به‌ویژه در مناطق مرکزی و جنوب شرق کشور مانند استان کرمان که خشکسالی در بیشتر زمان‌ها مشکلات فراوانی را برای کشاورزان به وجود می‌آورد، می‌تواند راه‌حلی برای افزایش درآمد و اشتغال در بخش کشاورزی این منطقه باشد.

تولید گلخانه‌ای در کشور ما به خاطر منابع داخلی فراوان، بازده و سودآوری زیاد، نرخ بالای بازگشت سرمایه، سادگی نسبی فنآوری تولید و امکان نوآوری در آن، سازگار بودن با شرایط زیست محیطی، امکان مشارکت فراگیر زنان و جوانان در فرآیند توسعه‌ی این فعالیت، و اشتغال‌زایی مستقیم و غیر مستقیم، همواره مورد توجه بوده و رشد قابل توجهی نیز داشته است.

استان یزد با تعداد ۳۶۹۷ واحد گلخانه و با سطح زیر کشت ۱۰۳۷ هکتار رتبه سوم در کشور دارد که حدود ۱۸/۲٪ از سطح زیر کشت گلخانه‌های ایران را شامل می‌شود. از مساحت مذکور، ۶۸۷۶ هزارمتر مربع در

که اطلاعات کشاورزان در زمینه‌های فنی، مدیریتی، فروش و قوانین و مقررات مربوط به کشت و فرآوری محصولات ارگانیک پایین است. پرخطر بودن کشاورزی ارگانیک، حمایت ناکافی دولت، از جمله موانع اصلی کشاورزی ارگانیک یاد شده است [۱۳].

در پژوهشی دیگر، موانع پذیرش محصولات ارگانیک به ۸ دسته بازاریابی، فنی، آموزشی و اطلاع رسانی، حمایت دولتی، فردی، فرهنگی، اقتصادی و فیزیکی - ساختاری تقسیم‌بندی گردید [۵].

### مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع پژوهش‌های توصیفی - پیمایشی است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات در آن، پرسشنامه و مصاحبه حضوری است. جامعه مورد نظر در این پژوهش تمام تولیدکنندگان خیار گلخانه‌ای در استان یزد است. روش نمونه‌گیری خوشه‌ای وزنی انتخاب شد. بنابراین، از میان متغیرهای سطح زیر کشت، تعداد بهره‌برداران، میزان تولید و غیره، متغیر سطح زیر کشت در هر شهرستان به دلیل ثبات بیشتر و در دسترس بودن اطلاعات انتخاب شد. سپس به کمک رابطه تصحیح شده کوکران (۱۹۷۷)<sup>۱</sup> به تناسب وزن هر شهرستان، نمونه‌های تولیدکنندگان آن شهرستان به شرط حداقل وجود یک نمونه برآورد شد. سپس با نمونه‌گیری تصادفی - منظم، بهره‌برداران هر شهرستان انتخاب و با مراجعه به سامانه‌ی صدور پروانه‌ی گلخانه‌های استان یزد اطلاعات و نشانی بهره‌برداران استخراج شد. با مراجعه‌ی حضوری اقدام به تکمیل پرسشنامه از ۱۴۴ نمونه در استان گردید. بیشترین تعداد نمونه از شهرستان یزد (۸۶) و سپس شهرستان‌های اشکذر (۳۲) و تفت (۱۴) انتخاب گردید.

برای مقایسه میانگین‌های دو گروه از تولیدکنندگان با تمایل و عدم تمایل نسبت به تولید محصول ارگانیک از آزمون t استفاده شد. در فرض صفر، میان میانگین دو گروه تفاوت و یا رابطه معنی‌داری وجود ندارد. در فرض یک میان میانگین دو گروه تفاوت و یا رابطه معنی‌داری وجود دارد. در بعضی از مدل‌های رگرسیونی ممکن است متغیر وابسته یا تابع، از نوع کیفی باشد. در این صورت

تحلیل رگرسیون لجبیت بررسی و مشخص شد که متغیرهای فروش کل، بازاریابی بی واسطه، مقدار محصول و سطح زیر کشت، سن کشاورزان و استفاده از کامپیوتر معنی‌دار هستند [۳].

در پژوهشی گرایش ذرت و گندم کاران به روش‌های کشاورزی ارگانیک و غیر ارگانیک در اوهاییو بررسی شد. به این منظور، ۳۲۰ نفر از کشاورزان مورد مصاحبه قرار گرفته و پاسخ‌ها نشان داد که گرایش مثبت به روش‌های کشاورزی غیر ارگانیک و گرایش منفی نسبت به روش‌های کشاورزی ارگانیک وجود دارد [۹].

نتایج بررسی عوامل موثر بر تقاضای بالقوه اعتبارات کشاورزان برای گرایش به تولید خیار ارگانیک گلخانه‌ای در استان خراسان رضوی نشان داد که میانگین توان مالی سرمایه‌گذاری در تولید خیار ارگانیک گلخانه‌ای ۳۰ میلیون ریال، اعتبارات مورد نیاز برای پذیرش تولید خیار ارگانیک گلخانه‌ای ۳۲۸ میلیون ریال (در سطح گلخانه با متوسط سطح حدود ۲۷۰۰ متر مربع) و نرخ بهره پیشنهادی ۴/۸۲ درصد است. در این میان، ۶۶/۷ درصد کشاورزان اعتبارات را در خرید کودهای آلی، ۶۶/۷ درصد در مبارزه بیولوژیک، ۸۶/۷ درصد جهت ایجاد محیط زراعی مناسب ارگانیک و ۵۳/۳ درصد در مبارزه مکانیکی سرمایه‌گذاری خواهند نمود. همچنین رابطه بین متغیرهای حرفه اصلی کشاورز، تجربه کشاورزی، ناظر کشاورزی، اطلاعات بازاری و توان مالی برای سرمایه‌گذاری در خیار ارگانیک و تقاضای بالقوه اعتبارات برای تولید خیار ارگانیک منفی است. رابطه بین متغیرهای سن کشاورز، بیمه محصول، متوسط عملکرد کنونی خیار متعارف، اطلاعات راجع به خیار ارگانیک، کلاس‌های ترویجی و تقاضای بالقوه اعتبارات خیار ارگانیک مثبت است. با توجه به یافته‌ها، ایجاد نظام اطلاعات بازار محصولات ارگانیک، تشویق به کشاورزی تمام وقت، بالا بردن درآمد کشاورزان در جهت افزایش توان مالی برای سرمایه‌گذاری، استفاده از ناظران کشاورزی و افزودن نقش آن‌ها در تولید محصولات گلخانه‌ای و نیز بیمه به عنوان پیشنهاد ارائه شد [۸].

بررسی عوامل موثر بر فرآیند انتقال به کشاورزی ارگانیک مربوط به گوجه‌فرنگی کاران استان البرز نشان داد

اگر  $P_i$  یعنی احتمال تمایل به کشت ارگانیک بوسیله رابطه (۲) بیان شده باشد، در این صورت  $(1-P_i)$  که احتمال عدم تمایل به کشت ارگانیک است، به صورت زیر است:

$$1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{z_i}} \quad (۳)$$

بنابراین:

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{1 + e^{z_i}}{1 - e^{-z_i}} = e^{z_i} \quad (۴)$$

حال بطور ساده  $\frac{P_i}{1 - P_i}$  نسبت احتمال حادثه مورد نظر بر آلترناتیو آن است که در این جا بیانگر میزان برتری احتمال وقوع تمایل به کشاورزی ارگانیک بر عدم آن است. چنانچه از رابطه (۴) لگاریتم طبیعی گرفته شود، رابطه زیر بدست می آید:

$$L_1 = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (۵)$$

رابطه نهائی نشان می دهد که  $L$  لگاریتم نسبت برتری یا مزیت است، نه تنها بر حسب  $X$  بلکه بر حسب پارامتر نیز خطی است. در رابطه بالا  $L$  بنام لاجیت معروف است. همچنین در رابطه فوق بتا (ضریب زاویه) میزان تغییر در  $L$  را به ازای یک واحد تغییر در  $X$  است. عبارت دیگر، میزان تغییر در لگاریتم نسبت برتری یا مزیت (تمایل به کشاورزی ارگانیک) را به ازای یک واحد تغییر در تحصیلات اندازه می گیرد.

## نتایج

### • ویژگی بهره برداران

برای بررسی ویژگی تولیدکنندگان محصول گلخانه ای خیار، عواملی مانند مساحت گلخانه، مقدار تولید، سن، سابقه فعالیت، سطح سواد، گذراندن کلاس های آموزشی، نوع مالکیت و عوامل دیگر، بررسی شد. در این میان، ۶۸ درصد بهره برداران سطح گلخانه ای بین ۱۵۰۰ تا ۶۰۰۰ متر مربع دارا هستند. این در حالی است که فقط حدود ۲ درصد بهره برداران سطحی کمتر از ۱۵۰۰ متر مربع دارا هستند. حدود ۲۱٪ بهره برداران نمونه زیر ۳۰ سال سن داشته و میانگین سنی آنها حدود ۳۹ سال (جوان ترین ۲۲ سال و مسن ترین آن ها ۷۰ سال) است. بر اساس نتایج

متغیر وابسته بیانگر دو گروه است که هر یک مقادیر ۰ و ۱ را اختیار می کند. هر گاه هدف مطالعه میزان تمایل نسبت به کشت ارگانیک بر حسب متغیرهای چون سن، تجربه و سطح تحصیلات باشد، در این صورت هر فرد مورد مطالعه یا تمایل به کشاورزی ارگانیک دارد و یا ندارد. به عبارت دیگر، متغیر وابسته که در اینجا میزان تمایل است دو مقدار اختیار می کند، یک برای زمانی که فرد نسبت به کشت ارگانیک تمایل دارد و صفر برای زمانی که فرد تمایلی برای کشت ارگانیک ندارد. برای تخمین چنین مدل هایی از سه نوع مدل احتمال خطی<sup>۱</sup>، لاجیت<sup>۲</sup> و پروبیت<sup>۳</sup> می توان استفاده کرد. با توجه به برتری مدل لوجیت از جنبه های مختلف، در این پژوهش از مدل لاجیت به شرح زیر برای تخمین مدل استفاده می شود. اگر  $X$  میزان تحصیلات به عنوان متغیر مستقل و  $Y_i$  تمایل به کشت ارگانیک به عنوان متغیر وابسته باشد که  $Y_i$  به دو گروه  $Y=1$  اگر تولید کنندگان نسبت به کشت محصول ارگانیک تمایل داشته باشد و  $Y=0$  اگر تولید کننده نسبت به کشت محصول ارگانیک تمایل نداشته باشد، در چنین مدل هایی که در آن  $Y_i$  به دو گروه تقسیم می شود از مدل لاجیت استفاده می شود. اگر مدل زیر را در نظر بگیریم:

$$P_i = E(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 X)_i}} \quad (۱)$$

که  $e$  پایه لگاریتم طبیعی است. برای آسان سازی استفاده، معادله بالا به شکل زیر بازنویسی می شود:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z_i}} \quad (۲)$$

که در آن:

$z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i$  است. معادله بالا تحت عنوان تابع توزیع تجمیعی لوجستیک معروف شده است.  $P_i$  نه تنها بر حسب  $X$  بلکه بر حسب بتاها، نیز غیر خطی است. به این معنی که روش معمول OLS برای تخمین پارامترهای مدل مذکور قابل استفاده نیست. می توان رابطه مذکور را به صورت رابطه زیر که در آن رابطه خطی بر حسب متغیر موجود تبدیل نمود.



جدول ۲- میزان سودمندی منابع

منابع	میزان سودمندی
برگزاری جلسه، سمینار، کارگاه‌های آموزشی	۳/۸
گلخانه‌داران ارگانیک	۳/۶
سایر مردم (کشاورزان، خانواده، دوستان و نزدیکان)	۳/۳
رادیو، تلویزیون	۲/۶
دانشگاه‌ها و موسسه‌های پژوهشی	۱/۹
کتاب‌ها	۱/۷
مجلات و روزنامه‌ها	۱/۶۵
اینترنت	۱/۵

(۱=عدم سودمندی، ۵=خیلی سودمند)

در جدول ۳ دلایل گلخانه‌داران تولید کننده خیار برای عدم استفاده از کشاورزی ارگانیک در حال حاضر بررسی شده است.

جدول ۳- دلایل عدم استفاده از کشاورزی ارگانیک

دلایل	فراوانی
خطر زیاد کشاورزی ارگانیک	۹۴/۱
حمایت ناکافی دولت	۸۹/۸
پر سود نبودن کشاورزی ارگانیک	۸۸/۶
نبود بازاری فروش برای محصولات ارگانیک	۸۶/۸
نداشتن دانش و مهارت لازم برای مدیریت گلخانه ارگانیک	۸۵/۴
دشواری دستیابی به اطلاعات در باره کشاورزی ارگانیک	۸۴/۷

در جدول ۴، متغیرهای آماری گلخانه‌داران دارای تمایل و بدون تمایل به تولید محصول ارگانیک ارائه شده است.

بر اساس جدول ۴ رابطه آماری بین متغیرهای مستقل و تمایل به کشت محصول ارگانیک بررسی شد. در ادامه فرضیه‌های تحقیق در زمینه‌های فردی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت و معنی‌داری آنها از طریق آزمون t برای مقایسه میانگین گروه‌های مستقل مورد سنجش قرار گرفت. مقدار t محاسبه شده ۲/۳۲ و آزمون فرض برای متغیر سن در سطح ۰/۰۲۳ معنی‌دار شده است. بنابراین، فرضیه صفر رد می‌شود. با توجه به نتایج، با ۹۹ درصد می‌توان ادعا نمود که بین میزان سن و میزان تمایل گلخانه‌داران به تولید ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر، سن تولیدکنندگان بر تمایل آن‌ها به تولید ارگانیک موثر است. تجربه نشان داده که تولیدکنندگان محصولات کشاورزی با سن کمتر به سبب داشتن تحصیلات و خطرپذیری بیشتر، تمایل بیشتری به تولید

مقدماتی سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۹۳، بهره‌برداران گلخانه از بهره‌برداران بخش کشاورزی، جوان‌تر هستند. بیشتر بهره‌برداران نمونه یعنی حدود ۷۰٪ سابقه‌ای بین ۵ تا ۱۵ سال دارند. میانگین سابقه بهره‌برداران نمونه حدود ۸/۵ سال (کم‌ترین ۲ سال و بیشترین ۱۷ سال) است. حدود ۸۶ درصد از نمونه‌ها مالک گلخانه و ۱۴ درصد، گلخانه در اجاره آنها بود. نتایج نشان دهنده آن است که ۵۹/۷ درصد بهره‌برداران نمونه زیر دیپلم و دیپلم و ۳۶/۸ درصد دارای تحصیلات دانشگاهی و ۳/۵ درصد بی‌سواد بودند. بر اساس نتایج، حدود ۲۰ درصد از گلخانه‌داران در باره کشاورزی ارگانیک مطالبی شنیده و حدود ۱۶ درصد با کشاورزی ارگانیک تا حدودی آشنا بوده‌اند که این میزان در حد پائینی است. جدول ۱ میزان آشنائی با فعالیت‌های کشاورزی ارگانیک را نشان می‌دهد. بر اساس جدول فوق، اطلاعات بیشتر گلخانه‌داران در باره مراحل مختلف کشاورزی ارگانیک پائین است. در این مطالعه از گلخانه‌داران در باره منابع اطلاعاتی سوال و از آنها خواسته شد تا نظر خود را در مورد میزان مفید بودن هر یک از این منابع در جمع‌آوری اطلاعات در باره کشاورزی ارگانیک ارائه دهند.

جدول ۱- میزان آشنائی با فعالیت‌های کشاورزی ارگانیک

نوع فعالیت	میزان آشنائی
مدیریت گلخانه ارگانیک	۱/۲۶
فروش محصولات ارگانیک	۱/۱۸
مقررات کشاورزی ارگانیک	۱/۲۱
عملیات فنی برای محصولات در حال رشد ارگانیک	۱/۲۵

(۱=عدم آشنائی، ۵=خیلی زیاد)

بر اساس جدول ۲ برگزاری جلسه، سمینار و کارگاه‌های آموزشی گلخانه‌داران ارگانیک مفیدترین منبع بودند. میزان تمایل گلخانه‌داران خیار نسبت به تولید محصول ارگانیک در آینده ۴۱٪ و بدون تمایل ۵۹٪ بود. از میان ۴۱٪ از تولیدکنندگان که نسبت به تبدیل به کشاورزی ارگانیک در آینده تمایل دارند، حدود ۲۴٪ دارای تمایل کم، ۷٪ دارای تمایل متوسط، ۵٪ دارای تمایل زیاد و ۴٪ تمایل خیلی زیاد دارند. میزان تمایل متوسط گلخانه‌داران ۷٪ است که در سطح کمی قرار دارد. با توجه به نتایج، میزان تمایل گلخانه‌داران نسبت به تولید محصولات ارگانیک کم است.

در گلخانه‌داران به تولید ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد و فرضیه مربوطه تائید می‌گردد. میزان تحصیلات به دلیل افزایش آگاهی گلخانه‌داران نسبت به ضررهای استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیائی می‌تواند بر تمایل آنها به کشت ارگانیک تاثیر بگذارد. از سوی دیگر، با افزایش تحصیلات تولید کنندگان، درک و انجام مدیریت گلخانه‌های ارگانیک آسان تر خواهد بود.

ارگانیک از خود نشان می‌دهند. بین میزان تجربه و میزان تمایل گلخانه‌داران به کشت ارگانیک تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و فرضیه مربوطه مبنی بر ارتباط مستقیم بین تجربه تولید محصول و تمایل به تولید محصول ارگانیک رد می‌گردد. به عبارت دیگر، میزان تجربه بر تمایل به تولید ارگانیک تاثیرگذار نیست. برای متغیر میزان تحصیلات می‌توان ادعا نمود که بین میزان تحصیلات و میزان تمایل

جدول ۴- متغیرهای آماری کشاورزان دارای تمایل و بدون تمایل به تولید ارگانیک

متغیر	تمایل	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	t محاسبه شده	نقطه تشخیص دو طرفه
سن	عدم تمایل	۸۵	۴۳/۱۱	۹/۱۷	۲/۳۲	۰/۰۲۳
	دارای تمایل	۵۹	۳۸/۲۸	۱۰/۱۵		
سابقه تولید	عدم تمایل	۸۵	۲۰/۸۶	۹/۶۲	۱/۰۰	۰/۳۱۶
	دارای تمایل	۵۹	۱۸/۹۲	۸/۵۷		
تحصیلات	عدم تمایل	۸۵	۴/۶۷	۴/۱۷	-۲/۸۴	۰/۰۰۶
	دارای تمایل	۵۹	۷/۵۲	۵/۰۳		
مصرف کود شیمیائی	عدم تمایل	۸۵	۸۲۰/۱۹	۲۲۴/۱۲	۴/۲۵	۰/۰۰۰
	دارای تمایل	۵۹	۵۸۴/۲۱	۲۸۳/۱۳		
مصرف سموم شیمیائی	عدم تمایل	۸۵	۷/۹۰	۲/۸۹	۳/۴۶	۰/۰۰۱
	دارای تمایل	۵۹	۵/۵	۳/۴۹		
سطح زیر کشت	عدم تمایل	۸۵	۱/۲۸	۱/۲۷	۰/۱۶	۰/۸۷۲
	دارای تمایل	۵۹	۱/۲۴	۰/۹۹		
آگاهی درباره کشاورزی ارگانیک	عدم تمایل	۸۵	۰/۰۵۸	۰/۲۳۵	-۳/۳۶	۰/۰۰۱
	دارای تمایل	۵۹	۰/۳۴۲	۰/۴۸۱		
رعایت اصول بهداشتی	عدم تمایل	۸۵	۰/۲۳۱	۰/۴۲۵	-۲/۴۰	۰/۰۱۹
	دارای تمایل	۵۹	۰/۴۷۴	۰/۵۰۶		
نگرش بهتر به محیط زیست	عدم تمایل	۸۵	۰/۴۴۲	۰/۵۱	-۲/۳۴	۰/۰۲۲
	دارای تمایل	۵۹	۰/۶۸۴	۰/۴۷		
استفاده از کشت مخلوط	عدم تمایل	۸۵	۰/۴۲۳	۰/۴۹	-۱/۲۱	۰/۲۳۰
	دارای تمایل	۵۹	۰/۵۵۳	۰/۵۴		

داران خيار به تولید محصول ارگانیک تاثیر موثر است. به عبارت دیگر، با افزایش نیاز به مصرف سموم شیمیائی، میزان تمایل تولید کنندگان به تولید محصول ارگانیک افزایش می‌یابد. بین سطح زیر کشت و میزان تمایل در گلخانه‌داران به کشت ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. به عبارت دیگر، میزان سطح زیر کشت بر تمایل به تولید ارگانیک تاثیرگذار نیست. برای متغیر میزان اطلاع درباره کشاورزی ارگانیک با ۹۹/۹ درصد احتمال بین میزان اطلاع در باره کشاورزی ارگانیک و میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد.

با توجه به نتایج بین میزان مصرف کود شیمیائی و میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد و فرضیه مربوطه تائید می‌گردد. به عبارت دیگر، با افزایش نیاز به مصرف کود شیمیائی میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک افزایش می‌یابد. برای متغیر میزان مصرف سموم شیمیائی مقدار t محاسبه شده ۳/۴۶ و آزمون فرض در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار شده است. بنابراین فرضیه صفر رد و با ۹۹/۹ درصد می‌توان گفت که بین میزان مصرف سموم شیمیائی و میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان داد که میزان مصرف سموم شیمیائی بر تمایل گلخانه

که بیانگر آن است که متغیرهای توضیحی مدل، حدود ۴۴ درصد تغییرات متغیر وابسته مدل را توضیح داده‌اند. ضریب تعیین Nagelkerke نیز ۰/۵۹۴ بدست آمد که نشان می‌دهد متغیرهای مستقل توانسته‌اند حدود ۵۹ درصد تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند. با توجه به نتیجه برآورد اثر نهائی، افزایش هر سال به سن افراد، احتمال تمایل به تولید محصول ارگانیک را از جانب تولید کننده ۰/۱۵۱ درصد کاهش خواهد داد. به عبارت دیگر گلخانه داران جوان‌تر، و با سن کمتر تمایل بیشتری نسبت به کشت ارگانیک دارند.

بر اساس جدول ۵، با افزایش یک سال در سابقه کشت افراد، تمایل به کشت ارگانیک ۰/۲۶۳ درصد افزایش خواهد یافت. این نتیجه نشان می‌دهد که گلخانه دارانی که میزان تجربه بیشتری در تولید محصول ارگانیک دارند، تمایل بیشتری نسبت به کشت ارگانیک نشان می‌دهند.

بین متغیر کشت مخلوط و میزان تمایل در گلخانه داران به کشت ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود نداشته و فرضیه مربوطه رد گردید. به عبارت دیگر، متغیر کشت مخلوط بر تمایل به تولید ارگانیک تاثیرگذار نیست. با ۹۹/۵ درصد اطمینان بین میزان رعایت اصول بهداشتی و میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد و فرضیه تائید می‌گردد. با توجه به نتایج با ۹۹/۵ درصد اطمینان بین میزان نگرش بهتر به محیط زیست و میزان تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد.

#### • الگوی اقتصادسنجی (مدل لاجیت)

برای نشان دادن میزان تاثیر متغیرهای مستقل استفاده شده در مدل بر متغیر وابسته (میزان تمایل) از مدل اقتصادسنجی لاجیت استفاده شد. ضریب تعیین Cox & Snell در مدل برآوردی برابر ۰/۴۴۲ بدست آمد،

جدول ۵- نتایج برآورد مدل لوجیت

متغیرها	پارامتر برآوردی	انحراف استاندارد	معنی‌داری	اثر نهائی
سن	-۰/۲۳۳	۰/۰۹	۰/۰۰۹	-۰/۱۵۱
سابقه کشت	۰/۳۰۹	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲۶۳
میزان تحصیلات	۰/۲۳۸	۰/۱۱۴	۰/۰۳۷	۰/۹۲۲
میزان مصرف کود شیمیائی	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۶	۰/۰۰۲۹
میزان مصرف سموم شیمیائی	-۰/۳۱۲	۰/۱۱۷	۰/۰۰۸	۰/۱۹۶
سطح زیر کشت	۰/۰۳۱	۰/۳۳۷	۰/۹۲۸	۰/۰۲۲
اطلاع در باره کشاورزی ارگانیک	۰/۰۹۶	۱/۲۴۴	۰/۹۳۹	۰/۷۱۸
استفاده از کشت مخلوط	۱/۰۹	۰/۷۸۰	۰/۱۶۲	۰/۸۴۳
رعایت اصول بهداشتی	۱/۵۳۳	۰/۷۲۲	۰/۰۳۴	۱/۵۳۹
نگرش بهتر به محیط زیست	۱/۳۸۳	۰/۶۷	۰/۰۳۹	۰/۹۹۷
عدد ثابت	۴/۶۳۵	۳/۲۳۱	۰/۱۵۱	
Cox & Snell RSquare	٪۴۴			
Nagelkerke RSquare	٪۵۹			
درصد پیش بینی صحیح مدل	٪۸۰			

سموم شیمیائی و تمایل به تولید محصول ارگانیک و برآورد اثر نهائی نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد مصرف سموم شیمیائی، تمایل به تولید محصول ارگانیک ۰/۱۹۶ درصد کاهش خواهد یافت. کشاورزانی که از سموم شیمیائی کمتری استفاده کرده و بیشتر از نیروی انسانی برای کنترل علف‌های هرز استفاده می‌کنند، تمایل بیشتری نسبت به تولید محصول ارگانیک دارند.

رابطه منفی بین میزان مصرف کود شیمیائی و تمایل به تولید محصول ارگانیک و برآورد اثر نهائی نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد مصرف کود شیمیائی، تمایل به تولید محصول ارگانیک ۰/۰۰۲۹ درصد کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، گلخانه‌دارهائی که کود شیمیائی کمتری مصرف می‌کنند، نسبت به کشت ارگانیک تمایل بیشتری نشان می‌دهند. رابطه منفی میان میزان مصرف

ندارد. به عبارت دیگر، متغیر کشت مخلوط بر تمایل به تولید ارگانیک تاثیرگذار نیست.

متغیر رعایت اصول بهداشتی نیز متغیر توضیحی می باشد که بر اساس طیف لیکرت و گویه های مشخص شده، میزان گرایش گلخانه داران به آن مشخص می شود. منظور از رعایت اصول بهداشتی، نصب توری بر روی درب ها و پنجره های گلخانه برای جلوگیری از ورود آفات محصول خیار گلخانه ای از قبیل مگس مینوز و همچنین وجود حوضچه ضد عفونی کننده در محل ورودی گلخانه و رعایت سایر اصول بهداشتی است. بین میزان رعایت اصول بهداشتی و تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی داری وجود دارد. رعایت اصول بهداشتی یکی از ارکان اصلی استانداردهای تولید محصول ارگانیک می باشد، بنابراین، نتیجه بدست آمده با استانداردهای تولید محصول ارگانیک سازگار است [۱۳].

متغیر نگرش بهتر به محیط زیست نیز متغیر توضیحی می باشد که بر اساس طیف لیکرت و گویه های مشخص شده، میزان گرایش گلخانه داران به آن مشخص می شود. با توجه به نتایج، بین میزان نگرش بهتر به محیط زیست و تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی داری وجود دارد. نتایج نشان می دهد که میزان نگرش بهتر به محیط زیست بر تمایل گلخانه داران خیار به تولید ارگانیک تاثیر معنی داری دارد. نگرش بهتر نسبت به محیط زیست باعث می شود که تولید کننده در استفاده از کود و سم شیمیائی احتیاط بیشتری داشته و به اصول کشاورزی ارگانیک نزدیک تر خواهد شد.

میزان تجربه بر تمایل به تولید ارگانیک تاثیرگذار نیست. این نتیجه متفاوت با نتایج پژوهشی [۱۴] و مشابه نتیجه پژوهش [۱۷] است. بررسی عوامل موثر بر پذیرش فناوری ها و نوآوری های جدید توسط پسته کاران خراسان جنوبی نیز نشان داد که میزان تجربه تاثیر مثبت و معنی داری بر پذیرش فناوری های جدید دارد [۷]. در پژوهشی بر گندم کاران استان تهران مشخص شد که دانش فنی - زراعی بهره برداران بیشترین تاثیر مثبت را بر پایداری دارد [۱۲]. مقایسه عقاید و نگرش کشاورزان ارگانیک و رایج برنج کاران تایلند نشان داد که تجربه کشت روی عقاید و نگرش کشاورزان ارگانیک موثر است [۶].

با توجه به رابطه منفی میان میزان سطح زیر کشت و تمایل به تولید محصول ارگانیک، با افزایش یک واحد سطح زیر کشت، تمایل به تولید محصول ارگانیک ۰/۰۲۲ درصد کاهش خواهد یافت، که این رابطه معنی دار نشده است. رابطه مثبت میزان آگاهی نسبت به تولید محصول ارگانیک و تمایل به کشت ارگانیک، نشان می دهد که با ایجاد آگاهی نسبت به تولید محصول ارگانیک در افراد، احتمال تمایل به تولید محصول ارگانیک ۰/۰۷۱۸ درصد افزایش خواهد یافت. که معنی دار نیست. همچنین با توجه به رابطه مثبت میان استفاده از کشت مخلوط و تمایل به کشت ارگانیک و برآورد اثر نهائی، تمایل به کشت ارگانیک ۰/۸۴۳ درصد افزایش خواهد یافت. رابطه مثبت میان میزان رعایت اصول بهداشتی و تمایل به تولید محصول ارگانیک و برآورد اثر نهائی نشان می دهد که با رعایت اصول بهداشتی، احتمال تمایل به تولید محصول ارگانیک ۱/۵۳۹ درصد افزایش خواهد یافت. این رابطه در سطح ۵ درصد معنی دار و با استانداردهای کشاورزی ارگانیک مطابقت دارد. با توجه به رابطه مثبت میان نگرش بهتر نسبت به محیط زیست و تمایل به کشت ارگانیک و برآورد اثر نهائی، تمایل به کشت ارگانیک ۰/۹۹۷ درصد افزایش خواهد یافت.

### بحث و نتیجه گیری

از جمله متغیرهای بررسی میزان تاثیر متغیرهای مستقل استفاده شده در مدل بر متغیر وابسته (میزان تمایل)، متغیر میزان اطلاع در باره کشاورزی ارگانیک است. این متغیر، توضیحی است و بر اساس طیف لیکرت و گویه های مشخص شده، میزان گرایش گلخانه داران به آن مشخص می شود. با توجه به نتایج، بین میزان اطلاع در باره کشاورزی ارگانیک و تمایل به تولید محصول ارگانیک رابطه معنی داری وجود دارد. همچنین متغیر کشت مخلوط متغیر توضیحی است که بر اساس طیف لیکرت و گویه های مشخص شده، میزان گرایش گلخانه داران به آن مشخص می شود. منظور از کشت مخلوط تولید همزمان چند محصول در گلخانه است با توجه به نتایج، بین متغیر کشت مخلوط و تمایل در گلخانه داران به کشت ارگانیک رابطه معنی داری وجود

بگذارد. از سوی دیگر، با افزایش تحصيلات توليدکنندگان درک و انجام مدیریت گلخانه‌های ارگانیک آسان‌تر خواهد بود. نگرش بهتر نسبت به محیط زیست باعث می‌شود که توليدکننده در استفاده از کود و سم شیمیائی احتیاط بیشتری داشته و به اصول کشاورزی ارگانیک نزدیک‌تر خواهد شد.

### پیشنهادات

۱- با توجه به پائین بودن سطح اطلاعات گلخانه‌داران نسبت به توليد محصول ارگانیک توصیه می‌شود که با تشکیل کارگاه‌های آموزشی و سمینار از سوی سازمان‌های دولتی، اطلاعات لازم در مورد مراحل مختلف توليد محصول ارگانیک به اطلاع توليدکنندگان خیار گلخانه‌ای برسد.

۲- دولت می‌تواند از طریق سیاست‌های حمایتی و تشویقی زمینه لازم را برای تشویق توليدکنندگان به توليد محصول ارگانیک فراهم سازد. حمایت مالی به وسیله دولت در مراحل قبل از گذار و بعد از گذار نگرانی آنها را مبنی بر خطرپذیری بالا و سود کم توليد محصول ارگانیک برطرف نمود.

۳- سازمان‌های دولتی با ایجاد زیرساخت‌های لازم در زمینه گواهی محصولات ارگانیک و تسهیل بازاریابی محصولات ارگانیک و گسترش بازارفروش و فرهنگ‌سازی مصرف‌کنندگان برای استفاده از این محصولات، می‌توانند باعث افزایش سودآوری توليد این محصولات و کاهش خطر توليد و تشویق توليدکنندگان به توليد محصول ارگانیک شود.

۴- تمرکز فعالیت‌های ترویجی و آموزشی بر گلخانه‌داران جوان‌تر می‌تواند منجر به افزایش تمایل آنها به توليد خیار ارگانیک گردد. همچنین با توجه به رابطه مثبت بین تمایل به توليد خیار ارگانیک و میزان تحصيلات فراهم آوردن تسهیلات و حمایت از فارغ‌التحصیلان بیکار بخش کشاورزی که تمایل به توليد محصولات گلخانه‌ای، بویژه، خیار دارند می‌تواند تمایل به توليد خیار ارگانیک را در بین گلخانه‌داران خیار افزایش دهد.

همچنین بین میزان مصرف کود شیمیائی و سموم شیمیائی و میزان تمایل به توليد محصول ارگانیک رابطه منفی وجود دارد که مطابق با پژوهش [۱۷] است. نتایج پژوهشی در شهرستان فریدون شهر در میان سیب زمینی‌کاران، رابطه‌ای منفی و معنی‌دار میان مصرف کود شیمیائی با پایداری کشت را نشان داد [۱۴]. بین میزان مصرف سموم شیمیائی و میزان تمایل به توليد محصول ارگانیک نیز رابطه منفی بدست آمد. در پژوهشی با عنوان تاثیر فن‌آوری کنترل بیولوژیک با آفت کرم ساقه خوار برنج، بر استفاده از آفت‌کش‌ها در استان مازندران، رابطه مشابهی بدست آمد [۱۸].

بین سطح زیر کشت و میزان تمایل به توليد خیار ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. به عبارت دیگر، میزان سطح زیر کشت بر تمایل به توليد ارگانیک تاثیرگذار نیست. بین متغیر کشت مخلوط و میزان تمایل در گلخانه‌داران به کشت ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. تحلیل توصیفی نتایج نشان داد از جمله مهمترین دلایل برای عدم استفاده از کشاورزی ارگانیک، خطرپذیری زیاد و حمایت ناکافی از طرف دولت بوده است. نداشتن دانش و مهارت لازم برای مدیریت گلخانه ارگانیک و همچنین دشواری دستیابی به اطلاعات در باره کشاورزی ارگانیک دارای اهمیت کمتری است. همچنین میزان اطلاعات بیشتر گلخانه‌داران در باره مراحل مختلف توليد محصول ارگانیک در سطح پائینی قرار دارد. نداشتن سود مناسب از کشاورزی ارگانیک، نداشتن بازار مشخص فروش از دیگر موانع اصلی عدم توليد محصول ارگانیک است. بین میزان سن، تحصيلات، میزان اطلاع از کشاورزی ارگانیک، میزان رعایت اصول بهداشتی و میزان نگرش بهتر به محیط زیست از یک سو و میزان تمایل گلخانه‌داران به توليد ارگانیک رابطه معنی‌داری وجود دارد. تجربه نشان داده که توليدکنندگان محصولات کشاورزی با سن کمتر به علت داشتن تحصيلات و قدرت خطرپذیری بالاتر، تمایل بیشتری به توليد ارگانیک از خود نشان می‌دهند. میزان تحصيلات نیز به دلیل افزایش آگاهی گلخانه‌داران نسبت به مضرات استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیائی می‌تواند بر تمایل آنها به کشت ارگانیک تاثیر

## References

- [1]. Acs, S. (2006). Bio-economic modelling of conversion from conventional to organic farming. *PhD Thesis*, Wageningen University, The Netherlands, 152 pp.
- [2]. Agricultural Jihad Organization of Yazd. (2015). Agricultural statistics (in Farsi).
- [3]. Amirnezhad, H., and Rafiee, H. (2009). The effect of socio economic factors on the adoption of biological control methods in the rice fields. [www.berenge.com](http://www.berenge.com).
- [4]. Anderson, J., and Desmond, J., and Green, R. (2005). Determinants of farmers adoption of organic production methods in the fresh-market produce sector in California, a logistic regression analysis paper provided by western agriculture economics association. Sanfrancisco, California.
- [5]. Azami, M., Monavari Fard, F., Jeyhoni, S., and Ghadimi, A.R. (2013). The analysis of effective factors on non-accepting of organic agriculture products from the viewpoint of agricultural experts (Case Study: Alborz province). *International Advanced Biological and Biomedical Reserch*, 3: 272-260 (in Farsi).
- [6]. Chouichom, S., and yamao, M. (2010). Comparing opinion and attitudes of organic and non-organic farmers towards organic rice farming systems in north-eastern Thailand. *Journal of organic systems*, 5(1): 25-35.
- [7]. Dadras, A., and Golmohamadi, F. (2008). Study of factors affecting on adoption of new technologies by Pistachio producers in southern Khorasan on website <http://www.keshavarz.com> (in Farsi).
- [8]. Fairweather, J. R. (1998). Understanding how farmers choose between organic and conventional production: Results from New Zealand and policy implication. *Journal of agriculture and human values*, 16(1): 51-63.
- [9]. Ghorbani, M., and Nemati, F. (2011). Investigating the factors potentially affecting demand for agricultural credit for shifting to produce organic greenhouse cucumber in Khorasan Razavi province. *Iranian Environmental science journal*, (3): 46-35 (in Farsi).
- [10]. Gujarati, D. (1995). Principles of Econometrics (Volume 1 and 2) Translated in persian by: H. Abrishami, Tehran University Press, 2006.
- [11]. Hall, K., and Rhoades, E. (2009). Ohio Grain Farmers' Attitudes toward Organic and Non-Organic Farming Methods on website <http://agnews.tamu.edu/saas/2009/hall.pdf>
- [12]. Irvani, H., and Darban, A.R. (2004). Measurement, Analysis and Exploitation of the Sustainability of Farming Systems, (Case Study (Wheat Production, Tehran Province) Iranian. *Journal of Agricultural Science*, 35(1): (in Farsi).
- [13]. Lotter, D.W. (2003). Organic agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 21(4): 59-128.
- [14]. Maghsodi, T., and Irvani, H. (2007). Regression analysis of factors affecting on sustainability of potato production in Fereydūnshahr city. *Journal of rural and development*, 17: 37-42 (in Farsi).
- [15]. Ministry of Agriculture, 2014. Agriculture statistics 2013, Department of Planning, Department of Statistics and Information. (in Farsi).
- [16]. kings, D., and Ilbery, B. (2012). Farmers attitudes towards organic and a conventional agriculture: behavioural perspective, organic food and developments in the social sciences, drmatthew reed (ED), ISBN: 2-764-307-953-978, In Tech, Avilable at: <http://intechopen.com>.
- [17]. Sadeghi, E., and ShokatFadai, M., and Khaledi, M. (2011). Affecting factors in the Process of Converting to Organic Farming Case Study tomato Producer in Alborz Province, Shiraz, Eighth Biennial Conference of Agricultural Economics Iran (in Farsi).
- [18]. Salami, H., and Khaledi, M. (2001). Impact of technology of biological control of rice stem borer pest on the use of pesticides in Mazandaran Province. *Journal of agricultural economic and development*, 33:67-81 (in Farsi).
- [19]. Sholubi, Y. O., Stonehouse, D.P., and Clark, E.A. (1997). Profile of organic dairy farming in Ontario. *American Journal of Alternative Agriculture*, 13(3):133-139.

## Study of factors affecting on the tendency to greenhouse organic cucumber producers in Yazd province

1- J. Salem, Assistant Professor of Economic, Social and Extension Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Yazd, Iran

Jalal.salem@yahoo.com

2- M.R. Eslami, Associate Professor of Agricultural Economics, Islamic Azad University, Yazd

3- S.A.Tabatabaee, Associate Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Yazd, Iran

Received: 29 Jun 2016

Accepted: 27 Jun 2017

### Abstract

Increase in greenhouse production in Yazd province has resulted increase in consuming of fertilizer and pesticide use therfor, so it is necessary to reduce using of chemical materials in greenhouse production and increase of organic products. The aim of this study was to investigate the factors influencing process of transition to organic agriculture in greenhouse cucumber producers in Yazd province. This study was a descriptive-survey research. Data collection tools were questionnaires and face to face interviews with 144 producers of greenhouse cucumber in the province. Data analysis was done using descriptive analysis, T-test and logit econometric model. Among 144 greenhouse cucumber producers, 59 people have a positive trend to become organic farmers and 85 people showed no interest. Results showed that the low knowledge of producers in the field of organic farming, lack of sufficient support of organic farming by government, high-risk of organic farming, the lack of specific market and are the major obstacles on the way of the production of organic products. Logit model results showed that there is a significant positive relationship between the level of production experience, age, education, sanitary positive attitude towards environment and desire to have organic farming. There is a significant negative correlation between using of chemical fertilizers and pesticides and desire to have organic farming. Due to lack of knowledge in the field of technical, management and sales of organic products, government support and control of the production in this area is essential.

**Keywords:** Organic products; Tendency; Yazd province; Cucumber; Logit model.





## تعیین الگوی بهینه کشت با هدف پایداری منابع آب در دشت ارزوئیه؛ به کمک برنامه‌ریزی کسری فازی

۱- سیمین محسنی، دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان  
mohseni.simin@gmail.com

۲- محمدرضا زارع مهرجردی، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- الهه واثقی، دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۷

### چکیده

پایداری منابع آب مهم‌ترین سهم را در وجود و دوام سامانه‌های کشاورزی دارد و به میزان زیادی وابسته به الگوی کشت محصولات زراعی است. در این مطالعه الگوی بهینه کشت دشت ارزوئیه، کرمان براساس داده‌های سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ با هدف پایداری منابع آب تعیین گردید. هدف از این پژوهش، پیدا کردن الگوی کشت بهینه‌ای است که در آن درآمد ناخالص را به ازای هر مترمکعب آب حداکثر کند و با کاهش مصرف آب در رسیدن به کشاورزی پایدار کمک نماید. بدین منظور از روش برنامه‌ریزی کسری فازی استفاده گردید. در آخر با الگوی کشت فعلی و برنامه‌ریزی خطی مقایسه شد. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی و برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. همچنین با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه‌ریزی به ازای هر مترمکعب آب ۱۰ درصد افزایش یافته است. این بدان معناست که حداکثر کردن بازده حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری منابع آب و حداقل کردن مصرف آب به نفع جامعه است.

**واژگان کلیدی:** پایداری منابع آب؛ الگوی بهینه کشت؛ برنامه‌ریزی کسری فازی؛ ارزوئیه.

### مقدمه

است. این دشت با متوسط بارندگی ۹۰ میلی‌متر در مقایسه با میانگین کشور، یکی از مناطق خشک استان کرمان و کشور محسوب می‌شود. وضعیت آبیاری زمین‌های کشاورزی و در نتیجه هدررفت آب، به‌ویژه در این دشت به یکی از چالش‌های پیشرو در زمینه توسعه کشاورزی استان کرمان تبدیل شده است [۱۴]. بنابراین بررسی تعیین الگوی کشت با هدف پایداری منابع آبی در بخش کشاورزی در دشت ارزوئیه به گونه‌ای که با حداقل آب مصرفی بیشترین سود را به دست آورد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

توجه به امر پایداری و مدیریت منابع آب (در محدوده حفاظت منابع پایداری) به عنوان یک منبع بسیار حیاتی، در سال‌های اخیر از موضوعی فرعی، به مسئله‌ای محوری و پراهمیت تبدیل شده است [۲]. الگوی کشت محصولات

در مناطق خشک و نیمه خشک مانند بیشتر مناطق ایران، آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه اقتصادی است. استان کرمان را می‌توان یکی از خشک‌ترین استان‌های کشور از نظر منابع آبی دانست. مشکل اصلی استان کویری کرمان کمبود آب است. میانگین بارندگی سالیانه در استان بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر است، درحالی که این مقدار در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. میانگین تبخیر سالیانه استان ۱۵۰۰ میلی‌متر است. متوسط سالیانه رطوبت نسبی و درجه حرارت این استان به ترتیب ۳۳ درصد و  $17/4^{\circ}\text{C}$  است. میانگین حداکثر درجه سالانه  $21/7^{\circ}\text{C}$  و میانگین حداقل آن  $7/7^{\circ}\text{C}$  است [۱۶].

دشت ارزوئیه در تولید محصولات زراعی گندم، ذرت و پنبه رتبه اول در استان کرمان را به خود اختصاص داده است. همچنین در تولید محصول جو دارای رتبه سوم

موجود و کسب بازده برنامه‌ای مشابه الگوی فعلی، میزان مصرف آب کاهش یافته است که ناشی از ترکیب جدید محصولات در نظام تولید است. در تحقیقی با استفاده از کاربرد برنامه ریزی کسری به پایداری منابع آب و الگوی بهینه کشت در ایران پرداخته شد [۲]. نتایج حاکی از آن است که در الگوی بهینه برنامه ریزی کسری، نسبت درآمد به آب مصرفی بیشتر از الگوی بهینه برنامه ریزی خطی ساده است. در واقع میزان مصرف آب به ازای یک واحد درآمد در این الگوی کاهش می‌یابد. الگوی بهینه کشت شهرستان پیرانشهر با استفاده از برنامه ریزی کسری چندمعیاره فازی با اهداف کشاورزی پایدار تعیین شد [۲۰]. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه ریزی کسری چندهدفه فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی فعلی کشت اختلاف زیادی دارد. افزون بر این نتایج حاصل از شاخص‌های پایداری (نسبت درآمد ناخالص به استفاده از کودهای شیمیایی و سموم مختلف) نشان از اهمیت هدف و یا حداقل کردن این نهاد در جهت پایداری داشت. با توجه به یافته‌ها، اهمیت حذف و یا حداقل کردن نهاد سم شیمیایی قارچ‌کش بیشتر از سایر نهادها بود. در پژوهشی الگوی کشت بهینه با هدف کاهش مخاطرات محیطی برای کشاورزی ایران تعیین شد [۵]. در این مطالعه از برنامه ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه استفاده شد نتایج نشان داد که نسبت خالص بازدهی درون مصرفی نهادها و نسبت مصرف نهادها در مزرعه با استفاده از الگوی خروجی برنامه ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه بهبود می‌یابد. در دشت شمالی چین روش‌هایی برای صرفه‌جویی آب کشاورزی و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در محدوده آبیاری شی‌جی‌ژوانگ بررسی شد [۱۱]. برای مشخص کردن نظریه کمبود آب، یک روش مدیریت منابع آب پایدار و انعطاف پذیر پیشنهاد شده است. نتایج مدل نشان داد که ۲۹/۲ درصد (۱۵/۷ میلی‌متر) کاهش در آبیاری می‌تواند تخلیه آب‌های زیرزمینی را در دشت متوقف کند. به علاوه ۱۰ درصد کاهش در پمپاژ آب برای آبیاری (در کل ۳۹/۲ درصد یا ۱۸۲/۱ میلی‌متر) بازیابی آب‌های زیرزمینی را تحریک خواهد کرد. در چند پژوهش دیگر، به حل مسائل برنامه ریزی کسری خطی چندهدفه فازی پرداخته شد [۷].

زراعی با تأکید بر کشاورزی پایدار در اراضی زیر سد علویان با استفاده از برنامه ریزی کسری تعیین شده است [۱۰]. نتایج حاکی از آنست که در الگوی برنامه ریزی کسری در کوتاه‌مدت درآمد ناخالص، کمتر از وضعیت فعلی است، ولی مصرف آب به گونه‌ای تنظیم می‌شود که به طور عمده در ماه‌های مختلف کمبودی از نظر این منبع در منطقه وجود نداشته باشد. در ضمن با در نظر گرفتن نتایج الگوی برنامه ریزی کسری، مصرف مواد شیمیایی زیان‌آور از جمله کودها و سموم شیمیایی نیز در حداقل خود خواهد بود. در مطالعه‌ای تحت عنوان تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه ریزی کسری، برای استان کرمان به اندازه‌گیری پایداری پرداخته شد [۳]. در این تحقیق به صورت تئوری و تجربی کاربرد این روش را برای محاسبه پایداری بررسی و شاخص‌هایی برای پایداری محاسبه شد. در پژوهشی به تعیین الگوی کشت استان خراسان شمالی با اهداف کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه پرداخته شد [۱۲]. یافته‌های این بررسی در سطح بهره‌بردارهای بزرگ نشان داد که الگوی حاصل از برنامه ریزی خطی ساده بسیار به الگوی کشت فعلی منطقه نزدیک است، در حالی که الگوی حاصل از برنامه ریزی فازی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی حاصل از برنامه ریزی ساده و الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف چشم‌گیری داشت. این نتیجه در مورد بهره‌بردارهای کوچک مقیاس تا حدودی متفاوت بود و الگوی کشت فعلی برای همسویی با اهداف پایداری کمتر دستخوش تغییر شده بود. در پژوهشی به ارزیابی پایداری در سیستم زراعی منطقه‌ای روستایی در شرق اصفهان پرداخته شد و الگوی کشتی متناسب با بهره‌بردار بهینه از منابع آب و خاک آن منطقه با استفاده از رهیافت الگوهای برنامه ریزی ریاضی تدوین شد [۱]. نتایج نشان داد که الگوی برنامه ریزی کسری روش مناسبی برای مطالعه پایداری در چارچوب تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره به نظر می‌رسد. در مطالعه‌ای به تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران پرداخته شد [۱۵]. نتایج برنامه ریزی خطی نشان داد در الگوی کشت بهینه، با وجود به کارگیری تمام سطح زیر کشت

برنامه‌ریزی کسری خطی بالا را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$\text{Max } \phi(x) = \frac{N(x)}{D(x)} \quad (4)$$

s. t.:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه<sup>۲</sup> (MOLFPP)

شکل عمومی برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه به صورت زیر است:

$$\text{Max } \phi(x) = \{\phi_1(x), \phi_2(x), \dots, \phi_n(x)\} \quad (5)$$

$$S. t. : x \in \Delta = \{x \in R^n : Ax \leq b, x \geq 0\},$$

$$b \in R^n; A \in R^{m \times n}$$

در شرایط زیر روش‌های مختلفی برای حل MOLFPP وجود دارد:

$$\phi_i = \frac{c_i x + \alpha_i}{d_i + \beta_i} = \frac{N_i(x)}{D_i(x)} \quad (6)$$

$$c_i, d_i \in R^n, \alpha_i, \beta_i \in R$$

نیکفستی و زولکفستی [۱۷] روشی توافقی را برای حل MOLFPP پیشنهاد کردند. لوهاندجولا [۱۳] از رهیافت فازی برای حل MOLFPP استفاده کرد. با کمک  $y = tx$  ( $t > 0$ )، برنامه‌ریزی خطی با اهداف چندگانه، معادل برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{Max } \left\{ tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \text{ if } i \in I; tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \text{ if } i \in I^c \right\} \quad (7)$$

S. t.:

$$tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 1 \quad i \in I$$

$$-tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 1 \quad i \in I^c$$

$$A \left( \frac{y}{t} \right) - b \leq 0$$

$$t > 0, y \geq 0$$

که در آن:

$$I = \{i : N_i(x) \geq 0 \text{ for some } x \in \Delta\} \quad (8)$$

$$I^c = \{i : N_i(x) < 0 \text{ for each } x \in \Delta\}$$

که:

$$I \cup I^c = \{1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

فرض می‌کنیم  $y = tx$  با فرض اینکه  $t \geq 0$ ، بنابراین رویه بدین صورت دنبال می‌شود [۴]. با استفاده از عملگر کمینه، حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی به فرم رابطه (۱۲) بیان شد [۲۱].

۸ و ۹]. در پژوهشی یک راهکار برنامه‌ریزی آرمانی برای مسائل برنامه‌ریزی کسری فازی چند هدفه معرفی شد [۱۸]. همچنین در تحقیقی سری تیلور با استفاده از برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفه فازی حل شد [۶]. هدف از این تحقیق حداکثر کردن نسبت بازده ناخالص به مصرف آب با رهیافت برنامه‌ریزی کسری فازی و براساس داده‌های مقطعی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در دشت ارزوئیه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای الگوی بهینه کشت دشت ارزوئیه از برنامه‌ریزی کسری فازی استفاده شد. همچنین در این تحقیق، نتایج برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری فازی به منظور مقایسه ارائه شده است. برنامه‌ریزی کسری معمول‌ترین نوع برنامه‌ریزی با اهداف نسبتی است. به منظور مطالعه کارایی نسبی در زمینه پایداری کشاورزی، برنامه‌ریزی کسری بسیار کارا تر از سایر روش‌ها عمل می‌کند. هدف از برنامه‌ریزی کسری، یافتن ارزش بهینه یک تابع هدف کسری شامل محدودیت‌های خطی با توجه به متغیرهای داده شده، است [۱۹].

## برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP)<sup>۱</sup>

فرم عمومی برنامه‌ریزی کسری خطی به صورت زیر است:

$$\text{Max } \phi(x) = \frac{c^T x + \alpha}{d^T + \beta} \quad (1)$$

s. t.:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0; x \in R^n; c^T, d^T \in R^n; A \in R^{m \times n}; \alpha, \beta \in R$$

البته برای برخی مقادیر  $x$  ممکن است  $d^T + \beta$  برابر صفر شود. در این گونه موارد می‌توان محدودیت را این گونه بیان کرد:

$$[x \geq 0, Ax \leq b] \Rightarrow [d^T + \beta > 0] \quad (2)$$

$$[x \geq 0, Ax \leq b] \Rightarrow [d^T + \beta < 0]$$

در اینجا برای آسانی بحث فرض می‌شود شرایط زیر برقرار باشد:

$$[x \geq 0, Ax \leq b] \Rightarrow [d^T + \beta > 0] \quad (3)$$

مصرف هر نهاده به ازای هر هکتار هستند. همچنین  $a_{ij}$  و  $d_j$  به ترتیب نمایانگر ضرایب متغیرهای تصمیم و مقدار نهاده موجود است. صورت تابع هدف بیانگر بازده ناخالص محصولات و مخرج آن بیانگر محدودیت‌های پایداری منابع آبی می‌باشد. مقدار عددی این تابع در صورتی حداکثر خواهد شد که میزان بازده ناخالص حداکثر و محدودیت‌های پایداری منابع آبی حداقل شود. از تقسیم مقدار هدف بیشینه‌کردن بازده ناخالص به محدودیت‌های پایداری منابع آبی، شاخص پایداری به دست می‌آید. مدل استفاده شده در این تحقیق پس از تبدیل به پردازش شکل خطی با استفاده از بسته نرم‌افزاری اکسل پردازش گردید.

### نتایج

در این مدل  $x_1, x_2, x_3$  و  $x_4$  به ترتیب محصولات گندم آبی، جو آبی و ذرت دانه‌ای و پنبه را نشان می‌دهند. همچنین این مدل دارای ۹ محدودیت که به ترتیب در برگزیده محدودیت بازده ناخالص، زمین، آب، نیروی کار، کود اوره، کود فسفات، کود پتاس، سم علف‌کش و سم قارچ‌کش است که در رابطه (۱۶) نشان داده شده است.

$$\begin{aligned} \max & 45860 x_1 + 12512 x_2 + 32190 x_3 + 25060 x_4 \\ & (15) \\ \text{s.t.} & \\ & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 91000 \quad (16) \\ & 7000x_1 + 6500x_2 + 12000x_3 + 10000x_4 \leq 73300000040 \\ & 32x_2 + 48x_3 + 80x_4 \leq 3912000 \\ & 400x_1 + 300x_2 + 500x_3 + 4x_4 \leq 31048000 \\ & 150x_1 + 100x_2 + 200x_3 + 2x_4 \leq 11574000 \\ & 100x_1 + 50x_2 + 100x_3 + x_4 \leq 11574000 \\ & 3.5x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 237500 \\ & x_1 + 0.2x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 113000 \\ & x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{aligned}$$

بنابراین با توجه به روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) ساختار ریاضی مسئله در برنامه‌ریزی کسری فازی به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$\begin{aligned} \max & \lambda \quad (17) \\ \text{s.t.} & \\ & 45860 y_1 + 12512 y_2 + 32190 y_3 + 25060 y_4 - 3079039105.4\lambda - 231755631.6t \geq 0 \quad (18) \end{aligned}$$

بدین صورت، اگر  $i \in I$  باشد، تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$\mu_i \left( tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \right) = \begin{cases} 0 & \text{if } tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 0 \\ \frac{tD_i \left( \frac{y}{t} \right) - 0}{\phi_i^- - 0} & \text{if } 0 < tD_i \left( \frac{y}{t} \right) < \phi_i^- \\ 1 & \text{if } tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \geq \phi_i^- \end{cases} \quad (10)$$

و چنانچه  $i \in I^c$  باشد، تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\mu_i \left( tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \right) = \begin{cases} 0 & \text{if } tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 0 \\ \frac{tN_i \left( \frac{y}{t} \right) - 0}{\phi_i^- - 0} & \text{if } 0 < tN_i \left( \frac{y}{t} \right) < \phi_i^- \\ 1 & \text{if } tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \geq \phi_i^- \end{cases} \quad (11)$$

بنابراین با استفاده از عملگر زیمرمن، مدل فازی تبدیل به الگوی فازی زیر می‌شود:

$$\text{Max } \lambda \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{S.t.:} & \\ & \mu_i \left( tN_i \left( \frac{y}{t} \right) \right) \geq \lambda \quad \text{for } i \in I \\ & \mu_i \left( tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \right) \geq \lambda \quad \text{for } i \in I^c \\ & tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 1 \quad \text{for } i \in I \\ & -tD_i \left( \frac{y}{t} \right) \leq 1 \quad \text{for } i \in I^c \\ & A \left( \frac{y}{t} \right) - b \leq 0 \\ & t > 0, y \geq 0 \end{aligned}$$

در این مطالعه شکل کلی برنامه‌ریزی کسری با اهداف چندگانه بدین صورت دنبال می‌شود:

تابع هدف:

$$\text{Max } \phi_i = \frac{\sum_{j=1}^4 c_j X_j}{\sum_{j=1}^4 a_{ij} X_j} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{S.t.:} & \\ & \sum_{j=1}^4 a_{ij} X_j \leq d_j \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (14) \end{aligned}$$

$$X_j > 0$$

در این روابط،  $\phi_i$  به عنوان تابع هدف،  $X_j$  ها به عنوان متغیرهای تصمیم،  $c_j$  ها ضرایب تابع هدف و  $d_j$  ها و  $a_{ij}$  ها به ترتیب معرف محصولات مورد بررسی و مقدار

زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ که شامل محصولات زراعی عمده استان کرمان یعنی گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه ای و پنبه است، پرداخته شده است. در الگوی کشت فعلی ۴۵۰۰۰ هکتار به کشت گندم آبی، ۲۰۰۰۰ هکتار به جو آبی، ۱۴۰۰۰ هکتار به ذرت دانه‌ای و ۱۲۰۰۰ هکتار به پنبه اختصاص داده شد. در برنامه‌ریزی خطی به گندم آبی و پنبه به ترتیب ۶۳۱۰۵ و ۱۶۶۳۲ هکتار اختصاص داده شده است و محصولات جو آبی و ذرت دانه‌ای کشت نمی‌شوند و در برنامه‌ریزی کسری فازی برای محصولات مذکور به ترتیب ۳۹۶۳۴، ۱۹۲۳۱، ۲۲۶۴۱ و ۱۰۳۹۷ هکتار اختصاص داده شده است.

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + 42770\lambda - 133770t \leq 0$$

$$7000y_1 + 6500y_2 + 12000y_3 + 10000y_4 + 527760000\lambda - 1260760000t \leq 0$$

$$40y_1 + 32y_2 + 48y_3 + 80y_4 + 2425440\lambda - 6337440t \leq 0$$

$$400y_1 + 300y_2 + 500y_3 + 4y_4 + 22665040\lambda - 53713040t \leq 0$$

$$150y_1 + 100y_2 + 200y_3 + 2y_4 + 66890680\lambda - 78464680t \leq 0$$

$$100y_1 + 50y_2 + 100y_3 + y_4 + 5184000\lambda - 12096000t \leq 0$$

$$3.5y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_4 + 171000\lambda - 408500t \leq 0$$

$$0.2y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 81360\lambda - 194360t \leq 0$$

$$7000y_1 + 6500y_2 + 12000y_3 + 10000y_4 + 527760000\lambda = 1$$

$$y_1, y_2, y_3, y_4 \geq 0$$

$$t \geq 0$$

در جدول ۱، به مقایسه الگوی کشت فعلی با

برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری در سال

جدول ۱- مقایسه نتایج حاصل از حل مسئله برنامه‌ریزی در حالت الگوی کشت فعلی، برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری فازی (واحد: هکتار)

محصول	الگوی کشت فعلی	برنامه‌ریزی خطی	برنامه‌ریزی کسری فازی
گندم آبی	۴۵۰۰۰	۶۳۱۰۵	۳۹۶۳۴
جو آبی	۲۰۰۰۰	.	۱۹۲۳۱
ذرت دانه‌ای	۱۴۰۰۰	.	۲۲۶۴۱
پنبه	۱۲۰۰۰	۱۶۶۳۲	۱۰۳۹۷

منبع آب می‌باشد که حداکثر کردن بازده حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری مصرف آب به نفع جامعه است.

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج جدول ۱، الگوی کشت ارائه شده بر مبنای روش برنامه‌ریزی کسری فازی با الگوی کشت فعلی و روش برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. این تفاوت نشان‌دهنده مؤثر بودن محدودیت‌های پایداری به کار رفته در الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی است؛ با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی می‌توان با معرفی محدودیت‌های پایداری به مجموعه محدودیت‌های الگوی برنامه‌ریزی ریاضی، الگوی کشتی را تدوین و ارائه کرد که ضمن کسب حداکثر سود، استفاده از حداقل نهاده آب را نیز میسر سازد. علاوه بر این، نتایج به دست آمده از الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی تشویق به تنوع کشت محصول برای حفظ پایداری منابع آب می‌کند و محصولات جو آبی

مقادیر بازده ناخالص برای هر سه حالت الگوی فعلی، برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی کسری محاسبه شد که درآمد ناخالص در هر هکتار برای الگوی فعلی ۳۰۶۵۳۲۰۰۰۰ هزار ریال است. بازده ناخالص با برنامه‌ریزی خطی در هر هکتار ۳۳۱۰۷۹۴۷۳۷ هزار ریال است. در برنامه‌ریزی کسری بازده ناخالص در هر هکتار ۳۰۴۷۶۲۰۶۷۲ هزار ریال به دست آمده است. بازده ناخالص محصولات مختلف در هر هکتار، از ضرب عملکرد در قیمت بازاری و کسر هزینه‌های جاری تولید از آن به دست می‌آید.

در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی با وجود کاهش بازده ناخالص، میزان بازده به ازای هر مترمکعب آب افزایش یافته است. در برنامه‌ریزی خطی آب فقط به عنوان یک محدودیت وارد مدل شده است. در این مدل الگوی کشت را بدون توجه به کمبود منابع آبی و استفاده حداقل از منابع آبی تخمین می‌زنیم که در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی بحث پایداری منابع آب لحاظ می‌شود. به عبارت دیگر، بهبود نسبت بازده به آب مصرفی حاکی از افزایش پایداری

این مطالعات به متفاوت بودن نتایج حاکی از روش برنامه‌ریزی کسری با روش برنامه‌ریزی خطی ساده اشاره شده است. همچنین الگوی برنامه‌ریزی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف زیادی دارد. در الگوی بهینه برنامه‌ریزی کسری، نسبت درآمد به آب مصرفی بیشتر از این نسبت در الگوی بهینه برنامه‌ریزی خطی ساده است. در واقع میزان مصرف آب به ازای یک واحد درآمد در این الگو کاهش می‌یابد.

با توجه به ضرورت کشاورزی پایدار و حفظ و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست در کشور، تغییر الگوی کشت بر مبنای حداکثرسازی درآمد با رعایت حداقل کردن آب مصرفی می‌تواند کمک شایانی در این مورد نماید. روش برنامه‌ریزی کسری فازی این امتیاز را دارد که به طور همزمان این دو معیار را در نظر گرفته و الگوی بهینه را به دست آورد و با توجه به اینکه حرکت به سمت الگوی کشت متناسب با استفاده پایدار از آب باعث کاهش سود کشاورزان می‌شود، حمایت بیشتر دولت از کشاورزان به کارگیرنده این الگو، الزامی و گامی مؤثر برای حرکت به سمت کشاورزی پایدار تلقی می‌شود.

و ذرت دانه‌ای که در الگوی برنامه‌ریزی خطی حذف شده بودند در روش برنامه‌ریزی کسری فازی تولید می‌شوند.

مقایسه نتایج دو روش برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی کسری فازی نشان می‌دهد که اگر بدون توجه به حفظ محیط زیست به بهینه کردن الگوی کشت بپردازیم، بازده ناخالص در هر هکتار ۳۳۱۰۷۹۴۷۳۷ هزار ریال می‌باشد که در مقایسه با حالتی که از برنامه‌ریزی کسری فازی استفاده می‌شود و هدف حداکثر کردن بازده ناخالص و حداقل کردن مصرف آب همزمان در نظر گرفته می‌شود، بیشتر است. در برنامه‌ریزی کسری فازی بازده ناخالص در هر هکتار ۳۰۴۷۶۲۰۶۷۲ هزار ریال به دست آمده است. با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه‌ریزی به ازای هر مترمکعب آب (بازده تقسیم بر مقدار آب مصرفی) ۱۰ درصد افزایش یافته است. این بدان معنی است که حداکثر کردن بازده ناخالص حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری و حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و حداقل کردن مصرف آب به نفع جامعه است.

نتایج این مطالعه مشابه نتایجی است که [۱۲]، [۲]، [۲۰] و [۱۰]، در خصوص مباحث پایداری بیان نمودند. در تمامی

## References

- [1]. Amini Fosookhi, A., & Noori, S.H. (2011). sustainable evaluate and agricultural systems cultivation models determine according to exploitation optimal of water and soil sources by using of non-linear models of mathematical programming. *Journal of Agricultural and Natural Sources Science*, 15(54): 99-109 (in Farsi).
- [2]. Bakhshudeh, M., & Baghestani, M. (2010). Water resources sustainable and optimal cultivation pattern in Iran; application of fractional programming. *Journal of Economical Science*, 1(4): 57-70, (in Farsi).
- [3]. Barim Nezhad, V., & Yazdani, S. (2005). Stability analysis in water resource management in agricultural sector by Using of fractional programming; Case study: Kerman province, 63: 2-16 (in Farsi).
- [4]. Chakraborty, M., & Gupta, S., (2002). Fuzzy mathematical programming for multi-objective linear fractional programming

problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 125: 335-342.

- [5]. Daneshvar, M., SHahnoushi, N., Salehi, R., & Abadi, F. (2009). The determination of optimal crop pattern with aim of reduction in hazards of environmental. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4 (4): 305- 310.

[6]. Duran Toksari, M. (2008). Taylor series approach to fuzzy multi-objective linear, fractional programming. *Information Sciences*, 17(8):1189-1204.

[7]. Dutta, D., Tiwari, R.N., & Rao J. R, (1992). Multiple objective linear fractional programming, a fuzzy set theoretic approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 52: 39-45.

[8]. Dutta, D., Tiwari, R.N., & Rao J.R., (1993). Fuzzy approaches for multiple criteria linear fractional optimization: a comment, *Fuzzy Sets and Systems*, 54: 347-349.



- [9]. Hitosi, M.S., & Takahashi, Y.J., (1992). Pareto optimality for multi-objective linear fractional programming problems with fuzzy parameters. *Information Sciences*, 63: 33–53.
- [10]. Hosseinzad, J., Namvar, A., Hayati, B., & Pishbahar, E. (2014). Determination of Crop Pattern with Emphasis on Sustainable Agriculture in the Lands Below the Alavian Dam and its Network. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(2): 41-54 (in Farsi).
- [11]. Hu, Y., Moiwo, J.P., Yang, Y., Han, Sh., & Yang, Y. (2010). Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang Irrigation District, North China Plain. *Journal of Hydrology*, 393: 219-232.
- [12]. Kohansal, M.R., & Firooz Zarea, A. (2008). Determining optimal cultivation model corresponding with organic agriculture Application of Multiple-objective Linear Fuzzy Fractional Programming, Case study: North Khorasan province. *Journal of Agricultural and Economic Development*, 62(16): 1-13 (in Farsi).
- [13]. Luhanjula, M.K. (1984). Fuzzy approaches for multiple objective linear fractional optimizations. *Fuzzy Sets and Systems*, 13: 11-23.
- [14]. Lundberg M., & Rich, K. (2002). Multimarket models and policy analysis: An application to Madagascar, Washington, DC: World Bank (Processed).
- [15]. Majidi, N., Alizadeh, A., & Ghorbani, M., (2011). Determining the Optimum Cropping Pattern In Same Direction With Water Resources Management Of Mashhad-Chenaran Plain. *Journal of Water and Soil*, 25(4): 776-785 (in Farsi).
- [16]. Meteorological Organization of Kerman province, (2016).
- [17]. Nykowski, Z., & Zolkiski, A. (1985). compromise procedure for the multiple objective linear fractional programming problem. *Operational Research*, 19: 91–97.
- [18]. Pal, B.B., Moitra, B.N., & Maulik, U. (2003). A goal programming procedure for fuzzy multi-objective linear fractional programming problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 139: 395–405.
- [19]. Sabouhi Saboni, M. (2013). Application programming in agricultural economics with an emphasis on using Excel software, Noore Elm of Tehran Publishers, Zabol Universit (in Farsi).
- [20]. Zamani, O., Sabouhi Saboni, M., & Nader, H. (2011). Determining Cropping Pattern Corresponding Sustainable Agriculture by Using Multi-objective Fuzzy Fractional programming: Case study of Piranshahar City. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(4): 101-112 (in Farsi).
- [21]. Zimmermann, H.J., & Zysno, P. (1980). Latent connectives in human decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 4: 37-51.

## Determining optimal cultivation pattern in Orzooye plain considering water resources sustainability using Fuzzy Fractional Programming model

- 1- S. Mohseni, PhD Student of Agricultural Economics, University of Shahid Bahonar Kerman  
mohseni.simin@gmail.com
- 2- M.R., Zare Mehrjerdi, Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Shahid Bahonar Kerman
- 3- E. Vaseghi, PhD Student of Agricultural Economics, University of Shahid Bahonar Kerman

Received: 14 Aug 2016

Accepted: 27 Apr 2017

### **Abstract**

Sustainability of water resources has the most important role in agricultural systems sustainability and is dependent on the pattern of crops. In this study, optimal cropping pattern in Orzooye plain, Kerman was determined. The cross section data of 2013-2014 were used for the analysis. The main aim of this study is to find the optimal cropping pattern that maximizes the gross margin per cubic meter of water consumption and reducing consuming of water in achieving sustainable agriculture. Therefore, fuzzy fractional programming was used and compared with the current cropping pattern and linear programming. Results showed that the optimal cropping pattern using the fuzzy fractional programming to achieve sustainability is different with the current cropping pattern and linear programming. Despite the reduce in total gross margin in the fuzzy fractional programming model, gross margin per cubic meter of water is increased by 10 percent. This means that maximize income from the cultivation of crops with respect to the sustainability of water resources and water use minimize are benefit for community.

**Keywords:** Water resources sustainability; Optimal cultivation pattern; Fuzzy fractional programming; Orzooye.

## بررسی عملکرد روش الاستیسته اقلیمی و مدل SIMHYD به منظور ارزیابی کمی عوامل مؤثر بر خشکسالی هیدرولوژیک

- ۱- طاهره ابراهیمیان، دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
- ۲- علی حقی‌زاده، دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان  
Haghizadeh.a@lu.ac.ir
- ۳- حسین زینی‌وند، دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
- ۴- ناصر طهماسبی‌پور، دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
- ۵- رضوان علیجانی، دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱

### چکیده

نوسان در متغیرهای اقلیمی و افزایش فعالیت‌های انسانی، دگرگونی در فرآیندهای هیدرولوژیک و به تبع آن تخریب ساختار اکوسیستم‌ها را به دنبال دارد؛ بنابراین به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب و توسعه پایدار اقتصادی-زیست محیطی، ارزیابی کمی تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به عنوان دو فاکتور عمده اثرگذار بر فرآیندهای هیدرولوژیک بسیار مهم می‌باشد. هدف از این پژوهش تحلیل روند و آشکارسازی نقطه تغییر متغیرهای هیدروکلیماتیک در حوزه آبخیز وسج همدان و همچنین تخمین سهم تغییرات متأثر از اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر میزان دبی سالانه این حوزه می‌باشد. در این مطالعه ابتدا روند و نوسانات در سری داده‌های هیدروکلیماتیک حوزه رودخانه وسج در طی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. سپس از دو روش مدل هیدرولوژیک SIMHYD و روش الاستیسته اقلیمی به منظور ارزیابی کمی خشکسالی هیدرولوژیک به تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی استفاده شد. نتایج نشان داد که کاهش ۷/۱۳ درصدی در بارش، افزایش ۳/۱۲ درصدی در تبخیر و تعرق پتانسیل و همچنین وجود فعالیت‌های انسانی کاهش ۸۳/۹۲ درصدی در رواناب را به دنبال خواهد داشت. سهم فعالیت‌های انسانی و تغییرپذیری اقلیمی در کاهش رواناب به وسیله روش الاستیسته اقلیمی به دو روش تورک و ژانگ به دست آمد که به ترتیب در روش تورک ۸۴/۸۰ و ۱۵/۱۹ و در روش ژانگ ۸۴/۹۷ و ۱۵/۰۲ برآورد شد. بر این اساس فعالیت‌های انسانی عامل اصلی کاهش رواناب حوزه رودخانه وسج می‌باشند همچنین کارایی مدل هیدرولوژیک SIMHYD در شبیه‌سازی دبی جهت محاسبه تغییر دبی در حد قابل قبولی نبود. با توجه به این که در حوزه مورد مطالعه تغییرات چشمگیری در کاربری اراضی رخ داده است. تغییر کاربری به عنوان یکی از بارزترین دخالت‌های بشر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مساحت باغات و تاکستان، قبل از نقطه تغییر نسبت به بعد از نقطه تغییر به ترتیب (۲/۰۴۸ درصد) و (۱۵۰۷۱/۴ و ۲/۰۹۱ درصد) ۱۵۳۷۵/۶۹ هکتار افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: خشکسالی هیدرولوژیک؛ روش الاستیسته اقلیمی؛ مدل SIMHYD.

### مقدمه

بنابراین ضروری است که اثرات این دو عامل (نوسانات طبیعی اقلیم<sup>۱</sup> و فعالیت‌های انسانی) بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه (میزان دبی) به منظور توسعه راه کارهای پایدار مدیریت منابع آب به طور کمی بررسی شود. جدا کردن اثر این دو عامل و کمی سازی آن بسیار مهم است. شناسایی کمی عامل تعیین کننده در تغییرات دبی بدون انجام چنین جدایی غیرممکن است. در

آگاهی از عوامل تأثیرگذار بر خشکسالی برای مدیریت منابع آب ضروری است. از جمله عوامل مؤثر بر این پدیده شرایط اقلیمی و فعالیت‌های انسانی شامل تغییر کاربری اراضی و ایجاد طرح‌های توسعه منابع آب است [۱]. بیشتر مطالعاتی که در زمینه ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب انجام شده است، با فرض عدم تغییر در کاربری اراضی و پوشش زمین بوده است، این در حالی است که رشد جمعیت، گسترش کشاورزی و تغییر کاربری اراضی از عوامل مهم تغییر در رژیم هیدرولوژیک است [۵].

1- Natural climate variability

انسانی است [۴]. همچنین در تحلیل اثر اقلیمی و فعالیت‌های انسانی با استفاده از روش الاستیسیته اقلیمی بر روی حوزه رودخانه زرد چین نتایج نشان داد که تغییرات آب و هوایی در حدود ۵۱ درصد و فعالیت‌های انسانی در حدود ۴۹ درصد در کاهش دبی مؤثر بوده است [۹].

حوزه رودخانه وسج بستر تغییرات گسترده‌ای در حوزه آب و خاک شامل احداث سد، تغییر کاربری زمین، تغییر پوشش زمین و غیره بوده است. هدف از این پژوهش ارزیابی کمی اثر تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر روی خشکسالی هیدرولوژیک حوزه رودخانه وسج همدان می‌باشد.

## مواد و روش

### منطقه تحقیق

حوزه رودخانه وسج با مساحت تقریبی ۳۰۶۲ کیلومترمربع، در جنوب استان همدان واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری جزء شهرستان تویسرکان، گوشه جنوب شرقی حوضه، جزء استان مرکزی، بخشی از جنوب آن جزء استان لرستان و قسمت اعظم حوضه را محدوده شهرستان ملایر در برمی‌گیرد. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده  $۴۶^{\circ} ۶'$  و  $۴۹^{\circ} ۱۰'$  طول شرقی و  $۳۰^{\circ} ۵۸'$  و  $۳۴^{\circ} ۵۶'$  عرض شمالی قرار دارد. متوسط بارش حوزه رودخانه ۳۲۰ میلی‌متر است. این حوزه آبخیز از نظر طبقه‌بندی اقلیمی جهان براساس روش دومارتن در اقلیم نیمه‌خشک سرد قرار دارد.

ایستگاه هیدرومتری حوزه رودخانه وسج در قسمت خروجی حوزه واقع گردیده است و از سال ۱۳۳۳ آماربرداری از آن انجام شده است.

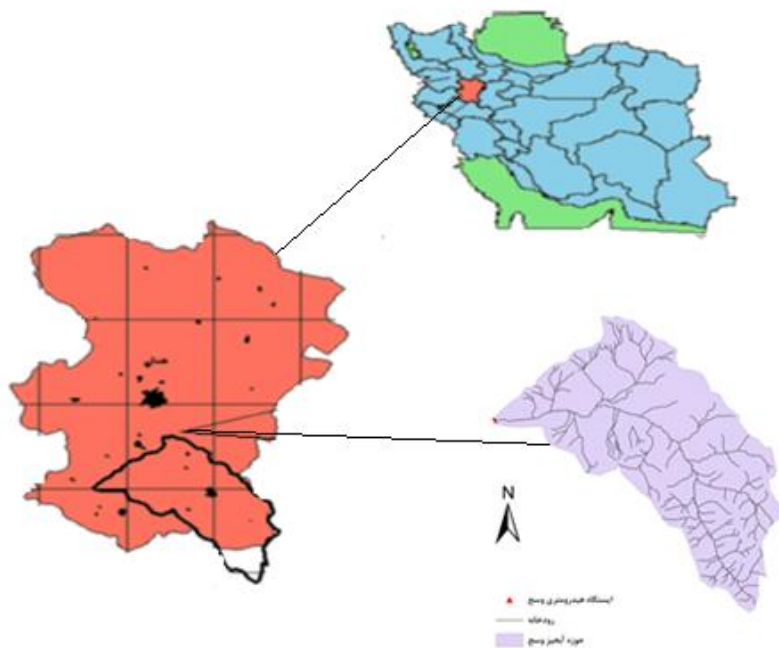
سال‌های اخیر شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات منطقه‌ای دبی به‌طور گسترده مورد توجه هیدرولوژیست‌ها قرار گرفته است.

در پژوهشی با استفاده از روش الاستیسیته اقلیمی به تحلیل کمی اثر تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر روی دبی حوزه آبخیز وای وی چین پرداختند. نتایج نشان داد که سهم تغییر اقلیم در تغییر دبی این حوزه ۴۰ درصد است و مابقی به فعالیت‌های انسانی مربوط می‌شود [۲۸]. نتایج مطالعات در تحلیل اثر تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی با استفاده از روش الاستیسیته اقلیمی در شمال چین نشان داد که ۶۱ درصد کاهش در میانگین سالانه جریان نتیجه کاهش در بارش است و جریان در حوزه شیانگ حساسیت بیشتری به تغییرات بارش نسبت به تغییرات تبخیر و تعرق دارد [۱۶].

نتایج تغییر دبی ناشی از تغییر اقلیم و اقدامات بشری در حوزه رودخانه هایفا با استفاده از آزمون من کندال نشان داد که افزایش سطح زیر کشت به میزان ۲۵ درصد، باعث کاهش دبی شده است [۲۶]. اثرات آب و هوا بر اساس معادله بودیکو<sup>۱</sup> در حدود ۴۳ درصد در کاهش دبی سالانه در حوزه رودخانه تای در شمال چین مؤثر بوده است [۲۹].

در پژوهشی اثر تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های بشری بر دبی حوزه‌ای در چین نشان داد که در دوره ۲۰۰۸-۱۹۸۰، اقدامات بشری سهم زیادی در کاهش دبی به میزان ۸۹ تا ۹۳ درصد داشته است [۱۱]. بررسی‌ها بر روی دبی حوزه نینجیانگ در شمال چین با استفاده از روش الاستیسیته اقلیمی نشان داد که تغییرپذیری اقلیمی، عامل تعیین‌کننده در کاهش دبی حوضه می‌باشد که در مجموع ۶۹/۶ تا ۸۰/۳ درصد از این کاهش مربوط به عوامل اقلیمی است [۶].

با ارزیابی کمی اثر تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به روش الاستیسیته اقلیمی بر روی حوزه آبخیز کایدو در شمال غربی چین نشان داد که در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۹ دبی این حوزه حساسیت بیشتری نسبت به تغییرپذیری اقلیمی داشته و تنها ۹/۵ درصد کاهش دبی سالانه حوضه مربوط به فعالیت‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی وسج در ایران و استان همدان

### روش تحقیق

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تاثیر تغییرپذیری اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر روی خشکسالی هیدرولوژیک است. داده‌های روزانه بارندگی از همبستگی چهار ایستگاه هواشناسی خیرآباد، وسج، ملایر، بروجرد تهیه شد. سپس متوسط بارش حوزه با روش چند ضلعی تیسن محاسبه شد. بازه زمانی سری داده‌ها از سال آبی ۱۳۶۶ تا سال ۱۳۹۳ می‌باشد. مراحل تحقیق به ترتیب شامل آزمون روند من کندال، تعیین نقطه شکست، برازش شاخص‌های SPI و SSFI، اجرای مدل SIMHYD و روش الاستیسته اقلیمی است. به منظور برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل حوزه از روش هارگرویزسامانی<sup>۱</sup> استفاده شد:

### الف) آزمون شناسایی و تحلیل روند رواناب سالانه:

آزمون من کندال ابتدا توسط من ارائه و سپس توسط کندال تکامل یافت [۱۷ و ۱۲]. این آزمون جزو متداول‌ترین روش‌های پارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود [۱۸].

### ب) آزمون تحلیل تغییر نقطه:

آزمون ناپارامتری Pettitt توسط پتیت (۱۹۷۹) به منظور تجزیه و تحلیل تغییر نقطه برای جدا کردن سری درازمدت رواناب به کار گرفته شد در این پژوهش برای ارزیابی تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی از آزمون غیر پارامتریک پتی استفاده شد [۲۰]. آزمون Pettitt یکی از مهم‌ترین روش‌های آماری در تشخیص یک تغییر ناگهانی در سری زمانی است.

### پ) شاخص هیدرولوژیک<sup>۲</sup> (SSFI):

چگونگی محاسبه‌ی شاخص جریان استاندارد مشابه با شاخص بارش استاندارد<sup>۳</sup> (SPI) بوده و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$SSFI = \frac{F_i - F^-}{\sigma} \quad (1)$$

که در آن:

$F_i$  مقدار جریان در زمان  $i$ ،  $F^-$  میانگین سری زمانی و  $\sigma$  انحراف معیار سری است. طبقه‌بندی این شاخص در جدول ۱ ارائه شده است [۱۹].

2- Standard stream flow Index

3- Standardized Precipitation Index

1- Hargreaves-Samani

$$\Delta Q = f(C, H) \quad (2)$$

در حالی که عامل H ترکیبی از نتایج عوارض طبیعی، خاک، کاربری و پوشش اراضی و فعالیت‌های انسانی مانند احداث شبکه‌های زهکشی به منظور انتقال آب، سدسازی،... می‌باشد. چنانچه توپوگرافی و خاک منطقه، در طول دوره مطالعه ثابت باقی بماند H می‌تواند معرف فعالیت‌های انسانی باشد؛ بنابراین، تغییرات دبی می‌تواند چنین بیان شود.

$$\Delta Q = \Delta QH + \Delta QC \quad (3)$$

که در آن:

$\Delta Q$ ، مجموع تغییر دبی،  $\Delta QC$  و  $\Delta QH$  به ترتیب ارائه‌دهنده تغییرات دبی ناشی از تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. مجموع تغییر در دبی ( $\Delta Q$ ) نیز از تفاضل میانگین دوره قبل و بعد از تغییر محاسبه خواهد شد.

$$\Delta Q = Q_{obs_1} - Q_{obs_2} \quad (4)$$

که در آن:

رابطه  $Q_{obs_1}$  متوسط جریان مشاهده‌شده در طول دوره پایه و  $Q_{obs_2}$  متوسط جریان سالانه مشاهده‌شده در طول دوره تغییر است.

قابلیت الاستیسیته اقلیم از دبی ( $\varepsilon_X$ ) می‌تواند به‌عنوان تغییر متناسب دبی (Q) نسبت به تغییر در متغیرهای اقلیمی (X) (مانند تغییرات در بارش یا تبخیر تعرق پتانسیل) تعریف شود [۷].

$$\varepsilon_X = \frac{\partial Q / Q}{\partial X / X} \quad (5)$$

با توجه به رابطه مدت بیلان آبی ( $Q = P - E$ ) فرض بر این است که پاسخ دبی به عوامل اقلیمی به‌طور عمده به‌وسیله بارش و تبخیر تعرق پتانسیل ایجاد می‌شود. با توجه به نظریه معادلات دیفرانسیل کامل، شکل دیفرانسیلی به شرح زیر است:

$$\Delta Q_C = \varepsilon_P \frac{Q}{P} \Delta P + \varepsilon_{PET} \frac{Q}{PET} \Delta PET \quad (6)$$

$$\varepsilon_P + \varepsilon_{PET} = 1 \quad (7)$$

که در آن:

$\Delta CQ$  نمایانگر تغییر دبی ناشی از تغییر اقلیم،  $\Delta P$  و  $\Delta PET$  تغییرات بارش و تبخیر تعرق پتانسیل و  $\varepsilon_P$  و  $\varepsilon_{PET}$

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص SSFI	
طبقات شدت خشک‌سالی	SSFI
بسیار مرطوب	$SSFI > 2$
مرطوب	$1/5 < SSFI \leq 2$
تقریباً مرطوب	$1 < SSFI \leq 1/5$
شرایط نرمال	$-1 < SSFI \leq 1$
تقریباً خشک	$-1/5 < SSFI \leq -1$
خشک	$-2 < SSFI \leq -1/5$
بسیار خشک	$SSFI \leq -2$

علاوه بر بررسی روند و دگرگونی داده‌های بارش (به‌عنوان اصلی‌ترین عامل) بر خشک‌سالی هیدرولوژیک، شاخص استاندارد بارش (SPI) نیز بر روی این داده‌ها اعمال گردید.

### ت) مدل هیدرولوژیکي SIMHYD:

SIMHYD یکی از مهم‌ترین مدل‌های بارش رواناب است که اولین بار در استرالیا به کار گرفته شد. این مدل یک مدل مفهومی و یکپارچه بارش-رواناب است که جریان روزانه را با استفاده از داده‌های بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه شبیه‌سازی می‌کند. در مدل از آمار روزانه بارش میانگین حوزه، دبی مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری و تبخیر و تعرق پتانسیل به‌دست‌آمده از معادله هارگرویز-سامانی، برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود. این مدل به شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیک می‌پردازد، دوسوم از داده‌های مشاهده‌شده برای کالیبراسیون و یک‌سوم باقی‌مانده از داده‌های مشاهده‌شده برای اعتبارسنجی استفاده می‌شود. پس از اعتبارسنجی مدل با مقایسه میانگین دبی پیش‌بینی‌شده و دبی مشاهداتی مقدار تغییر آبدهی رودخانه مشخص می‌شود؛ که این تغییرات می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد. به‌منظور ارزیابی کمی اثر تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی از روش الاستیسیته اقلیمی برای تعیین سهم دو عامل تغییر دبی استفاده شد.

### ث) روش الاستیسیته (انعطاف پذیری) اقلیمی

کندال روش الاستیسیته اقلیمی را در سال ۱۹۹۰ ارائه کرد. دبی را می‌توان به‌عنوان تابعی از تغییرپذیری اقلیمی (C) و دیگر خصوصیات (H) در نظر گرفت [۲۲ و ۸].

به منظور برآورد  $F(\phi)$  از فرض بودیکو استفاده می‌شود (جدول ۲). بر اساس جدول ۲ می‌توان قابلیت الاستیسته بارش  $\varepsilon_P$  و قابلیت الاستیسته تبخیر تعرق پتانسیل  $\varepsilon_{PET}$  را تعیین کرد. با انجام محاسبات فوق سهم تغییر دبی ناشی از اقلیم محاسبه می‌شود. عامل رابطه [۲۸]، با توجه به وضعیت پوشش زمین و کاربری اراضی حوزه برآورد می‌شود. ضریب آب موجود در گیاه " $\omega$ " را بین ۲ برای جنگل و ۰/۵ برای مرتع در نظر گرفتند [۲۸]. اختصاص عامل " $\omega$ " برای مناطقی با پوشش مخلوط دشوار است، چرا که در هیچ حوزه حقیقی پوشش به صورت مجزا وجود ندارد و جدا نمودن پوشش‌های علفی و جنگلی در حوزه‌های مختلف مشکل است. در این پژوهش، عامل " $\omega$ " به وسیله مقایسه تبخیر و تعرق واقعی سالانه محاسبه شده به وسیله منحنی ژانگ و معادله بیلان آبی واسنجی می‌شود [۲۸].

به ترتیب الاستیسته بارش و تبخیر تعرق پتانسیل است. منحنی بودیکو الگوهای مشاهده شده بین آب و هوا، دبی و تبخیر و تعرق حوزه را توصیف می‌کند و این منحنی یک روش مفید برای پیش‌بینی و توازن آب حوزه آبخیز است. چارچوب فرضیه بودیکو بر این است که حوزه در وضعیت پایدار است و به سادگی اصول اساسی و فیزیکی حاکم بر تعادل آب را بیان می‌کند با توجه به فرضیه بودیکو [۳]، تبخیر تعرق واقعی ( $E$ ) تابعی از شاخص‌های خشکی که با توجه به رابطه زیر است:

$$\phi = (PET / P) \quad (8)$$

$$E = P \cdot F(\phi) \quad (9)$$

و الاستیسته بارش و تبخیر تعرق پتانسیل از جریان را می‌توان چنین بیان نمود.

$$\varepsilon_P = \frac{1 + \phi F'(\phi)}{(1 - F(\phi))} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{PET} = \frac{-\phi F'(\phi)}{(1 - F(\phi))}$$

جدول ۲- روابط مختلف برای فرض بودیکو

$F'(\phi)$	$F(\phi)$
$1 / [\phi^3 (1 + \phi^{-2})^{1/5}]$	$(1 + \phi^{-2})^{-1/5}$ [۲۴] و [۲۱]
$W + \frac{2W}{\phi - 1} + \frac{1}{\phi^2} / (1 + W\phi + 1/\phi^2)^2$	$+W\phi / (1 + W\phi + 1/\phi^2)$ [۲۸]

کشاورزی آبی، پوشش درختی (درختان مثمر و غیرمثمر)، تاکستان و سایر کاربری‌ها (کوه، تپه، بیرون زدگی سنگی، اراضی بایر و رها شده)، است. سپس جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر مذکور با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردید.

### نتایج

آزمون من کندانال برای شناخت و درک صحیحی از نسبت تغییرات در متغیرهای اقلیمی و فرآیندهای هیدرولوژیک حوزه استفاده شد. آزمون ناپارامتری من کندانال در تحلیل روند بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل و دبی حوزه نشان داد که داده‌های تبخیر در طی یک دوره ۲۷ ساله دارای روند معنی‌دار و افزایشی بوده‌اند. داده‌های

پس از تعیین سهم فعالیت‌های انسانی درصد تغییر کاربری اراضی که یکی از مهم‌ترین عوامل در تغییر جریان هیدرولوژیک و یکی از بخش‌های مهم فعالیت‌های انسانی محسوب می‌شود، به کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست تعیین می‌شود. تصاویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM (۵ ژوئیه ۱۹۸۷ و ۱ ژوئن ۱۹۹۸)، و ماهواره لندست ۸ سنجنده‌های OLI/TIRS (۲۸ مه ۲۰۱۴)، به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی قدیم و فعلی استفاده شد. همچنین در این پژوهش از نرم‌افزارهای ENVI ۴/۷، ENVI ۵/۱ و ArcMap ۱۰/۲ استفاده شد. پس از انجام تصحیحات، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد. کلاس‌های کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه با توجه به بازدید میدانی شامل اراضی مسکونی، اراضی تحت کشت دیم،

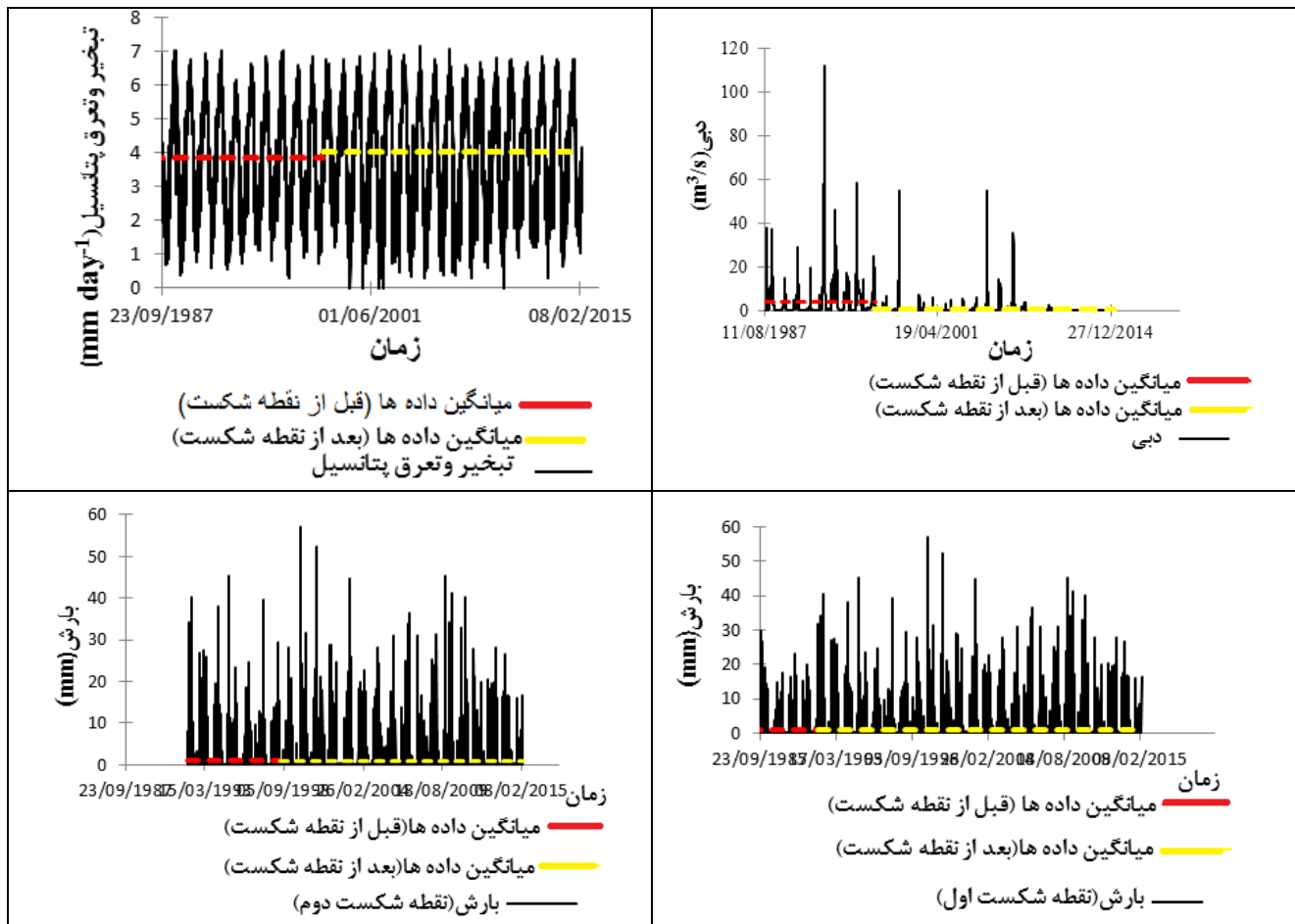
بارندگی و رواناب نیز دارای یک روند کاهنده و معنی‌دار در جدول ۳ آورده شده است. نتایج این آزمون بر هریک از متغیرهای موردبررسی

جدول ۳- نتایج آزمون من کندال

معادله	سطح معنی‌داری	تای کندال	میانگین سالانه (میلی متر بر روز)	متغیر مورد بررسی
$y = -0.5E - 0.7X + 0.9865$	0/002	0.24	359/1002	بارش
$y = 1E - 5X + 3/4427$	0.003	0.20	1445/6525	تبخیر و تعرق پتانسیل
$y = -0.004X + 17/191$	<0/0001	-0/402	16/48	دبی

شکست دبی در سال ۱۹۹۶، تبخیر و تعرق پتانسیل در سال ۱۹۹۸ و بارندگی در ابتدا در سال ۱۹۹۲ و دوره بعدی در سال ۱۹۹۸ است (شکل ۲).

به‌منظور تفکیک رواناب به دو دوره طبیعی و دوره تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی از آزمون پتی استفاده شد. در این سری‌های زمانی وجود نقطه شکست معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد تأیید شده است. نقطه



شکل ۲- نتایج اعمال آزمون پتی بر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیک

که در شکل ۲ دیده می‌شود، ابتدا نقطه شکست افزایشی و سپس کاهشی است که معنی‌داری آزمون من کندال را تأیید می‌کند. نتایج آزمون پتی نشان داد که نقطه شکست

عدم همخوانی بین روند کاهشی و نقطه شکست افزایشی در داده‌های بارندگی موجب شد که داده‌های بارش در دو مرحله مورد آزمون پتی قرار گیرد. همان‌گونه



۷/۱ درصدی در بارش و افزایش ۳/۱ درصدی در تبخیر و تعرق پتانسیل نمی‌تواند کاهش ۸۳/۹ درصدی در دبی را به دنبال داشته باشد (جدول ۴). بنابراین، عامل یا عوامل دیگری تأثیرگذار بوده است که در پژوهش‌های گذشته به‌عنوان فعالیت انسانی از آن یاد شده است [۲۸، ۱۱ و ۱۰]. تغییرات دبی در این حوزه بدین معنی است که شرایط اقلیمی و فعالیت‌هایی که در سطح زمین اتفاق افتاده به شیوه‌های پیچیده‌ای بر دبی حوزه اثرگذار بوده‌اند.

دبی و روند کاهنده‌ی آن پیش از بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل اتفاق افتاده و بارندگی تا سال ۱۹۹۸ یک روند افزایشی داشته است. همچنین، برای قطعیت یافتن نسبت به صحت نقاط تغییر تعیین شده و تحلیل واضح‌تر تغییرات اقدام به بررسی شاخص انحراف از معیار و ضریب تغییرات بین دو دوره، شد. نتایج این بررسی نشان داد که بارش ۷/۱۳ درصد کاهش و تبخیر نیز ۳/۱۲ درصد افزایش داشته است، درحالی‌که بررسی ضریب تغییرات دبی نمایانگر کاهش ۸۳/۹ درصد است. با توجه به اینکه کاهش

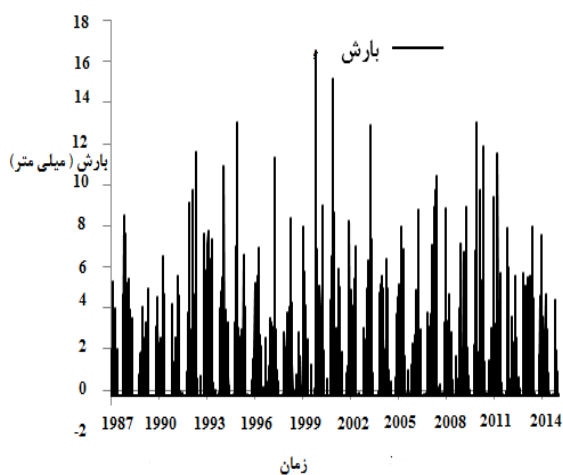
جدول ۴- خلاصه‌ای از تحلیل تغییر نقاط بر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیک

دوره پس از تغییر				دوره پیش از تغییر			نقطه تغییر
تغییرات	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	حوزه آبخیز وسج
(%)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	
۳/۱۲	۰/۰۲۳	۳۴/۲۰	۱۴۶۱/۴۸	۰/۰۴۱	۵۹/۲۸	۱۴۱۷/۱۶	تبخیر و تعرق پتانسیل
-۷/۱۳	۰/۱۲	۴۵/۴۲	۳۴۹/۵۱	۰/۲۸	۱۰۶/۷۱	۳۷۶/۳۵	بارش
-۸۳/۹۲	۱/۳۲	۷/۶۱	۵/۷۵	۰/۷۰	۲۵/۳۴	۳۵/۸۰	دبی

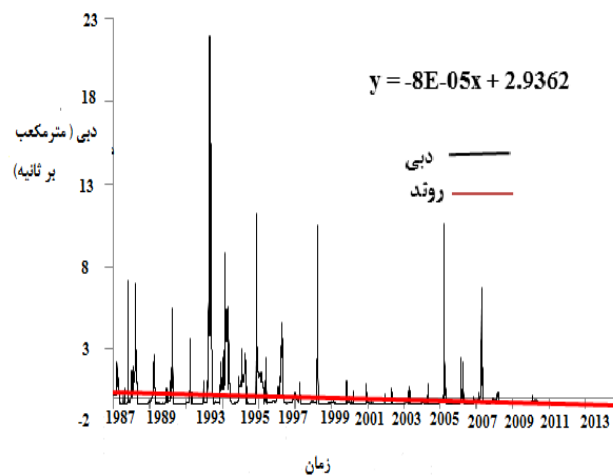
بارش بر روی خشکسالی هیدرولوژیک تأثیر زیادی نداشته است.

پس از قطعیت یافتن نسبت این موضوع که دبی حوزه آبخیز وسج تغییرات گسترده‌ای به خود دیده، از دو روش مدل هیدرولوژیکی SIMHYD و روش الاستیسته اقلیمی برای ارزیابی کمی اثرات تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر دبی این حوزه استفاده شد. در مدل هیدرولوژیکی SIMHYDE داده‌ها از سال ۲۰۱۴-۱۹۸۷ وارد مدل شدند. با توجه به نقطه شکست، دبی داده‌ها به دو دوره قبل از تغییر و بعد از تغییر تقسیم شد، و دوسوم از داده‌های قبل از تغییر برای قسمت کالیبراسیون و یک‌سوم برای صحت‌سنجی در نظر گرفته شد. هدف شبیه‌سازی دوره دوم بود و دیگر آن که از اختلاف داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های مشاهداتی دوره دوم سهم ناشی از فعالیت‌های انسانی محاسبه شود [۲۷]. در ادامه با توجه به اختلاف دبی می‌توان سهم ناشی از تغییرات اقلیمی را به دست آورد. اما ضریب کارایی این مدل برای منطقه در قسمت کالیبراسیون ۰/۶۱۷ و برای صحت‌سنجی ۰/۶۰۳ به دست آمد و از آنجایی که ضریب کارایی زیر ۰/۹ برای این مدل قابل قبول نیست، بنابراین این مدل برای منطقه مورد استفاده قرار نگرفت.

در این پژوهش برای بررسی خشکسالی هیدرولوژیک از شاخص جریان استاندارد SSFI و خشکسالی هواشناسی از شاخص بارش استاندارد SPI استفاده شد. نتایج شاخص SSFI در مقیاس روزانه نشان داد که درصد روزهای خشک قبل از نقطه شکست، ۶۲/۳ درصد و روزهای مرطوب ۳۷/۷ درصد است. در ضمن درصد روزهای خشک بعد از نقطه شکست ۹۳/۸ درصد و روزهای مرطوب ۶/۲ درصد محاسبه شد. نتایج حاکی از این است که خشکسالی هیدرولوژیک در طی دوره بعد از نقطه شکست در حدود ۳۱/۵ درصد نسبت به دوره قبل از نقطه شکست افزایش یافته است. نتایج شاخص SPI نشان داد که درصد روزهای خشک قبل از نقطه شکست ۸۴/۹ درصد و روزهای مرطوب ۱۵/۱ درصد بوده است. همچنین درصد روزهای خشک بعد از نقطه شکست ۸۵ درصد و روزهای مرطوب ۱۵ درصد به دست آمد. بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به افزایش خشکسالی هیدرولوژیک در طی دوره دوم، افزایش چندانی در خشکسالی هواشناسی مشاهده نشده است. این نتایج می‌تواند تایید کند که عامل دیگری بر روی خشکسالی هیدرولوژیک تأثیر گذاشته و

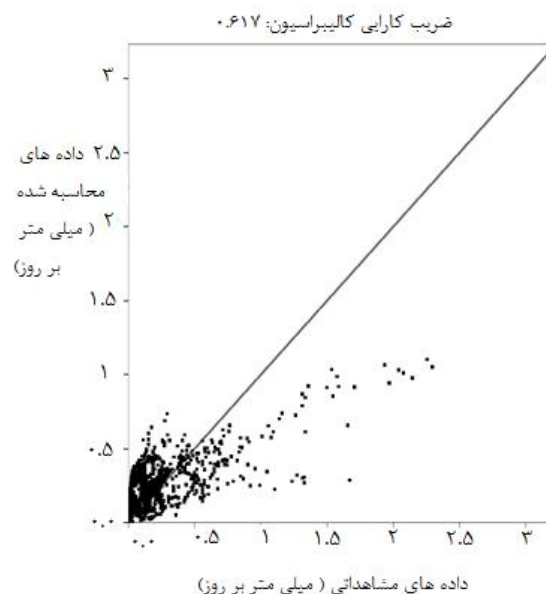
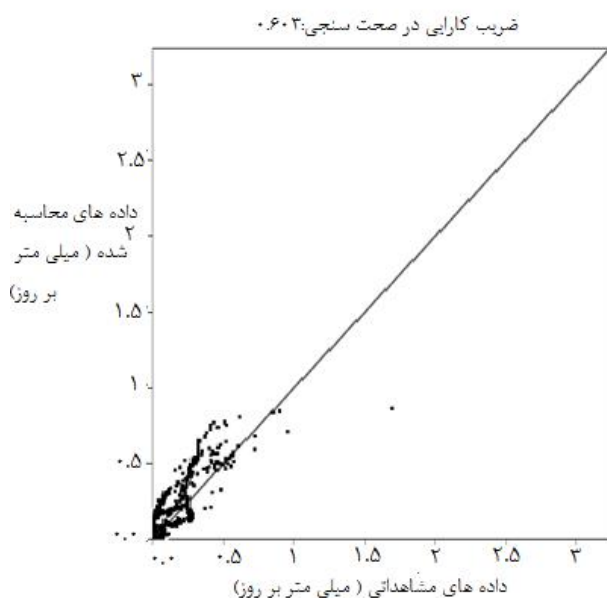


۱- شاخص (SPI)



۲- شاخص (SSFI)

شکل ۳- شاخص‌های خشکسالی



شکل ۴- نتایج شبیه‌سازی مدل هیدرولوژیکی SIMHYD

### ارزیابی کمی اثر تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر دبی

#### واسنجی و اعتبارسنجی مدل:

ضریب آب موجود در گیاه ( $\omega$ ) در فرمول ژانگ عاملی کلیدی به‌منظور برآورد توابع شاخص خشکی  $F(\theta)$  و  $F'(\theta)$  و متعاقب آن محاسبه الاستیسیته بارش ( $\epsilon_p$ ) و الاستیسیته تبخیر تعرق پتانسیل (EPET) است. در این پژوهش، با توجه به نقاط تغییر تعیین‌شده، دوره مطالعه به دو دوره، دوره پیش از تغییر و دوره پس از تغییر تقسیم

روش الاستیسیته اقلیمی بر مبنای دو رابطه Turck، Pinke و Zhang، برای ارزیابی کمی اثر تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر دبی این حوزه به کار گرفته شد. علاوه بر سادگی و عدم نیازمندی به داده‌های پیچیده، استفاده از دو رابطه که یکی دارای عامل الاستیسیته اقلیمی و دیگری بدون عامل الاستیسیته اقلیمی دلایل اصلی انتخاب این دو روش به‌منظور برآوردهای کمی بود [۲۸، ۲۴ و ۲۱].

شد. دوره پیش از تغییر، وقتی فعالیت‌های انسانی تأثیر اندکی بر دبی می‌گذارند، به عنوان یک دوره پایه به منظور واسنجی و اعتبارسنجی عوامل مدل‌ها در نظر گرفته شد. بنابراین پس از تفکیک دو دوره عامل (w) با استفاده از مقایسه تبخیر تعرق واقعی سالانه محاسبه شده به وسیله منحنی ژانگ و معادله بیلان آبی واسنجی شد.

### روش الاستیسته اقلیمی

به منظور ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر دبی ابتدا از رابطه (۱۹) برای محاسبه بارش (εp) و الاستیسته تبخیر تعرق پتانسیل (εPET) استفاده شد. نتایج ارزیابی‌های کمی نشان داد که فعالیت‌های انسانی سهم بزرگ‌تری در کاهش دبی حوزه رودخانه وسج

داشته‌اند. برآوردهای روش الاستیسته اقلیمی آشکار ساخت که تغییر متناسب در دبی سالانه در نتیجه فعالیت‌های انسانی حدود ۸۴/۸ در روش تورک و ۸۵ در روش ژانگ و سهم تغییرپذیری اقلیمی در روش تورک ۱۵/۲ و ۱۵ در روش ژانگ محاسبه شد. (جدول ۵). بر این اساس فعالیت‌های انسانی عامل اصلی کاهش رواناب حوزه رودخانه وسج است.

بعد از اینکه مشخص شد فعالیت‌های انسانی بیشترین تأثیر را بر کاهش دبی این حوزه داشته است تغییر کاربری اراضی به عنوان یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های انسانی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. تبعات ناشی از تغییر کاربری اراضی بر چرخه آب به تدریج آشکار می‌گردد اما می‌تواند تحول اساسی در رژیم جریان ایجاد نماید.

جدول ۵- اثرات تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر رواناب حوزه رودخانه وسج "روش الاستیسته اقلیمی"

دوره	روش	بارش mm	تبخیر و تعرق پتانسیل Mm	الاستیسته بارش	الاستیسته تبخیر و تعرق پتانسیل	تغییرات دبی کل mm	تغییرات دبی ناشی از تغییر اقلیم Mm	تغییرات دبی ناشی از فعالیت‌های انسانی mm	%
تورک -۲۰۱۴ ۱۹۸۷	(۱۹۵۴)	۳۵۹/۱۰۰۲	۱۴۴۵/۶۵۳	۲/۹۱	-۱/۹۱	-۳۰/۰۵	-۴/۵۶	۱۵/۱۹	-۲۵/۴۸
ژانگ -۲۰۱۴ ۱۹۸۷	(۱۹۶۴)	۳۵۹/۱۰۰۲	۱۴۴۵/۶۵۳	۲/۸	-۱/۸	-۳۰/۰۵	-۴/۵۱	۱۵/۰۲	-۲۵/۵۳

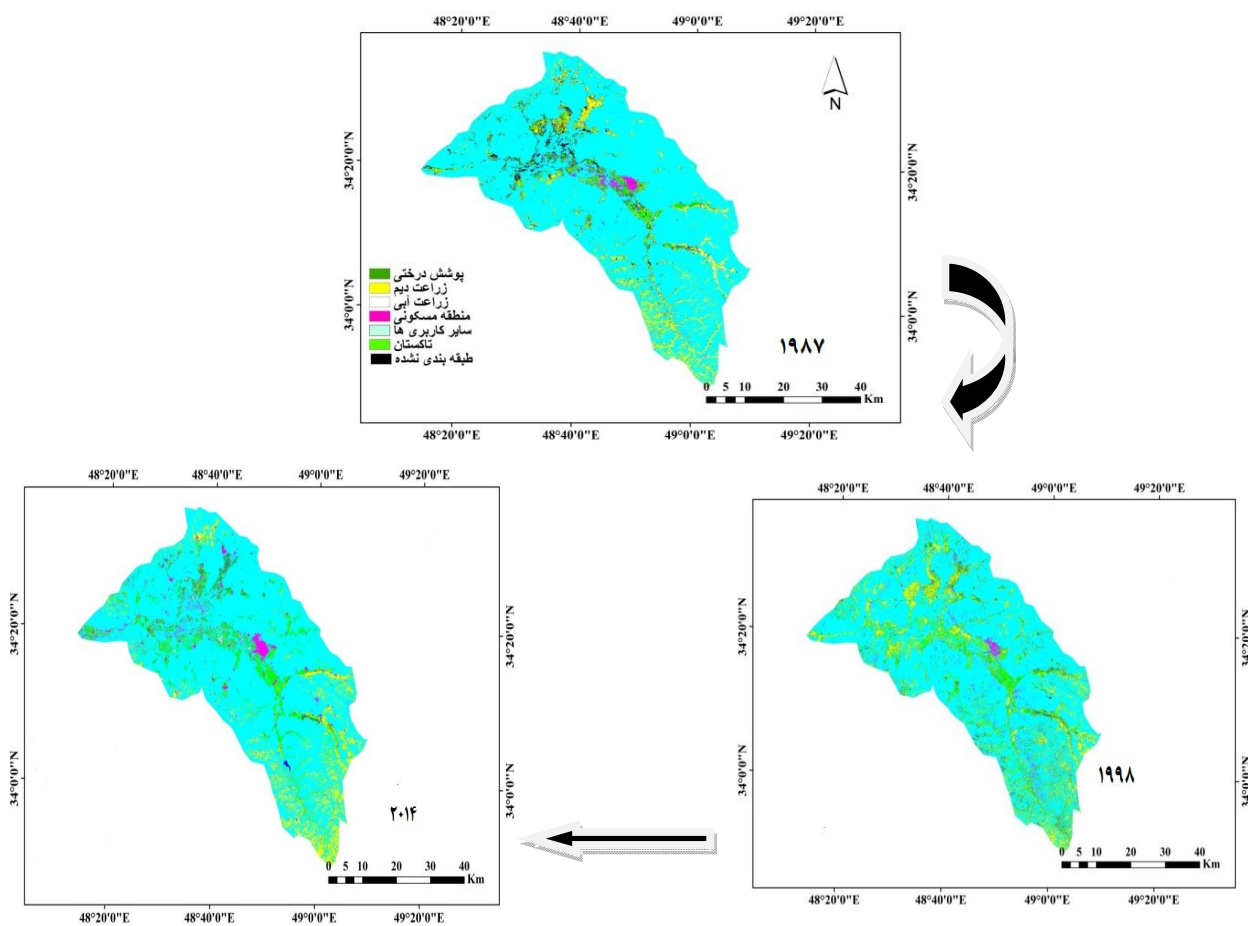
### ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده

پس از پایان مراحل طبقه‌بندی تصاویر، اقدام به انجام ارزیابی دقت طبقه‌بندی گردید. برای این منظور تعدادی نقطه به صورت نمونه‌گیری تصادفی تعیین شده و به کمک GPS در مطالعات میدانی، دقت طبقه‌بندی مربوط به هر

تصویر محاسبه شده است. دقت طبقه‌بندی و ضریب کاپا نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده از تصاویر مورد بررسی در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده

نقشه کاربری اراضی	ضریب کاپا	ارزیابی دقت (درصد)
۱۹۸۷	۰/۹۲۹۰	۹۷
۱۹۹۸	۰/۷۲۵۴	۸۱
۲۰۱۴	۰/۹۱۶۳	۹۴



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز وسج

جدول ۷- مساحت کلاس‌های کاربری اراضی در سال‌های مختلف (هکتار)

کاربری‌ها	۱۹۸۷	۱۹۹۸	۲۰۱۴
تاکستان	۷۷۵۶/۹۲	۱۹۴۶۵/۲	۲۳۱۳۲/۶۱
زراعت دیم	۲۴۷۵۸/۱۹	۳۴۱۳۳/۴	۲۲۴۰۰/۱۹
زراعت آبی	۱۹۱۰/۷	۷۰۸/۳	۲۴۱۵/۳۳
اراضی مسکونی (شهری و روستایی)	۳۸۹۷/۵۴	۴۴۷۸/۰۴	۸۹۹۷/۳۹
پوشش درختی	۹۲۳/۴۹	۴۵۳۰/۸۷	۱۵۹۹۴/۸۹
سایر کاربری‌ها	۲۶۶۹۷۸/۰۷	۲۴۲۹۰۹/۱	۲۳۳۱۲۶/۰۱
آب	-	-	۱۵۸/۴۹
مجموع	۳۰۶۲۲۴/۹۱	۳۰۶۲۲۴/۹۱	۳۰۶۲۲۴/۹۱

۶۶۸۴ مترمکعب در هکتار در سال است. اصلی‌ترین درخت میوه‌ای که در دشت پرورش داده می‌شود، درخت انگور است. از سال ۲۰۱۴-۱۹۸۷ باغات انگور به‌طور مداوم در حال افزایش است به‌گونه‌ای که طی این ۲۶ سال ۱۵۳۷۵.۶۹ هکتار بر وسعت باغات انگور افزوده شده است. نیاز آبی انگور در ملایر ۴۵۸۰ مترمکعب در هکتار در سال است. کاربری مناطق مسکونی از سال ۲۰۱۴-۱۹۸۷ به

نتایج حاصل از طبقه‌بندی برای بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه موردنظر نشان می‌دهد که کاربری پوشش درختی که شامل باغات میوه (به‌استثنای انگور) و درختان غیر مثمر می‌شود از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ روند افزایشی پیدا کرده است در طی این دوره ۲۶ ساله ۱۵۰۷۱/۴ هکتار بر وسعت باغات افزوده شده است. نیاز آبی درختان میوه موجود در دشت به‌طور متوسط

در سری زمانی است که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت [۲۷].

همچنین اعمال شاخص بارش استاندارد (SPI) نشان‌دهنده یکسان بودن تعداد روزهای خشک در قبل و بعد نقطه شکست بود. برای تأیید وجود خشکسالی هیدرولوژیک در این منطقه از شاخص استاندارد جریان (SSFI) استفاده شد. نتایج این شاخص نشان داد که تعداد روزهای خشک در دوره دوم حدود ۳۱/۵ درصد افزایش یافته است. نتایج بررسی شاخص خشکسالی هیدرولوژیک در لبنان نشان داد در مقیاس‌ها و جنبه‌های مختلف کاهش قابل توجه در مقدار آب رخ داده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۲۳].

در ادامه به منظور جدا کردن اثر دو عامل (تغییر پذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی) از روش الاستیسته اقلیمی و مدل هیدرولوژیکی SIMHYD استفاده شد. مدل هیدرولوژیکی SIMHYD نتایج قابل قبولی را ارائه نکرد و برای منطقه مورد استفاده قرار نگرفت. نتایج روش الاستیسته اقلیمی نشان داد که در روش تورک سهم تغییرپذیری اقلیمی ۱۵/۲ درصد و سهم فعالیت‌های انسانی ۸۴/۸ درصد است. همچنین در روش ژانگ سهم تغییرپذیری اقلیمی ۱۵ درصد و سهم فعالیت‌های انسانی ۸۵ درصد برآورد شد. براین اساس فعالیت‌های انسانی، عامل اصلی کاهش دبی رودخانه وسج است. این یافته‌ها با نتایج [۲۶]، که عامل اصلی کاهش رواناب را در رودخانه هایفا چین فعالیت انسانی برشمردند، موافقت دارد. با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SIMHYD و روش الاستیسته اقلیمی در سه حوزه استرالیا، دریافند که تأثیرات تغییر کاربری اراضی (فعالیت‌های انسانی) به میزان ۴۰-۳۱ درصد، رواناب حوزه را کاهش می‌دهد که موافق با نتایج این پژوهش است [۱۴].

با بررسی تغییر کاربری در این منطقه مشخص شد که عمده فعالیت‌های انسانی به دو صورت تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی به مناطق مسکونی و تغییر کاربری اراضی کشاورزی و مراتع به باغات رخ داده است. نتایج بررسی پاسخ هیدرولوژیک به تغییر اقلیم و فعالیت‌های بشری در حوزه ساحلی چین نشان داد که جریان ۱۰ ساله حوضه‌های شمالی و غربی، به ترتیب ۹/۲ و ۶/۷ درصد

میزان ۵۰۹۹ افزایش داشته است. سطح زیر کشت محصولات دیم از سال ۱۹۹۸-۱۹۸۷ به دلیل بارندگی زیاد در این منطقه افزایش و از سال ۲۰۱۴ کاهش داشته است. گندم و جو آبی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ به میزان ۵۰۴/۶ هکتار افزایش یافته است. بنابراین بیشترین تغییر کاربری در حوزه وسج شامل تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی به مناطق مسکونی و تغییر کاربری اراضی کشاورزی و مراتع به باغات است.

### بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی هیدرولوژیک به دلیل تأثیر بر منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و شناسایی عوامل مؤثر و تأثیر آن‌ها بر تغییرات منطقه‌ای دبی امری ضروری است. هدف از این پژوهش ارزیابی کمی تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر روی خشکسالی هیدرولوژیک است. در ابتدا برای محاسبه جهت و معنی‌داری روند سری زمانی داده‌های دبی، تبخیر و بارش از آزمون ناپارامتری من کندال استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که داده‌های تبخیر در طی یک دوره ۲۷ ساله دارای روند معنی‌دار و افزایشی است.

داده‌های بارندگی و دبی نیز دارای یک روند کاهنده و معنی‌دار است. با نتایج بررسی روند تغییرات سالانه پارامترهای هواشناسی در اقلیم سرد و گرم ایران مشابه است [۲۵]. همچنین یافته‌های بهره مند و همکاران در تحلیل روند تغییرات بلندمدت بارندگی و دبی در غرب دریاچه اورمیه با نتایج این پژوهش، همخوانی داشت. نتایج بررسی بر روی دبی حوزه نینجیانگ در شمال چین به کمک آزمون من کندال، تغییرات معنی‌داری در روند جریان رودخانه است [۲ و ۶].

نتایج تشخیص نوسانات و نقاط تغییر در سری زمانی دبی، نشان داد که نقطه شکست این سری زمانی در سال ۱۹۹۶ رخ داده است. و با نتایج [۱۳]، که از آزمون پتی جهت تحلیل روند جریان‌های رودخانه‌ای استفاده کردند، هم خوانی دارد و جهش کاهشی در سطح ۵ درصد در طی دهه ۱۳۷۰ را نشان می‌دهد. نتایج مطالعه بر روی دبی حوزه لوان<sup>۱</sup> در چین، نشان دادند نقطه شکست معنی‌داری

بخشی از ورودی‌های موردنیاز برای تدوین برنامه‌های مد نظر در راستای مدیریت بهینه منابع آب منطقه‌ای بهره برد و به کمک آن‌ها در سیاست‌ها و رویه‌های فعلی، سبک و شیوه مدیریت آب در ابعاد مختلف تغییر جدی ایجاد کرد. این نتایج در پی‌ریزی آینده مدیریت آب کشور به مدیران ما کمک شایانی خواهد کرد.

کاهش یافته است. این کاهش به دلیل اقدامات بشری از جمله احداث سد، تغییرات اراضی و توسعه اجتماعی - اقتصادی است [۱۰].  
با این حال با وجود عدم قطعیت‌های مختلف ناشی از داده‌های ورودی و در نظر گرفتن فرض دوره پایه که دوره‌های فاقد اختلالات انسانی در نظر گرفته شد، خطاهای مرتبط به برآورد عامل (ω) از نتایج حاصله می‌توان به‌عنوان

## References

- [1]. Ashofteh, P., & Bozorg Haddad, O. (1393). The interactions assessment between the climate natural fluctuations and human activities on runoff. *Iran's water and soil Research*, 45 (1): 103-112 (in Farsi).
- [2]. Bahreman, A.R., Hamdami, Qh., & Saniei., E. (1392). Analyze of long-term changes trend in rainfall and discharge of West of Orumieh Lake. *Journal of the watershed management*, 4(8): 43-57 (in Farsi).
- [3]. Budyko, M. (1974). *Climate and Life*, 508 pp. Academic, San Diego, Calif, 72-191.
- [4]. Chen, Z., Chen, Y., & Li, B. (2013). Quantifying the effects of climate variability and human activities on runoff for Kaidu River Basin in arid region of northwest China. *Theoretical and applied climatology*, 111(3-4): 537-545.
- [5]. Cong, Z., Yang, D., Gao, B., Yang, H., & Hu, H. (2009). Hydrological trend analysis in the Yellow River basin using a distributed hydrological model. *Water Resources Research*, 45(7).W00A13.
- [6]. Dong, L., Zhang, G., & Xu, Y. (2012). Effects of climate change and human activities on runoff in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9(10): 11521-11549.
- [7]. Fu, G., Charles, S. P., & Chiew, F. H. (2007). A two-parameter climate elasticity of streamflow index to assess climate change effects on annual streamflow. *Water Resources Research*, 43(11):W11419.
- [8]. Hu, S., Liu, C., Zheng, H., Wang, Z., & Yu, J. (2012). Assessing the impacts of climate variability and human activities on streamflow in the water source area of Baiyangdian Lake. *Journal of Geographical Sciences*, 22(5): 895-905.
- [9]. Hu, Z., Wang, L., Wang, Z., Hong, Y., & Zheng, H. (2015). Quantitative assessment of climate and human impacts on surface water resources in a typical semi-arid watershed in the middle reaches of the Yellow River from 1985 to 2006. *International Journal of Climatology*, 35(1): 97-113.
- [10]. Huang, J., Zhang, Z., Feng, Y., & Hong, H. (2013). Hydrologic response to climate change and human activities in a subtropical coastal watershed of southeast China. *Regional Environmental Change*, 13(6): 1195-1210.
- [11]. Jiang, S., Ren, L., Yong, B., Singh, V., Yang, X., & Yuan, F. (2011). Quantifying the effects of climate variability and human activities on runoff from the Laohahe basin in northern China using three different methods. *Hydrological Processes*, 25(16): 2492-2505.
- [12]. Kendall, M. (1975). *Rank Correlation Methods* (4th Edn) Griffin: London. 212 pages
- [13]. Kazem Zadeh, M., Malekian, A., & Rasul Zadeh, A. (1392) Analysis of river flow trend by using usparametric and nonparametric statistical approaches in Ardebil provincei, scientific-research Journal / research of Earth Science, 4 (15):63-51 (in Farsi).
- [14]. Li, H., Zhang, Y., Vaze, J., & Wang, B. (2012). Separating effects of vegetation change and climate variability using hydrological modelling and sensitivity-based approaches. *Journal of Hydrology*, 420: 403-418.
- [15]. Ma, H., Yang, D., Tan, S. K., Gao, B., & Hu, Q. (2010). Impact of climate variability and human activity on streamflow decrease in the Miyun Reservoir catchment. *Journal of Hydrology*, 389(3): 317-324.
- [16]. Ma, Z., Kang, S., Zhang, L., Tong, L., & Su, X. (2008). Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow

- for a river basin in arid region of northwest China. *Journal of Hydrology*, 352(3): 239-249.
- [17]. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- [18]. McBean, E., & Motiee, H. (2006). Assessment of impacts of climate change on water resources? a case study of the Great Lakes of North America. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions Discussions*, 3(5): 3183-3209.
- [19]. McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. 17-22 Janvier, Anaheim, 179-184.
- [20]. Pettitt, A. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied statistics*, 126-135.
- [21]. Pike, J. (1964). The estimation of annual run-off from meteorological data in a tropical climate. *Journal of Hydrology*, 2(2): 116-123.
- [22]. Schaake, C. (1990). From climate to flow, in *Climate Change and U.S. Water Resources*. John Wiley, New York, 107-206
- [23]. Shaban, A. (2009). Indicators and aspects of hydrological drought in Lebanon. *Water resources management*, 23(10): 1875-1891.
- [24]. Turc, L. (1954). Le bilan d'eau des sols, Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. 5: 491-595; 6: 5-131.
- [25]. Tabari, H., Sabziparvar, A.A., & Marufi, S. (1387). Assessment of trend annual changes in meteorological parameters in both cold and warm climate of Iran, *Agriculture research: water, soil and plants in agriculture*, 1(1): 87, (in Farsi).
- [26]. Yang, Y., & Tian, F. (2009). Abrupt change of runoff and its major driving factors in Haihe River Catchment, China. *Journal of Hydrology*, 374(3): 373-383.
- [27]. Zeng, S., Zhan, C., Sun, F., Du, H., & Wang, F. (2015). Effects of Climate Change and Human Activities on Surface Runoff in the Luan River Basin. *Advances in Meteorology*. Hindawi Publishing Corporation *Advances in Meteorology*, Article ID 740239, 12 pages  
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/740239>
- [28]. Zhang, L., Dawes, W., & Walker, G. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, 37(3): 701-708.
- [29]. Zhang, Y., Guan, D., Jin, C., Wang, A., Wu, J., & Yuan, F. (2011). Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in northeast China. *Journal of Hydrology*, 410(3): 239-247.

## Performance investigation of the climate elasticity method and the model of SIMHYD For quantitative evaluation of the effective factors on hydrological drought

1-T. Ebrahimian, MSc, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources Lorestan University

2-A. Haghizadeh, Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

Haghizadeh.a@lu.ac.ir

3-H. Zeinivand, Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

4-N. Tahmasebipour, Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

3-R. Alijani, PhD Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

Received: 12 Aug 2016

Accepted: 12 Aug 2017

### Abstract

Fluctuation in climatic variables and increasing human activities, transformation in hydrological processes and consequently it will follow the destruction of ecosystem structure. Therefore, quantitative evaluation of climate variability and human activity as the main factors influencing the hydrological processes are very important for water resources management and planning and for economic-environmental and sustainable development. The purpose of this study is to analyze the detection of changing point hydro climatic variables in Vasaj watershed in Hamadan, also estimation of the impact of climate change and human activities on the watershed annual discharge. Therefore, hydro climatic series trends and fluctuations during 1393-1366 were investigated Then, SIMHYD hydrological model and climate elasticity method were used for quantitative evaluation of hydrological drought regard to climate variability and human activity. The results showed 7.13% decrease in rainfall, 12.3% increase in evapotranspiration and 83.92% decrease in human activities in the runoff. The contribution of human activity and climate variability in runoff reduction using the elasticity method in two techniques of climate Torque and Zhang were obtained in Torque 84.80 and 15.19 and 19.15, and in Zhang method 84.97 and 15.02, respectively. Hence, human activities is the main factor in runoff production. In addition, hydrological SIMHYD model simulations of discharges was not acceptable. Due to the significant changes in land use, it is considered as one of the most obvious human interference in the watershed. The results showed that the area of orchards and vineyards has increased 15071.4 and 15375.69 ha compared to before the change point respectively.

**Keywords:** Hydrologic drought; Climate elasticity method; SIMHYD model.



## اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سه گونه چمن گرمسیری رایج در خشک منظر

۱- هستی میناوی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲- محمدرضا صالحی سلمی، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان  
mrsalehisalmi@gmail.com

۳- مختار حیدری، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- اسماعیل خالقی، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران

دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۹

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۶

### چکیده

امروزه به دلیل حفاظت از آب به‌عنوان منبعی مهم از یک سو و نقش غیرقابل جایگزین فضای سبز از سوی دیگر ما را به سمت پذیرش رویکردی به نام خشک‌منظر سوق می‌دهد. کاشت گیاه مناسب، مسئله‌ای کلیدی در خشک‌منظر به حساب می‌آید و عدم درک درست از گزینش گونه‌های گیاهی، خود می‌تواند عامل شکست در اهداف صرفه‌جویی آب باشد. به‌رحال برای دستیابی به چمن سالم و زیبا باید از گونه‌های مناسب برای هر منطقه استفاده شود، تا جلوه سبز آن پایدار بماند. در این پژوهش گونه‌های پاسپالوم (*Paspalum notatum* Flugge.) و زوی‌شیا (*Zoysia tenuifolia* L.) با گونه برموداگراس (*Cynodon dactylon* L.) که یک چمن رایج در اهواز است، در شرایط تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت مزرعه، در دو زمان مقایسه شدند و در پایان بهترین گونه برای این منطقه معرفی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول زمان اندازه‌گیری و فاکتور دوم نوع گونه بود و برای هر تیمار چهار تکرار (بلوک) در نظر گرفته شد. موارد اندازه‌گیری شده شامل: وزن تر و خشک روشاخساره، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ته‌شاخساره، وزن تر و خشک کل، میانگین عمق ریشه دهی، میزان کلروفیل a، b و کل، میزان قندهای پنتوز، هگروز و کل، میزان عناصر کلسیم، پتاسیم و سدیم در دو زمان پس از تابستان و پس از زمستان بود. نتایج پژوهش نشان داد که گونه پاسپالوم نسبت به دو گونه دیگر برتری داشت. این گونه با کاهش رشد شاخساره، که از نظر مدیریت فضای سبز ویژگی مثبتی می‌باشد و همچنین افزایش رشد ریشه، مقاومت بیشتری به تنش خشکی از خود نشان داد و در نتیجه می‌تواند کارایی فتوسنتزی بالاتری داشته باشد. از مکانیسم‌های دیگر این گونه افزایش میزان پتاسیم و کلسیم بود، که این دو یون نقش اساسی در تنظیم اسمزی و تحمل به تنش دارند. به‌طور کلی این گونه با داشتن مکانیسم‌های مختلف، سبب حفظ رشد و ثبات کلروفیل در تنش خشکی موجود در فضای سبز شهر اهواز گردید.

واژگان کلیدی: برموداگراس؛ پاسپالوم؛ تنش؛ زوی‌شیا؛ عناصر غذایی؛ کیفیت ظاهری.

### مقدمه

چمن‌ها با تولید اکسیژن و جذب گازهای مضر، در تصفیه هوا در شهرهای بزرگ و در نتیجه سلامتی انسان نقش دارند. یک قطعه زمین چمن به ابعاد ۱۵ در ۱۵ متر مقدار نیاز یک خانواده چهار نفری اکسیژن آزاد می‌کند و این در حالی است که گازهای سمی را نیز جذب می‌کند [۳۴]. زیبایی چمن در فضای سبز، در روح و روان انسان تأثیر بسیار زیادی داشته و باعث شادابی و طراوت آن می‌شود. به همین دلیل کاربرد زمین‌پوش‌ها<sup>۱</sup> و چمن‌های مصنوعی در فضای سبز جایگزین چمن‌ها نشده‌اند [۴۳]. بر اساس ویژگی‌های هر یک از انواع چمن‌ها، می‌توان نوعی چمن را برای شرایط آب و هوایی یک منطقه معرفی نمود [۴۵]. همچنین به دلیل کم‌آبی‌های اخیر در برخی محافل موضوع حذف چمن از فضای سبز مطرح گردیده، در حالی که می‌توان با رعایت نکات فنی، گزینش گونه‌های

چمن‌ها با تولید اکسیژن و جذب گازهای مضر، در تصفیه هوا در شهرهای بزرگ و در نتیجه سلامتی انسان نقش دارند. یک قطعه زمین چمن به ابعاد ۱۵ در ۱۵ متر مقدار نیاز یک خانواده چهار نفری اکسیژن آزاد می‌کند و این در حالی است که گازهای سمی را نیز جذب می‌کند [۳۴]. زیبایی چمن در فضای سبز، در روح و روان انسان تأثیر بسیار زیادی داشته و باعث شادابی و طراوت آن می‌شود. به همین دلیل کاربرد زمین‌پوش‌ها<sup>۱</sup> و چمن‌های مصنوعی در فضای سبز جایگزین چمن‌ها نشده‌اند [۴۳]. بر اساس ویژگی‌های هر یک از انواع چمن‌ها، می‌توان نوعی چمن را برای شرایط آب و هوایی یک منطقه معرفی نمود [۴۵]. همچنین به دلیل کم‌آبی‌های اخیر در برخی محافل موضوع حذف چمن از فضای سبز مطرح گردیده، در حالی که می‌توان با رعایت نکات فنی، گزینش گونه‌های

شیراز است، نشان داد رقم جدید فستوکا کیفیت ظاهری برتری نسبت به دو چمن دیگر داشت [۳۵]. در پژوهشی چهار نوع چمن لولیوم، پوا پرتنسیس، فستوکا، برموداگراس و نیز دو نوع چمن اسپورت را مورد بررسی قرار داد و در پایان پوا پرتنسیس و برموداگراس را با بالاترین تراکم پنجه‌ها و رشد ریشه و میزان کلروفیل برای کشت در شیراز پیشنهاد نمودند [۳۳].

در استان خوزستان به دلیل وجود مشکلات مدیریت و نگهداری در گرمای شدید هوا و خشکی، امکان توسعه فضای سبز در حد استانداردهای مطلوب جهانی به راحتی وجود ندارد [۱۷]. با توجه به محدودیت آب‌وهوایی و مشکلات موجود در خاک در شهر اهواز (جدول‌های ۱، ۲ و ۳) و نیاز آبی زیاد چمن، در این پژوهش جنبه‌های بیوشیمیایی، مورفوفیزیولوژیک و کیفیت ظاهری سه جنس چمن برموداگراس، پاسپالوم و زوی‌سیا مورد مقایسه قرار گرفت تا بهترین چمن برای فضای سبز شهرستان اهواز معرفی گردد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در نهالستان سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اهواز، با مختصات ۳۱ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۱ ثانیه عرض جغرافیایی و ۴۸ درجه و ۴۲ دقیقه و ۶ ثانیه طول جغرافیایی و با ارتفاع نسبی ۱۷ متر از سطح دریا، انجام شد. بر اساس اطلاعات هواشناسی در مدت آزمایش متوسط دمای سالانه آن  $28.2^{\circ}\text{C}$ ، میانگین بیشینه دمای سالانه شهر اهواز  $46.5^{\circ}\text{C}$  در مردادماه و خنک‌ترین روزهای زمستان حدود  $1.2^{\circ}\text{C}$  در دی‌ماه بود (جدول ۱). میزان بارندگی سالانه ۲۱۸ میلی‌متر و بیشینه بارندگی در دی‌ماه بود. بیشترین ساعات آفتابی در تیرماه و کمترین در دی‌ماه بود [۴۶].

مقاوم به خشکی و مدیریت صحیح از نقش این گیاهان سودمند، بهره برد [۳۰]. امروزه به دلیل افزایش اهمیت ذخیره‌سازی آب و حفاظت از منابع آبی و نقش مهم و غیرقابل جایگزینی گیاهان و فضای سبز موجب طرح رویکرد جدیدی به نام خشک‌منظر<sup>۱</sup> شده است [۴۱]. کاشت گیاه مناسب در مکان مناسب، مسئله‌ای کلیدی در خشک‌منظر به حساب می‌آید و عدم درک درست از گزینش گونه‌های گیاهی، خود می‌تواند عامل شکست یا ناامیدی در اهداف ذخیره‌سازی یا صرفه‌جویی آب باشد [۳۴]. نتایج بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی چمن‌های آگروپایرون دزرتوروم<sup>۲</sup>، پوا پرتنسیس رقم 'باریمپالا'<sup>۳</sup> و بروموس اینرمیس<sup>۴</sup> در شرایط تنش خشکی مشخص نمود که کیفیت و میزان کلروفیل برگ در این شرایط کاهش می‌یابد. درصد خشکیدگی آگروپایرون دزرتوروم و پوا پرتنسیس پس از آبیاری مجدد کاهش یافته و پس از مدتی، مشابه گیاهان شاهد شدند، اما بروموس اینرمیس به خشکیدگی کامل رسید [۴۳]. در بررسی دیگر، گونه‌های مختلف چمن فصل سرد با یکدیگر مقایسه و مشخص گردید که پوا پرتنسیس<sup>۴</sup> با فستوکا<sup>۵</sup> دارای بیشترین میزان استقرار و بالاترین سطح کلروفیل و تراکم هستند [۲۱]. همچنین نشان داده شد که چمن لولیوم<sup>۶</sup> در مقایسه با فستوکا دارای قدرت پاخوری بالاتری بود [۲۴]. نتایج آزمایش دیگری در زمینه مقایسه بین ارقام جدید فستوکا بلند<sup>۷</sup> با پوا پرتنسیس و لولیوم نشان داد فستوکا بلند، رقابت ضعیفی در برابر پوا پرتنسیس و لولیوم دارد [۴۰]. امروزه در بیشتر مناطق معتدله اغلب پوا پرتنسیس به صورت ترکیبی از چند رقم مورد کشت قرار می‌گیرد. علت استفاده از پوا پرتنسیس به دلیل ویژگی‌های آناتومی است. همچنین گسترش زیاد ریزوم آن که باعث ترمیم سریع می‌شود [۳۴]. نتایج آزمایشی در مورد ارقام جدید فستوکا، برموداگراس<sup>۸</sup> با لولیوم که یک چمن رایج در

- 1- Xeriscape
- 2- *Agropyron desertorum* L.
- 3- *Bromus inermis* L.
- 4- *Poa pratensis* L.
- 5- *Festuca rubra* L.
- 6- *Lolium perenne* L.
- 7- *Festuca arundinacea* L. Schreb.
- 8- *Cynodon dactylon* L. (Pers.)

جدول ۱- متوسط بارندگی و درجه حرارت ماهانه‌ی اهواز [۴۶]

ویژگی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئی	ژوئن	ژوئیه	اگست	سپتامبر	اکتوبر	نوامبر	دسامبر
بارندگی (mm)	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷
دما (°C)	۱۷/۷	۱۳/۹	۱۲/۸	۱۵/۷	۲۲/۵	۲۹/۷	۳۴/۹	۳۷/۹	۳۷/۴	۳۵/۱	۲۹/۹	۲۳

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های آب مورد استفاده

ویژگی	pH	هدایت الکتریکی (mmoh/cm)	مواد معلق در آب (mg/l)
میزان	۷/۶	۱/۲۳۱-۲/۵۰۰	۱۱۵

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های خاک مورد استفاده

رس	شن	سیلت	بافت خاک	ظرفیت زراعی	آب سهل‌الوصول	وزن مخصوص ظاهری
(%)	(%)	(%)	شنی لومی	(%)	(%)	(%)
۱۰/۲۹	۸۰/۵۵	۹/۱۶	شنی لومی	۱۷	۰/۱۴۶	۱/۶۵

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول زمان اندازه‌گیری و فاکتور دوم نوع گونه بود. برای هر تیمار چهار تکرار (بلوک) در نظر گرفته شد. در بهار ۱۳۹۲ مراحل آماده‌سازی بستر کشت انجام و سه نوع چمن برموداگراس، پاسپالوم و زویسیا انتخاب و با تراکم ۳۰۰۰ بذر در هر مترمربع کاشته شد. برای هر چمن چهار کرت (تکرار) در ابعاد ۱×۱ در نظر گرفته شد.

مراقبت‌های لازم در طول رشد شامل آبیاری در فصل بهار به طور معمول هر پنج روز یکبار، در فصل تابستان هر سه روز یکبار، در فصل زمستان هر ۱۵ روز یکبار و در اوایل صبح به میزان ۵۰٪ ظرفیت زراعی انجام شد. دفع دستی علف‌های هرز در طول دوره رشد، ترمیم مرزهای بین کرت‌ها به طور مرتب در طول دوره رشد بود. درصد رطوبت نمونه خاک با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ °C تعیین شد.

پس از یک سال از کشت، در پایان تابستان و زمستان ۱۳۹۳، نمونه برداری برای بررسی ویژگی‌ها انجام شد. جهت نمونه برداری از یک پلات به ابعاد ۵۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر استفاده شد و گل‌ولای ریشه‌ها با فشار آب به طور کامل شسته و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری‌ها شامل وزن تر و خشک روشاخساره

(شاخساره بریده شده از سطح ۵ سانتی‌متری خاک)، وزن تر و خشک ته‌شاخساره (بخش بین سطح خاک تا ارتفاع ۵ سانتی‌متری)، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک کل، میانگین عمق ریشه‌دهی، استخراج و اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ با قرائت در طول موج‌های ۶۴۶، ۶۶۴ و ۶۷۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر [۱۸]، میزان قندهای هیتوز، هگزوز و کل به ترتیب قرائت در طول موج‌های ۴۸۸، ۴۸۰ و ۴۹۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر [۴]، اندازه‌گیری عناصر کلسیم با روش تیتراسیون و استفاده از محلول ورسین، پتاسیم و سدیم با شعله‌سنجی. لازم به یادآوری است که برای خشک کردن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون مدل TV30U (کمپانی شهلا)، در دمای ۶۰ °C قرار داده شدند. تجزیه آماری تمامی داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC انجام شده و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵٪ با یکدیگر مقایسه شدند.

## نتایج

نتایج بررسی تجزیه واریانس نشان داد که زمان اندازه‌گیری بر ویژگی‌های وزن تر و خشک روشاخساره، وزن تر و خشک ته‌شاخساره، وزن خشک و طول ریشه، وزن تر و خشک کل، کلروفیل b و کل، قند کل، کلسیم و

ترتیب ۱۰/۷ و ۴/۱ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مربع) بود (شکل ۱ ج و د).

بررسی ویژگی طول ریشه نشان داد که در بین گونه‌ها بیشترین رشد ریشه به ترتیب مربوط به پاسپالوم، برموداگراس و زوی‌سیا بود. همچنین نتایج زمان اندازه‌گیری نشان داد که رشد ریشه پس از تابستان بیشتر بود. نتایج برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه‌های چمن بر ویژگی طول ریشه نشان داد که بیشترین طول ریشه مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان (۱۶/۳ سانتیمتر) و کمترین مربوط به گونه زوی‌سیا پس از تابستان (۶/۵ سانتیمتر) بود، که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با طول ریشه گونه زوی‌سیا پس از زمستان نداشت (شکل ۱ ه).

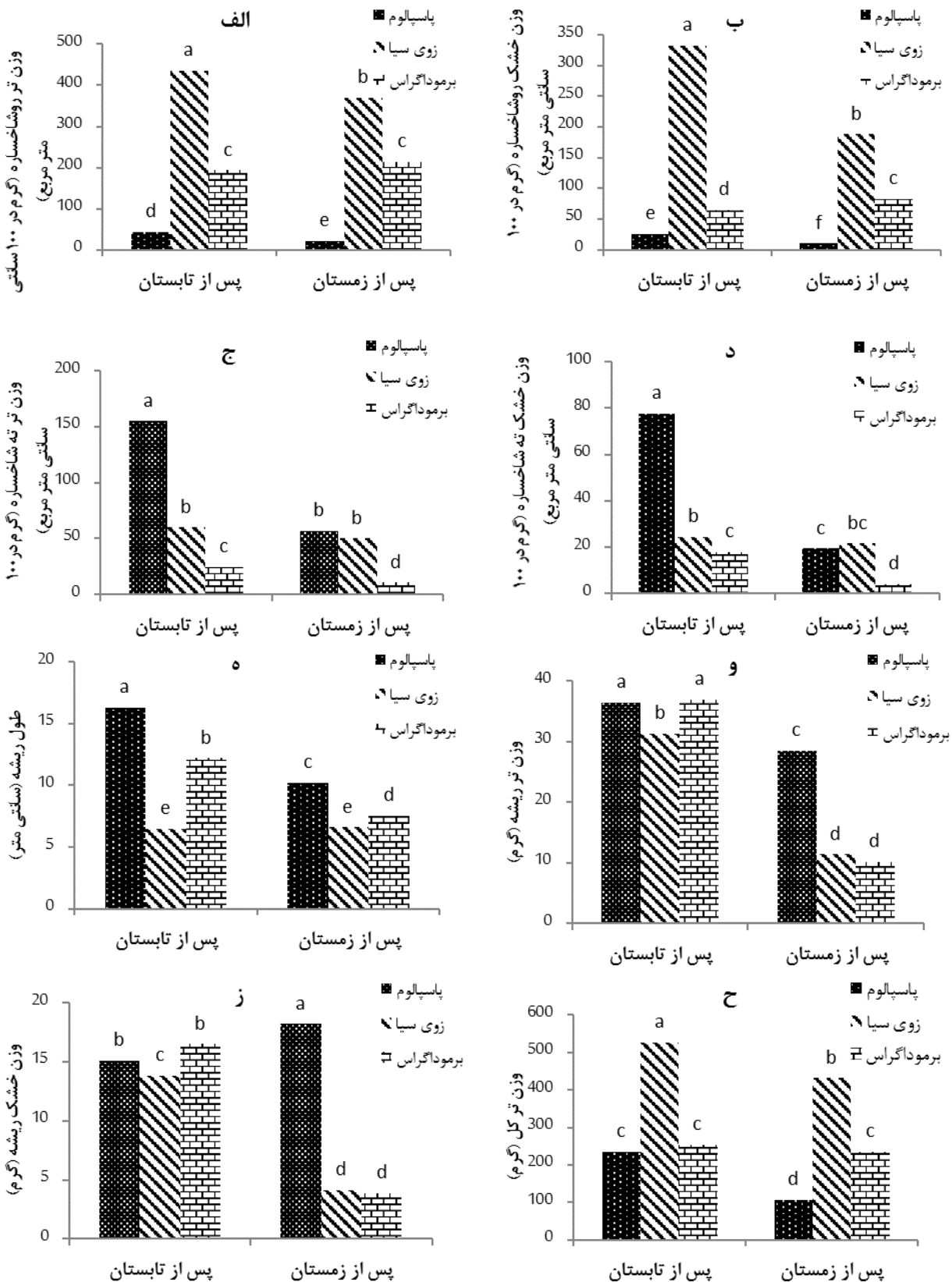
بررسی وزن تر ریشه نشان داد که بیشترین وزن تر مربوط به گونه برموداگراس در اندازه‌گیری پس از تابستان بود (۳۷ گرم در ۱۰۰ سانتیمتر مربع)، با این وجود تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با گونه پاسپالوم در همان زمان اندازه‌گیری نداشت. کمترین وزن تر ریشه نیز مربوط به گونه برموداگراس پس از زمستان بود (۱۰/۲ گرم ۱۰۰ سانتیمتر مربع) ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با گونه زوی‌سیا پس از زمستان نداشت (شکل ۱ و). نتایج وزن خشک ریشه نشان داد که اثر برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه‌های چمن بر این ویژگی معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان بود (۱۸/۲ گرم در ۱۰۰ سانتیمتر مربع). کمترین وزن خشک مربوط به گونه برموداگراس پس از زمستان بود (۳/۹ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مربع)، با این وجود اختلاف معنی‌داری با وزن خشک ریشه برموداگراس پس از زمستان نداشت (شکل ۱ ز).

بررسی وزن تر و خشک کل نشان داد که اثر برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه‌های چمن بر این دو ویژگی معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر و خشک مربوط به گونه زوی‌سیا پس از تابستان بود (به ترتیب ۵۲۷/۳ و ۳۷۰/۳ گرم در ۱۰۰ سانتیمتر مربع). کمترین وزن تر و خشک کل مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان بود (به ترتیب ۱۰۶/۵ و ۴۸/۱ گرم در ۱۰۰ سانتیمتر مربع). مقایسه بین گونه‌ها نشان داد که بیشترین وزن کل مربوط به گونه پاسپالوم بود (شکل ۱ ح و شکل ۲ الف).

پتاسیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار و بر ویژگی‌های وزن تر ریشه، میزان کلروفیل a و سدیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بر روی صفات کاروتنوئید و فندهای پنتوز و هگزوز معنی‌دار نشد. نتایج بررسی تجزیه واریانس نشان داد، که اثر گونه روی ویژگی‌های وزن تر و خشک روشاخساره، وزن تر ته‌شاخساره، وزن خشک کل، کاروتنوئید، قند پنتوز، هگزوز و قند کل و سدیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده و روی ویژگی‌های طول ریشه، وزن خشک ته‌شاخساره، وزن تر کل، کلسیم و پتاسیم در سطح ۱ درصد و روی صفات وزن تر ریشه، کلروفیل a و b معنی‌دار نشد. برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه روی ویژگی‌های وزن تر و خشک روشاخساره، وزن تر ته‌شاخساره، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کلسیم، کاروتنوئید، فندهای پنتوز، هگزوز و قند کل، کلسیم، پتاسیم، و سدیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار و بر ویژگی‌های طول ریشه، وزن خشک ته‌شاخساره، وزن تر و خشک کل و میزان سدیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

نتایج بررسی اثر برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه‌های چمن نشان داد که بیشترین میزان وزن تر روشاخساره مربوط به گونه زوی‌سیا پس از تابستان (۴۶۳/۲۵ گرم در مترمربع) و کمترین مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان (۲۱ گرم در مترمربع) بود. بیشترین وزن تر روشاخساره تولیدی مربوط به گونه زوی‌سیا بود (شکل ۱ الف). بررسی وزن خشک روشاخساره نیز نتایج مشابهی با ویژگی وزن تر روشاخساره داشت. بدین‌گونه که بیشترین میزان وزن خشک روشاخساره مربوط به گونه زوی‌سیا پس از تابستان (۳۳۲ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مربع) و کمترین مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان (۱۰/۴ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مربع) بود (شکل ۱ ب).

بررسی وزن تر و خشک ته‌شاخساره نشان داد که اثر برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و گونه‌های چمن بر این دو ویژگی معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر و خشک مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان بود (به ترتیب ۱۵۵ و ۷۷/۸ گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مربع). کمترین وزن تر و خشک ته‌شاخساره مربوط به گونه برموداگراس پس از زمستان (به



شکل ۱- برهم کنش زمان اندازه‌گیری و نوع گونه بر ویژگی‌های وزن تر روشاخساره (الف)، وزن خشک روشاخساره (ب)، وزن تر ته شاخساره (ج)، وزن خشک ته شاخساره (د)، طول ریشه (ه)، وزن تر ریشه (و)، وزن خشک ریشه (ز) و وزن تر کل (ح). (در هر نمودار، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵٪ آزمون توکی اختلاف معنی‌داری ندارند)

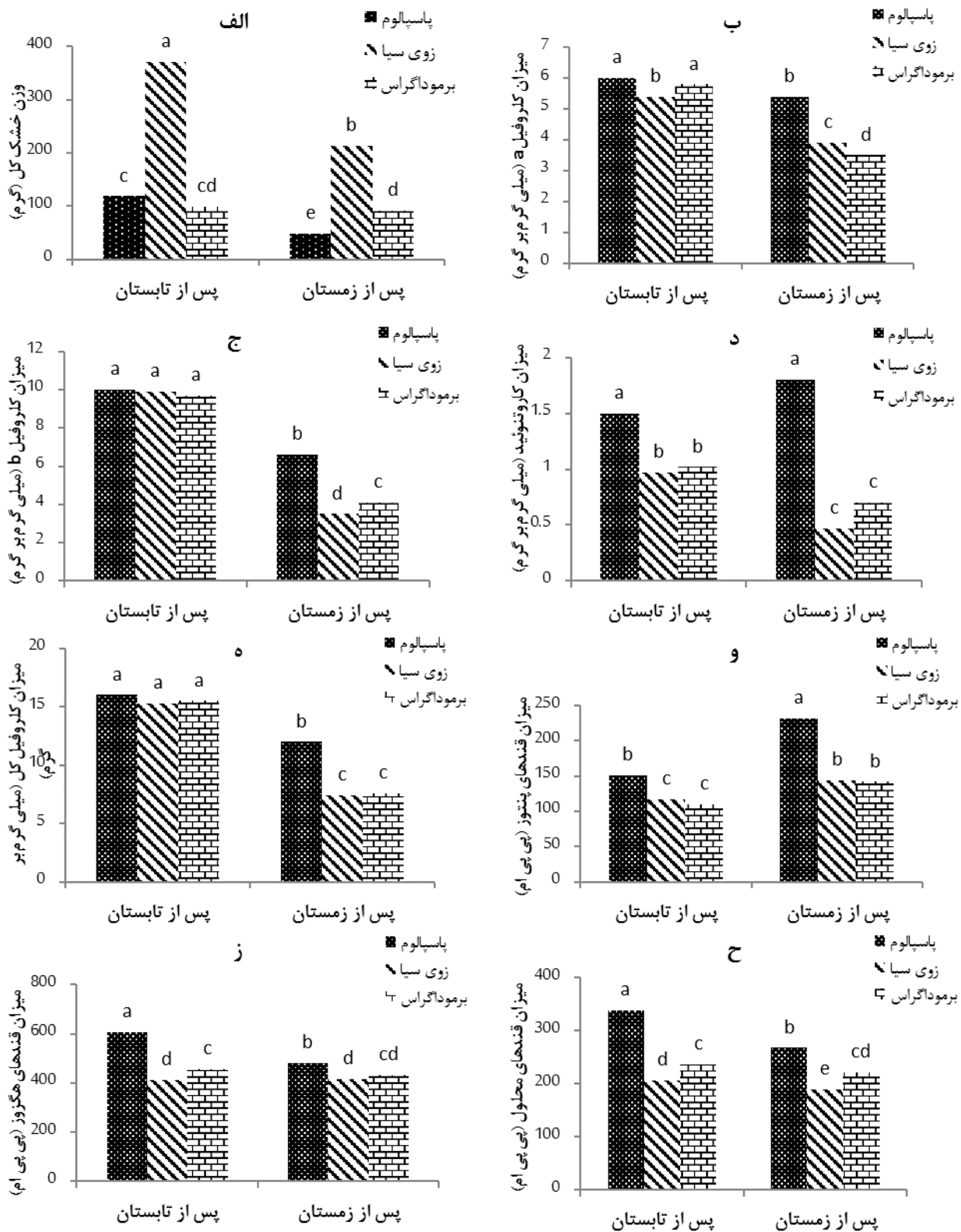
بیشترین میزان قندهای هگزوز مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان بود (۶۰۶ پی پی ام). کمترین میزان قندهای پنتوز مربوط به گونه برموداگراس پس از تابستان (۱۱۰ پی پی ام) بود، هرچند اختلاف معنی داری با گونه زوی سیا پس از تابستان نداشت. همچنین کمترین میزان قندهای هگزوز مربوط به گونه زوی سیا پس از تابستان (۴۱۳ پی پی ام) بود، باین وجود اختلاف معنی داری با میزان قندهای هگزوز زوی سیا و برموداگراس پس از زمستان نداشت. مقایسه میانگین دو زمان اندازه گیری نشان داد که اختلاف معنی داری در ویژگی میزان قندهای پنتوز و هگزوز نداشتند. همچنین مقایسه میانگین بین گونه ها نشان داد که بیشترین میزان قندهای پنتوز (شکل ۲ و) و هگزوز (شکل ۲ ز) مربوط به گونه پاسپالوم بود. بررسی میزان قند کل نشان داد که در بین گونه ها بیشترین میزان به ترتیب مربوط به پاسپالوم، برموداگراس و زوی سیا بود. نتایج برهم کنش زمان اندازه گیری و گونه های چمن بر میزان قندهای محلول نشان داد که بیشترین میزان مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان (۳۳۹ پی پی ام) و کمترین مربوط به گونه زوی سیا پس از زمستان (۱۸۹ پی پی ام) بود (شکل ۲ ح).

همچنین نتایج برهم کنش زمان اندازه گیری و گونه ها نشان داد که بیشترین میزان کلسیم مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان (۲۱۱/۲ پی پی ام) بود و کمترین میزان کلسیم مربوط به برموداگراس پس از زمستان (۱۶/۲ پی پی ام) بود. بررسی میزان پتاسیم نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان (۴۹/۴ پی پی ام) بود، ولی اختلاف معنی داری با میزان پتاسیم برموداگراس پس از زمستان نداشت. کمترین میزان پتاسیم مربوط به برموداگراس پس از تابستان (۷/۸ پی پی ام) بود، باین وجود اختلاف معنی داری با گونه زوی سیا پس از زمستان نداشت. همچنین بررسی میزان سدیم نشان داد که بیشترین میزان مربوط به گونه برموداگراس پس از تابستان (۴۲/۲ پی پی ام) بود. کمترین میزان سدیم مربوط به برموداگراس پس از زمستان (۴/۹ پی پی ام) بود، باین وجود اختلاف معنی داری با گونه زوی سیا پس از زمستان نداشت (شکل ۳ الف، ب و ج).

نتایج بررسی اثر برهم کنش زمان اندازه گیری و گونه های چمن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به گونه پاسپالوم پس از تابستان (۶ میلی گرم بر گرم) بود، ولی اختلاف معنی داری با میزان کلروفیل a گونه برموداگراس پس از تابستان نداشت. کمترین میزان نیز مربوط به گونه برموداگراس در (۳/۵ میلی گرم بر گرم) بود (شکل ۲ ب). نتایج بررسی اثر برهم کنش زمان اندازه گیری و گونه های چمن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به گونه پاسپالوم در تابستان (۱۰/۰۱ میلی گرم بر گرم) بود، ولی اختلاف معنی داری با دو گونه دیگر در زمان مشابه اندازه گیری نداشت. کمترین میزان کلروفیل b نیز مربوط به گونه زوی سیا پس از زمستان (۳/۵ میلی گرم بر گرم) بود (شکل ۲ ج). بررسی کلروفیل کل نشان داد که بیشترین میزان مربوط به گونه پاسپالوم در زمان اندازه گیری پس از تابستان بود (۱۶ میلی گرم بر گرم) بود، با این وجود اختلاف معنی داری از نظر آماری با گونه برموداگراس و زوی سیا در همان زمان اندازه گیری نداشت. کمترین میزان کلروفیل کل نیز مربوط به گونه زوی سیا پس از زمستان بود (۱۰/۲ گرم ۱۰۰ سانتیمتر مربع) ولی از نظر آماری تفاوت معنی داری با میزان کلروفیل گونه زوی سیا پس از زمستان نداشت (شکل ۲ د).

بررسی میزان کاروتنوئید نشان داد در بین گونه ها، پاسپالوم از میزان کاروتنوئید بیشتری برخوردار بود. همچنین بررسی برهم کنش زمان اندازه گیری و نوع گونه نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان (۱/۸ میلی گرم بر گرم) بود، ولی اختلاف معنی داری با میزان کاروتنوئید همین گونه پس از تابستان نداشت. همچنین کمترین میزان کاروتنوئید مربوط به گونه زوی سیا پس از زمستان (۰/۴۷ میلی گرم بر گرم) بود، با این وجود اختلاف معنی داری با میزان کاروتنوئید گونه برموداگراس پس از زمستان نداشت (شکل ۲ ه).

بررسی قندهای پنتوز و هگزوز نشان داد که اثر برهم کنش زمان اندازه گیری و گونه های چمن بر این دو ویژگی معنی دار بود. بیشترین میزان قندهای پنتوز مربوط به گونه پاسپالوم پس از زمستان (۲۳۲ پی پی ام) بود و



شکل ۲- برهم‌کنش زمان اندازه‌گیری و نوع گونه بر ویژگی‌های وزن خشک کل (الف)، میزان کلروفیل a (ب)، میزان کلروفیل b (ج)، میزان کاروتنوئید (د)، کلروفیل کل (ه)، قندهای پنتوز (و)، قندهای هگزوز (ز) و قندهای محلول (ح).  
 (در هر نمودار، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵٪ آزمون توکی اختلاف معنی‌داری ندارند)

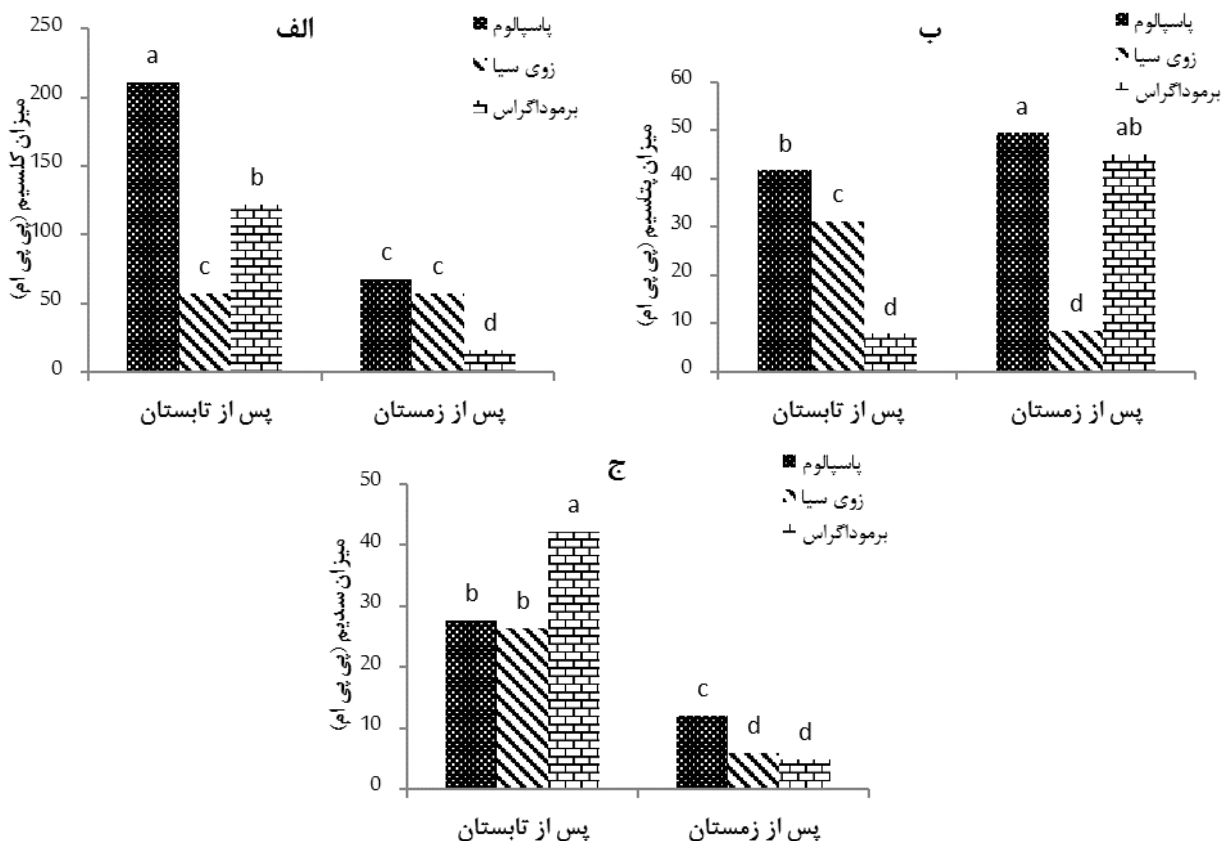
جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی ۳ گونه چمن گرمسیری در دو زمان اندازه‌گیری

میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر رو شاخساره	وزن خشک رو شاخساره	طول ریشه	وزن تر ته شاخساره	وزن خشک ته شاخساره	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر کل	وزن خشک کل
بلوک	۳	۶۵۸۸۵/۵*	۱۶۹۶۴**	۳/۷ <sup>ns</sup>	۷۵۴۲/۵*	۱۸۰۵/۴ <sup>ns</sup>	۸۳۷/۶ <sup>ns</sup>	۴۷۳/۲ <sup>ns</sup>	۱۲۴۱۳۲/۶*	۳۴۰۴۵/۴*
زمان	۱	۵۸۹۰/۶*	۱۳۴۴۶*	۷۶/۳*	۹۹۶۳/۳*	۳۷۴۹/۷*	۴/۷**	۷۵۸/۷*	۴۳۳۵*	۴۱۸۹۹/۴*
گونه	۲	۲۹۷۱۵۸/۶*	۱۲۹۰۵۷/۳*	۹۰/۴۶**	۱۵۸۳۷/۱*	۲۹۴۴/۳**	۱۰۰/۱ <sup>ns</sup>	۱۴۴/۱*	۴۴۹۴۷۶/۴**	۱۷۶۰۷۸/۵*
زمان* گونه	۲	۶۵۹۳/۲**	۱۴۸۵۱/۳**	۲۱/۹۴*	۵۰۰۹/۶**	۱۷۱۸/۸۹*	۱۳۲۱/۵*	۳۲۱/۷*	۱۲۸۷۰/۱*	۲۱۵۷۵/۷*
خطای کل	۱۵	۱۱۸۹۳۲/۹	۲۶۳۷۲/۷	۱۱/۷۴	۳۷۹۹/۵	۱۰۶۱/۵	۴۴۷/۷	۱۸۵/۷	۱۰۱۴۲۰/۳	۳۴۵۴۸/۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۰۳	۱۳/۸۲	۳/۴۵	۱۰/۳۳	۱۱/۷۹	۱۰/۲۵	۱۰/۲۸	۱۰/۶۸	۱۱/۷۴

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی ۳ گونه چمن گرمسیری در دو زمان اندازه‌گیری

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها	پنتوز	هگتوز	قند کل	کلسیم	پتاسیم	سدیم
بلوک	۳	۱/۸ <sup>ns</sup>	۱۷/۳ <sup>ns</sup>	۱۳/۳*	۰/۲ <sup>ns</sup>	۲۲۰۹/۷ <sup>ns</sup>	۲۶۲۳۸/۸ <sup>ns</sup>	۱۰۰۰۳۷/۲ <sup>ns</sup>	۴۵۷۷/۸ <sup>ns</sup>	۸۷/۸ <sup>ns</sup>	۶/۳۹ <sup>ns</sup>
زمان	۱	۹**	۱۱۴/۶*	۶۰/۳*	۷ <sup>ns</sup>	۲۰۴۸۴/۳ <sup>ns</sup>	۲۵۵۵۸/۴ <sup>ns</sup>	۷۲۷۲/۸*	۳۸۹۰۳۶/۴*	۳۲۵/۶*	۳۵۹۵/۶**
گونه	۲	۱/۹ <sup>ns</sup>	۲۴/۵۷ <sup>ns</sup>	۱۲/۳ <sup>ns</sup>	۱/۹*	۴۵۶۶/۱*	۳۸۳۳۴/۷۶*	۲۳۴۳۴/۹*	۱۲۷۷۲۳/۴**	۱۴۳/۱**	۱۰۶/۹*
زمان* گونه	۲	۱۱/۴**	۱۶**	۲۸/۴۱**	۱۴/۸۹**	۵۹۸۵/۶**	۶۷۴۱/۹**	۱۹۵۷/۴**	۱۰۱۷۳۹/۷**	۱۸۱۲/۵**	۲۵۹/۶**
خطای کل	۱۵	۰/۷۱	۱۳/۱	۱۴/۳	۰/۷۳	۲۱۱۳/۳	۳۳۵۰۹/۴	۳۸۴۶/۱	۴۱۵۶/۵	۹۶/۰۸	۳۶/۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۲۶	۵/۶۸	۲/۹	۴/۶	۴/۶	۳/۹	۲/۵۴	۳/۶۶	۳/۱۹	۳

ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ۳- برهم کنش زمان اندازه‌گیری و نوع گونه بر ویژگی‌های میزان کلسیم (الف)، میزان پتاسیم (ب) و میزان سدیم (ج) (در هر نمودار، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵٪ آزمون توکی اختلاف معنی‌داری ندارند)



## بحث

بررسی داده‌های مربوط به درجه حرارت و بارندگی (جدول ۱)، کیفیت آب آبیاری (جدول ۲) و خاک (جدول ۳) نشان داد که در شرایط آب و هوایی اهواز، گیاهان موردبررسی در این آزمایش در فصل تابستان با تنش‌های دمایی بالا و خشکی و در فصل زمستان با تنش دمایی پایین مواجه هستند. همچنین با توجه به کیفیت آب آبیاری در تمامی فصول رشدی، این گیاهان تحت تنش شوری قرار دارند، هرچند به نظر می‌رسد شدت نور بالا بر گونه‌های موردبررسی تأثیر معنی‌داری نداشته باشد، به علت اینکه چمن‌های فصل گرم به علت سیستم فتوسنتزی چهار کربنه (C<sub>4</sub>) نقطه اشباع نوری بالاتری دارند [۳۴]. اگرچه برخی از گونه‌های گیاهی با دریافت نور مستقیم خورشید به نقطه اشباع می‌رسند و شدت خیلی بالایی نور باعث سفید شدن کلروفیل و کند شدن فتوسنتز می‌شوند، اما چمن‌های فصل گرم دارای مکانیسم‌های محافظتی در برابر شدت نور زیاد مانند کوتیکول ضخیم برگ یا برگ‌های کرک‌دار جهت انعکاس نور هستند [۳۴].

اگرچه میزان کلروفیل b و کل برگ هر سه گونه در تابستان تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار در میزان کلروفیل در تابستان نسبت به زمستان به نظر می‌رسد بخشی از تفاوت در وزن خشک گونه‌ها می‌تواند با کارایی فتوشیمیایی رنگدانه‌های فتوسنتزی در تابستان مرتبط باشد، زیرا میزان کاروتنوئیدها نیز در گونه‌های زوئسیا و برموداگراس با گونه پاسپالوم تفاوت معنی‌داری داشت، که احتمالاً نشان‌دهنده اثر متفاوت شدت نور زیاد بر رنگدانه‌های فتوسنتزی در گونه‌های مختلف چمن می‌باشد. تحمل به گرمای تابستان از ویژگی‌های بارز در انتخاب چمن معرفی شده است [۳۴]. وجود تفاوت معنی‌دار در کلروفیل a، b، کل و رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در برگ هر سه گونه در زمستان نیز نشان‌دهنده تفاوت در کارایی رنگدانه‌های این گونه‌ها در دمایی پایین می‌باشد که منجر به بروز تفاوت معنی‌دار در وزن خشک ریشه و شاخساره در زمستان گردیده است. به احتمال به دلیل وزن خشک ریشه بیشتر، گونه پاسپالوم در اول فصل رشد، شرایط مناسب‌تری برای شروع رشد دارد. [۳، ۶ و ۲۹]. همچنین نتایج بررسی ویژگی‌های

مورفولوژی نشان داد، هر سه گونه در فصل بهار و تابستان نسبت به فصل پاییز و زمستان رشد رویشی بهتری داشتند. دامنه دمایی بهینه فتوسنتز در چمن‌های فصل گرم °C ۳۰ تا °C ۳۵ است. با توجه به جدول آب و هوایی شهر اهواز این دما بیشتر در فصول بهار و تابستان وجود دارد که در نتیجه باعث افزایش رشد رویشی در این بازه زمانی می‌گردد. در گونه‌های فصل گرم، دمایی بالا عامل محدودکننده رشد نیست. نتایج یک آزمایش در محیط کنترل‌شده نشان داد بافت‌های برگ برموداگراس دمایی بیش از °C ۶۰ را حدود ۶۰۰ دقیقه تحمل کردند [۴۴]. در تحقیق حاضر، وجود تفاوت معنی‌دار در طول و وزن خشک ریشه نشان‌دهنده اثر تنش خشکی بر گونه‌های مورد بررسی بود. به نظر می‌رسد یکی از مکانیسم‌های تحمل به خشکی افزایش حجم و طول ریشه در فصل بهار و تابستان بوده است. این ویژگی در گونه پاسپالوم بارزتر است. در شرایط کمبود آب، توزیع ریشه در سراسر خاک تغییر می‌کند. با کاهش رطوبت سطح خاک، رشد ریشه در لایه سطحی خاک کاهش یافته، اما گسترش ریشه‌ها در عمق‌های پایین‌تر خاک که آب کافی وجود دارد، افزایش می‌یابد. در مطالعات قبلی این تغییر رشد ریشه در برخی گونه‌ها مانند پاسپالوم و برموداگراس گزارش شده است [۱۱، ۱۲ و ۱۳]. هم‌چنین رشد طولی بیشتر ریشه در پاسپالوم (شکل ۱ ه) و تجمع کمتر یون سدیم (شکل ۳ ج) و تجمع بیشتر یون کلسیم (شکل ۳ الف) در ریشه این‌گونه نسبت به برموداگراس احتمالاً نشان‌دهنده پتانسیل ژنتیکی موجود در این گونه برای کنترل دریافت یون‌ها توسط سلول‌های ریشه است. همچنین این احتمال وجود دارد تنش اسمزی یا سمیت یون‌ها از طریق ممانعت از تقسیم سلولی باعث جلوگیری از رشد طولی ریشه در گونه‌های برموداگراس و زوئسیا گردیده است. اهمیت پتانسیل ژنتیکی در کنترل دریافت یون‌ها در شرایط تنش شوری در پاسپالوم گزارش شده است [۹].

نبود تفاوت معنی‌دار در میزان کلروفیل b و کل در برگ هر سه گونه در تابستان و تفاوت معنی‌دار در میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ هر سه گونه در زمستان، نشان‌دهنده اثر متفاوت دمایی پایین زمستان بر شدت

فتوسنتز هر سه گونه است. گزارش شده تنش سرما در گیاهان سبب پیری زودرس، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و تجزیه کلروفیل در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز می‌گردد [۳۹]. ضمن آنکه کاهش میزان کلروفیل برگ در اثر تنش سرما، باعث کاهش کارایی فتوسنتز می‌شود و گیاهانی که در شرایط تنش، کلروفیل خود را در سطح بالایی حفظ می‌کنند، کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند [۲۶]. با کاهش دما، محتوای کلروفیل کل در بافت سبز کاهش می‌یابد [۲۷]. هم‌چنین وجود مقدار بیشتر کاروتنوئیدها در گونه پاسپالوم نسبت به گونه دیگر در زمستان و تابستان احتمالاً نشان‌دهنده ظرفیت این گونه در دریافت شدت نور کم در زمستان و مقابله با تنفس نوری در تابستان است. اگرچه کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها مهم‌ترین رنگیزهای دریافت‌کننده نور در گیاهان هستند [۳۸] ولی دخالت کاروتنوئیدها به‌عنوان رنگدانه کمکی در افزایش توانایی دریافت نور یا مقابله با تنش اکسیداسیونی در شدت نور زیاد در تابستان تأیید شده است [۱۴].

نتایج نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در میزان قندهای پنتوز و هگروز در دو زمان اندازه‌گیری بود. هم‌چنین مقایسه کربوهیدرات‌ها در گونه‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر نشان داد، بیشترین میزان قندهای محلول و هگروزها مربوط به گونه پاسپالوم بود که در تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمستان بود. کربوهیدرات‌ها منبع انرژی متابولیک یا اسکلت کربنه برای تولید سایر ترکیبات آلی هستند و برای رشد مجدد ریشه و شاخساره پس از بی‌برگ شدن یا چمن‌زنی اهمیت دارند. هم‌چنین کربوهیدرات غیر ساختمانی شامل نشاسته، فروکتوز، ساکارز و گلوکز که در شرایط تنش منابع اولیه تولید انرژی برای گیاهان هستند به‌عنوان معیار سنجش تحمل تنش نیز مطرح هستند [۱۴]. در گیاهان چهار کربنه به دلیل جدا بودن مکانی محل انجام فعالیت‌های فتوسنتزی، مکانیسم فتوسنتز پیچیده‌تر از گیاهان سه کربنه ( $C_3$ ) است. این امر موجب افزایش کارایی فتوسنتز در شرایط دمایی بالا می‌گردد [۳۱]، ولی احتمالاً دمای پایین زمستان موجب کاهش پتانسیل فتوسنتزی در برموداگراس گردیده است. گزارش شده در شرایط نامناسب محیطی مانند شدت نور کم، گیاهان چهارکربنه

نیازمند وجود هماهنگی بیشتر بین سلول‌های مزوفیل و سلول‌های غلاف آوندی برای افزایش کارایی فتوسنتز هستند که اغلب بیشینه فعالیت، در هر قسمت همزمان با قسمت دیگر نیست. این موضوع می‌تواند با تفاوت وزن خشک گونه برموداگراس در تابستان و زمستان و وجود تفاوت این گونه با گونه‌های دیگر مرتبط باشد. بایستی دقت داشت اثر شرایط محیطی نامناسب می‌تواند روی طول میان‌گره و قطر سه گونه اثر داشته و کیفیت چمن را تحت تأثیر قرار دهد [۱۰ و ۳۱]. اثر سایه بر کیفیت چمن از طریق تغییر میانگره مورد تأیید قرار گرفته است [۱]. در تحقیق حاضر وجود تفاوت در میزان کربوهیدرات‌های محلول مانند پنتوزها و هگروزها در تابستان و زمستان، احتمالاً نشان‌دهنده تفاوت اثر شرایط محیطی بر کارایی فتوسنتزی این گونه‌ها بوده است. اثر نور بر ایجاد تغییر در کربوهیدرات‌های برگ چمن نیز مورد تأیید قرار گرفته است [۲].

نتایج نشان داد که بین گونه‌های مورد مطالعه گونه پاسپالوم بیشترین میزان کلسیم و پتاسیم را داشت و گونه برموداگراس میزان سدیم بیشتری داشت. سدیم یکی از یون‌های کلیدی است که در تنش شوری نقش اساسی دارد. اثرات ویژه تنش شوری بر متابولیسم گیاهان به خصوص بر برگ‌های حساس، با تجمع یون سدیم یا با کاهش یون‌های کلسیم و پتاسیم در ارتباط است [۲۵]. افزایش غلظت سدیم اندام هوایی با افزایش کلرید سدیم نیز گزارش شده است [۱۶، ۲۳ و ۳۶]. هم‌چنین گزارش شده است تجمع کمتر یون سدیم در اندام هوایی گیاه می‌تواند در تحمل شوری نقش داشته باشد [۱۶]. میزان پتاسیم در تحمل به شوری گیاهان نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲۸]. به‌علت خاصیت آنتاگونیستی سدیم و پتاسیم با افزایش شوری میزان پتاسیم ریشه کاهش می‌یابد [۲۰]. با افزایش شوری، ژنوتیپ حساس در مقایسه با ژنوتیپ متحمل تجمع غلظت سدیم بیشتر و کاهش غلظت پتاسیم شدیدتری است [۱۹] که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. با افزایش سطح شوری، میزان جذب پتاسیم به علت بازدارندگی سدیم بر پتاسیم و در نتیجه افزایش سدیم در گیاه جو مختل می‌شود [۲۲ و ۲۳].

گونه با داشتن مکانیسم‌های مختلف، باعث حفظ رشد و ثبات کلروفیل در تنش‌های متنوع موجود در فضای سبز اهواز گردید.

همچنین کاهش پتاسیم را به تجمع یون‌های سمی (سدیم و کلر) نسبت داده‌اند [۱۶].

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در سه گونه چمن مورد استفاده در آزمایش حاضر، به دلیل وجود سیستم فتوسنتزی چهار کربنه، این گونه‌های چمن در بهار و تابستان رشد خوبی داشته و میزان کربوهیدرات‌های بیشتری در خود ذخیره می‌کنند. با این وجود به دلیل اعمال تنش خشکی (۵۰٪ ظرفیت مزرعه) گونه پاسپالوموم نسبت به دو گونه دیگر برتری داشت. این گونه با کاهش رشد شاخساره، که از نظر مدیریت فضای سبز ویژگی مثبتی می‌باشد، همچنین افزایش رشد ریشه مقاومت بیشتری به تنش خشکی از خود نشان دهد و در نتیجه کارایی فتوسنتزی بالاتری داشته باشد. از مکانیسم‌های دیگر این گونه افزایش میزان پتاسیم و کلسیم بود، که این دو یون نقش اساسی در تنظیم اسمزی و تحمل به تنش دارند. به طور کلی، این

### پیشنهادات

با توجه به ایده جایگزینی گیاهان پوششی، پیشنهاد می‌شود گونه پاسپالوموم و سایر گیاهان پوششی رایج در شرایط آب و هوایی شهرستان اهواز از نظر نیاز آبی و مقاومت به سایر تنش‌ها مقایسه شوند. همچنین تمایل مردمی جهت انتخاب بهترین نوع پوشش سبز نیز بررسی گردد.

### سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی و مدیریت امور پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، به خاطر حمایت مالی از این تحقیق، تقدیر و تشکر می‌شود.

### References

- [1]. Aldahir, C.F. (2015). Utilization of Bermudagrass 'TifGrand' for Sports Turf: Wear Tolerance, Shade Response, and Quality Improvement. MSc. Thesis. Auburn University. USA. 159 p.
- [2]. Bunnell, B.T., McCarty, L.B., & Bridges Jr, W.C. (2005). Evaluation of three Bermuda grass cultivars and Meyer Japanese zoysia grass grown in shade. *International Turfgrass Society Journal*, 10: 826-833.
- [3]. Christians, N. (2004). Fundamentals of turfgrass management (2<sup>nd</sup> ed). John Wiley & Sons. Hoboken, NJ. 398p.
- [4]. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., & Ith, F.S. (1956). Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Annual Chemistry*, 28, 350-356.
- [5]. Flexas, J., & Medrano, H. (2008). Drought-inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub>-plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. *Annals of Botany*, 183: 183-189.
- [6]. Gibeault, V.A., Cockerham, S., Leonard, M., & Autio, R. (1992). Bermuda grass and zoysia grass winter color. Proc. UCR Turf grass Landscape Management Res.

- Conference and Field Day, University of California, Riverside, CA.
- [7]. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., & Zarrouk, M. (2008). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119: 257-263.
- [8]. Heidari-Sharifabadi, H., & Mirzaie, N. (2006). Salinity-induced growth and some metabolic changes in three *Salsola* species. *Journal of Arid Environments*, 67: 715-720.
- [9]. Hernandez, J.A., & Almansa, M.S. (2002). Short-term effect of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of Pea leaves. *Physiologia Plantarum*, 115: 251-257.
- [10]. Horton, J.L., & Neufeld, H.S. (1998). Photosynthetic responses of *Microstegium vimineum* (Trin) A. Camus, a shade-tolerant, C<sub>4</sub> grass, to variable light environments. *Oecologia*, 114: 11-19.
- [11]. Huang, B. (1999). Water relation and root activities of *Buchloe dactyloides* and *Zoysia japonica* in response to localized soil drying. *Plant and Soil*, 208: 179-186.

- [12]. Huang, B., & Fu, S. (2000). Photosynthesis, respiration and carbon allocation in two cool season perennial grasses in response to surface soil drying. *Plant and Soil*, 227: 17-26.
- [13]. Huang, B., Duncan, R.R., & Carrow, R.N. (1997) Drought resistance mechanisms of seven warm-season turfgrass under surface soil drying. *Crop Science*, 37: 1863-1869.
- [14]. Hull, R.J. (1992). Energy relations and carbohydrate partitioning in turfgrasses. p. 175-205. In D.V. Waddington et al. (eds.), *Turfgrass*. Madison, WI.
- [15]. Keles, Y., & Oncel, I. (2004). Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, 51: 203-208.
- [16]. Lacerda, C.F., Cambraria, J., Olive, M.A., Ruiz, H.A., & Prisco, J.T. (2003). Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotype under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 49: 107-120.
- [17]. Lak, S., Naderi, A., Syadat, S.A., Ainehband, A., & Normohamadi, G. (2008). Effects of water deficit on yield and nitrogen efficiency of corn hybrids grown at different levels of nitrogen and plant 704. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 4: 153-170. (in Farsi).
- [18]. Lichtenthaler, H.K., & Wellburn, A.R. (1985). Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.
- [19]. Meneguzzo, S., Navariizzo, F., & Izzo, R. (2000). NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. *Plant Physiology*, 156: 711-716.
- [20]. Mirmohamadi Meibodi, S.A.M., & Ghareyazi, B. (2002). Physiological and Breeding Aspects of Salinity Stress in Crops. Isfahan University of Technology Press. Isfahan.
- [21]. Misiha, A. (1991). Effect of cool season turf grasses seed mixtures on lawn characteristics. *Bulletin of Faculty of Agriculture*, 42: 401-414.
- [22]. Munns, R., & Termaat, A. (1986). Whole plant responses to salinity. *Plant Physiology*, 13: 143-160.
- [23]. Munns, R., Hare, R.A., James, R.A., & Rebetzke, G.J. (2000). Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51: 69-74.
- [24]. Newell, A.J., Crossley, F.E.M., & Jones, A.C. (1996). Selection of grass species, cultivars and mixtures for lawn tennis courts. *Journal Sports Turfgrass Research Institute*, 72: 42-60.
- [25]. Pakniat, H., Kazemipour, A., & Mohamadi, G.A. (2003). Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontaneum* C. Koch) barley genotypes from Iran. *Iran Agricultural Research*, 22: 45-62. (in Farsi).
- [26]. Penuelas, J., & Filella, I. (1998). Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science*, 3: 151-156.
- [27]. Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri A.R., & Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia*, 53: 47-56.
- [28]. Rascio, A., Russo, M., Mazzucco, L., Plantain, C., Nicastro, G., & Fonz, N.D. (2001). Enhanced osmo tolerance of wheat selected for potassium accumulation. *Plant Science*, 160: 441-448.
- [29]. Roche, M.B., Loch, D.S., Jonothan, D.L., Penberthy, C., Durant, R., & Troughton, A.D. (2009). Factors contributing to wear tolerance of bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., *C. dactylon x transvaalensis* burtt-davy) on a sand-based profile under simulated sports field conditions. *International Turfgrass Society Research Journal*, 11: 449-459.
- [30]. Roohollahi, I., Kafi, M., & Naderi, R. (2010). Drought reaction and rooting characteristics in response to plant growth regulators on *Poa pratensis* cv. Barimpala. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8: 285-288.
- [31]. Sage, R.F., & Mc Kown, A.D. (2006). Is C<sub>4</sub> photosynthesis less phenotypically plastic

- than C<sub>3</sub> photosynthesis? *Journal of Experimental Botany*, 57: 303-317.
- [32]. Salehi, H., & Khosh-Khui, M. (2004). Turfgrass monoculture, cool-cool, and cool-warm season seed mixture establishment and growth responses. *HortScience*, 39:1732-1735.
- [33]. Salehi, M., Salehi, H., Niazi, A., & Ghobadi, C. (2014). Convergence of goals: Phylogenetical, morphological, and physiological characterization of tolerance to drought stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Molecular Biotechnology*, 56: 248-257.
- [34]. Salehi, M.R. (2016). Turfgrass. jdmppress. 188p. (in Farsi).
- [35]. Salehi, M.R., & Salehi, H. (2013). Comparison of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and common bermudagrass (*Cynodon dactylon* [L.] Pers.) turfgrasses and their seed mixtures. *Advances in Horticultural Science*, 27: 81-87.
- [36]. Santa Maria, G.E., & Epsetin, E. (2001). Potassium sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat xlophopym elongation. *Plant Science*, 160: 523-534.
- [37]. Santos, C.V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulture*, 103, 93-99.
- [38]. Scheer, H. (2004). Chlorophylls and carotenoids. *Encyclopedia of Biological Chemistry*, 1: 430-433.
- [39]. Sheng, M., tang, M., Chen, H., Yang, B., Zang, F., & Huang, Y. (2008). Influence of Arbuscular mycorrhizal on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18: 287- 296.
- [40]. Skirde, W. (1989). Verhalten neuer sorten von rohrschwingel, *Festuca arundinacea*, in reinsaat und mischungen. *Zeitschrift fur vegetations technic*, 4:135-140.
- [41]. Sovocool, A., Morgan, M., & Bennett, D. (2006). An in-depth investigation of xeriscape as a water conservation mesure. *Journal (American Water Works Association)*, 98: 82-93.
- [42]. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. Sinecure Associates Inc. 690p.
- [43]. Tatari, M., Fotouhi Ghazvini, R., Etemadi, N., Ahadi, A.M., & Mousavi, A. (2013). Study of some physiological responses in three species of turfgrass in drought stress conditions. *Journal of Plant Production*, 20: 63-88. (in Farsi)
- [44]. Wallner, S.J., Becwar, M.R., & Butler, J.D. (1982). Measurement of turfgrass heat tolerance *in vitro*. *American Society of Horticultural Science*, 107: 603-613.
- [45]. Zadehbagheri, M., Salehi Salmi, M.R., Hedayat, S. (2016). The Physiological, Morphological and BioChemical Comparison of the famous turfgrass with Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Journal of Crop Production and Processing*, 5: 15-25. (in Farsi)
- [46] <http://www.irimo.ir/far/>

## Investigation on morpho-physiological and biochemical characteristics of three common turfgrasses in xeriscaping

1- H. Minavi, MSc. Student, Department of Horticulture Science, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Khoozestan, Iran

2- M.R. Salehi Salmi, Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Khoozestan, Iran

mrsalehisalmi@gmail.com

3- M. Heidari, Associate Professor, Department of Horticulture Science, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Khoozestan, Iran

4-E. Khaleghi, Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Chamran University, Khoozestan, Iran

Received: 09 Nov 2016

Accepted: 07 Nov 2017

### Abstract

Lawns have become a central part of urban and suburban landscapes in Iran and are expanding along with urbanization. Turfgrass provides many environmental benefits, including reducing soil erosion, water runoff and leaching, contributing to carbon sequestration, moderating temperature, reducing noise, glare, and visual pollution. By selecting the appropriate plants and efficient irrigation systems, a balance can be achieved to fit aesthetic needs as well as reduce resource use. Benefits of xeriscaping include cost savings through lower water bills and a reduction in the labor needed to maintain your landscape. In this investigation zoysiagrass (*Zoysia tenuifolia* L.) and paspalum (*Paspalum notatum* Flugge.) were compared with bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.), the common turfgrass in Ahwaz. The experiment was conducted as factorial in a random complete block design with the time of assessment as the main factor and turfgrass type as the sub-factor. Each treatment had four replicates. Turfgrasses were compared by measuring rooting depth, verdure wet and dry weight, root wet and dry weight, clipping wet and dry weight, chlorophyll content, solute carbohydrates, sodium content, potassium content and calcium content. Paspalum was the best species turfgrass for xeriscape under climatic conditions of Ahwaz city. The species tolerated more drought stress through enhancement root growth and reduction of its shoot growth, a positive point for landscape management. So, it had more photosynthesis efficiency. Another mechanism of drought tolerance in this species was increasing  $K^+$  and  $Ca^{2+}$  concentrations, which are of essential role in osmotic adjustment. In general, paspalum by having different mechanisms can keep up growth and photosynthesis in drought condition at ahwaz landscape.

**Keywords:** *Cynodon*; Nutrient elements; *Paspalum*; Visual quality; *Zoysia*.

## ارزیابی شاخص‌های گیاهی برآورد پوشش و تولید گیاهی مراتع مناطق خشک در دوره‌های رویشی مختلف

۱- فاطمه پردل، دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه شهرکرد

F.pordel@stu.sku.ac.ir

۲- عطاالله ابراهیمی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۳- زهرا عزیزی، استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱

### چکیده

یکی از کاربردهای مهم سنجش از دور در مدیریت منابع طبیعی، تشخیص و ارزیابی کمی پوشش گیاهی است. هدف این پژوهش بررسی شاخص‌های گیاهی حاصل از ماهواره لندست ۸ به منظور ارائه مدل برآورد تاج پوشش سبز و تولید گیاهی در مرتع مرجن شهرستان بروجن طی فصل رویش است. به این منظور، در طول ترانسکتی به طول ۱۰ کیلومتر و در فواصل حدود ۴۰۰-۱۰۰۰ متر در ۱۹ محل نمونه برداری (به صورت تصادفی) و در هر نقطه با ۵ کوادرات ۲×۲ متری به صورت کوادراتی مرکزی و چهار کوادرات در چهار جهت اصلی اطراف آن ۹۵ کوادرات در هر دوره آماربرداری و در طی ۴ دوره عملیات صحرایی ۳۸۰ کوادرات، بین اردیبهشت تا شهریور سال ۱۳۹۳ اندازه‌گیری‌های متغیرهای تولید (به روش اندازه‌گیری مضاعف) و پوشش تاجی (به روش پلات مشبک) انجام شد. پس از انجام تصحیح اتمسفری به روش FLAASH، ۱۲ شاخص گیاهی برای تمام تصاویر محاسبه شد. سپس ارزش‌های شاخص‌های گیاهی در روابط رگرسیونی در برابر ارزش‌های زمینی تاج پوشش سبز و تولید گیاهی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص‌های ARVI، SARVI و EVI در برآورد تاج پوشش سبز گیاهی ( $r^2=0.81$ ) و تولید گیاهی (به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۶۱، ۰/۶۱ و ۰/۶۰) در رگرسیون درجه سوم مناسب‌ترین گزینه‌ها بودند. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان‌دهنده ارتباط قوی شاخص‌های گیاهی حاصل از لندست ۸ با تاج پوشش سبز و تولید گیاهی است، هر چند تاج پوشش سبز گیاهی دارای ارتباط قوی‌تری در مقایسه با تولید گیاهی با شاخص‌های گیاهی می‌باشد. به طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که تولید و پوشش گیاهی مناطق خشک با دقت نسبتاً بالایی می‌تواند به وسیله شاخص‌های گیاهی مستخرج از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ برآورد گردد.

**واژگان کلیدی:** تاج پوشش سبز؛ تولید گیاهی؛ دوره رویشی؛ ARVI؛ EVI؛ SARVI.

### مقدمه

بسیار مهمی دارد، تعیین ظرفیت بهینه چرای است در این امر تعیین میزان تولید گیاهی یکی از گام‌های اصلی است [۳۱]. زیتوده گیاهی میزان توده گیاهی یا انرژی انباشته شده است که به صورت وزن یا انرژی در واحد سطح ( $\text{kJ.m}^{-2}$  یا  $\text{gr.m}^{-2}$ ) بیان می‌شود [۱۵]. یکی از کاربردهای مهم سنجش از دور در مدیریت منابع زیست محیطی، ارزیابی کمی و بررسی تغییرات پوشش گیاهی است [۴۲]. در طول سه دهه گذشته و تقریباً از زمان راه‌اندازی اولین ماهواره سنجش از دور مطالعات قابل توجهی در زمینه پویایی پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی انجام شده است [۶]. در اواسط دهه ۱۹۸۰ چندین شاخص پوشش گیاهی پیشنهاد شد و

با توجه به کارکردهای زیست محیطی مراتع هم‌چون پالایش گاز کربنیک [۳۰]، تثبیت نیتروژن [۴۳]، نفوذ و نگهداشت آب و در نتیجه نقش مراتع در اقتصاد کشورها، ارزیابی و نظارت بر الگوی تغییرات پوشش گیاهی به عنوان یک موضوع اساسی در مطالعات منابع طبیعی تبدیل شده است [۴۲]. منظور از آنالیز مرتع، تولید اطلاعاتی است که بتوان با توجه به آن اطلاعات، برنامه‌هایی برای مدیریت و بهره‌برداری پایدار از مراتع ارائه داد. تاج پوشش گیاهی از جمله مؤلفه‌های مهم در ارزیابی و اندازه‌گیری مراتع است. پوشش تاجی عبارت است از مساحتی از زمین که به وسیله تصویر عمودی محیط خارجی گیاه پوشیده می‌شود [۸]. یکی از مواردی که در سلامت و بقای مراتع نقش

تنظیم پس زمینه تاج پوشش (L) است که در مناطق با پوشش متوسط، ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. (۲) توسعه شاخص‌های گیاهی مقاوم به اثرات جو توسط محققانی همچون [۲۵] که به طور مستقیم اثر هواویز را در باند قرمز با ترکیب کردن باند آبی از بین می‌برد. تفاوت ARVI به اثرات جوی در مقایسه با NDVI توسط یک فرآیند خود تصحیح در باند قرمز است که با استفاده از تفاوت در ارزش باند آبی و قرمز انجام می‌شود و (۳) که در این راستا، شاخص گیاهی SARVI توسط معرفی شد [۲۷]. در این شاخص گیاهی از باند آبی به منظور کاهش اثر جو استفاده شد؛ همچنین برای کاهش اثر بازتاب خاک از ضریب تعدیل کننده اثر خاک (L) استفاده شده است. شاخص گیاهی EVI نیز با حساسیت به مناطق با زیتوده بالا و با کاهش اثر جو و بازتاب خاک، توسعه یافته است [۱۸]. شاخص‌های گیاهی در دو دسته قرار دارند، شاخص‌های شیب‌محور و فاصله‌محور [۲۳]. شاخص‌های شیب‌محور ترکیب ریاضی ساده‌ای هستند که بر تضاد بین الگوی پاسخ طیفی گیاهان در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک در طیف الکترومغناطیسی تمرکز می‌کنند. در مقابل، شاخص‌های فاصله‌محور، مقدار پوشش گیاهی در هر پیکسل را با استفاده از تفاوت بازتاب هر پیکسل از بازتاب خاک لخت اندازه‌گیری می‌کند. پوشش گیاهی در مراحل مختلف رویشی، خود از نظر ترکیب شیمیایی و مورفولوژی دچار تغییر می‌شوند [۳۴]. به عنوان مثال، در گیاهان بالغ نسبت ساقه به برگ، مقدار لیگنین و سلولز آن‌ها در طول دوره رویشی افزایش می‌یابد و این افزایش به طور همزمان با یک کاهش در مقدار کلروفیل همراه است [۱۳]؛ در نتیجه پاسخ طیفی گیاهان در مراحل مختلف رشد رویشی تغییر می‌یابد [۲۶]. بنابراین، توسعه روش‌هایی با دقت بیشتر و به صورت غیر مخرب به منظور حصول اطمینان از پایداری تولید، حفاظت خاک و تولید انرژی زیستی طی فصل رویش از اهمیت بسزایی برخوردار است [۳۶]. در پژوهش مرتبط با شاخص‌های گیاهی در برآورد پوشش گیاهی که در منطقه شیطان بافق یزد، که نتایج نشان داده شد که، شاخص‌های گیاهی که ضرایب خط خاک در محاسبه آن‌ها در نظر گرفته می‌شود از دقت مناسب‌تری برخوردار بوده و می‌توانند بیانگر درصد پوشش

مطالعات پیرامون این موضوع به تدریج افزایش یافت، به ویژه خواص باند مادون قرمز بر روی پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت [۴۵]. شاخص‌های گیاهی مختلف بر اساس ترکیبی از دو یا چند باند با فرض تولید اطلاعات بیشتر در آنالیز چند باندی در مقایسه با تک باندی توسعه یافته‌اند. بسیاری از شاخص‌های گیاهی با استفاده از ارزش‌های رادیانس یا بازتاب بالای جو<sup>۱</sup> در باندهای قرمز<sup>۲</sup> و مادون قرمز نزدیک<sup>۳</sup> که می‌تواند توسط دستگاه‌های طیف سنج هوا برد یا ماهواره‌های فضایی جمع‌آوری شده باشد، محاسبه می‌شوند. ارتباط معنی‌دار شاخص‌های گیاهی با مؤلفه‌های مختلف پوشش گیاهی همچون زیست توده سبز [۴۵]، تاج پوشش سبز گیاهی [۱۱]، شاخص سطح برگ [۴]، فعالیت فتوسنتزی [۴۰] و ... اثبات شده است. شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده<sup>۴</sup> از جمله شاخص‌های گیاهی است که به طور گسترده در علوم جنگل، مرتع و برنامه‌های کاربردی محیط زیست استفاده می‌شود [۲۴]. تمام شاخص‌های گیاهی با توجه به ساختار سلولی برگ، براساس تفاوت بین بیشترین انعکاس رنگدانه‌ها (مثل کلروفیل a و b) در محدوده مادون قرمز نزدیک و بیشترین میزان جذب رنگدانه‌ها در محدوده باند قرمز توسعه یافته‌اند [۲۸]. طیف خاک، به طور معمول فاقد این مکانیسم بوده و در واقع چنین تفاوت طیفی چشمگیری را نشان نمی‌دهد. با وجود استفاده از فراوان شاخص NDVI در برنامه‌های کاربردی، چندین محدودیت برای این شاخص برشمرده شده است، از آن جمله حساسیت به خاک به ویژه، پس زمینه تیره یا مرطوب خاک [۲۰]، و حساسیت به اثر جو [۱۷]، است. هواویز توسط پدیده پراکندگی نور خورشید باعث افزایش بازتاب در باند قرمز و توسط فرآیند جذب باعث کاهش بازتاب در محدوده مادون قرمز نزدیک می‌شوند [۱۶]. شاخص‌هایی که بر پایه باندهای قرمز و مادون قرمز بودند در سه جهت بهبود یافتند: (۱) توسعه شاخص‌های گیاهی که اثر پیش زمینه خاک را به حداقل می‌رساند مانند شاخص پوشش گیاهی تعدیل کننده اثر خاک (SAVI)<sup>۵</sup> [۱۹] که دارای ضریب

1 - TOA

2 - Red

3 - NIR

4 - Normalized Difference Vegetation Index

5- Soil-Adjusted Vegetation Index



## مواد و روش‌ها

مرتع مرجن در دو کیلومتری شهرستان بروجن با مساحتی معادل ۵۶۹۴ هکتار در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. از نظر جغرافیایی در حدفاصل  $32^{\circ} 06' 30''$  تا  $32^{\circ} 07' 30''$  عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع سطح در این رویشگاه ۲۲۰۰ متر از سطح دریای آزاد است. متوسط بارندگی بر اساس آمار ۲۵ ساله برابر ۲۵۵ میلی‌متر بوده ولی در سالهای اخیر و با توجه به بروز خشکسالی‌ها این مقدار به حدود ۲۰۰ میلی‌متر کاهش یافته است. طبق تقسیم‌بندی کوپن، این منطقه دارای اقلیم معتدل و سرد با تابستان‌های گرم و خشک است. در این منطقه پنج واحد مدیریتی مجزا وجود دارد که در فصل بهار و تابستان حدود ۴۵۰۰ رأس واحد دامی کوچک در این منطقه چرا می‌کنند. پوشش غالب مرتع گراس‌های چندساله و گونه‌های بوته‌ای است. از جمله گیاهان موجود در این منطقه عبارتند از:

*Bromus tomentellus* Boiss, *Festuca ovina* L, *Stipa hohenackeriana* Trin & Rupr, *Poa bulbosa* L., *Taeniatherium crinitum* Schreb, *Heteranthelium piliferum* (Banks & Soland.) Hochst, *Astragalus effusus* Bunge, *Astragalus verus* Olivier, *Astragalus susianus* Boiss, *Astragalus pinetorum* Boiss, *Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. & Schweinf, *Scariola orientalis* Boiss, *Phlomis persica* Boiss, *Phlomis olivieri* Benth, *Stachys pilifera* Benth, *Stachys inflata* Benth, *Stachys lavandulifolia* Vahl.

گیاهی در مناطق خشک باشند [۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر قابلیت شاخص‌های طیفی ماهواره‌ی IRS را به منظور برآورد تاج پوشش گیاهی در مراتع کرسنک در استان چهارمحال و بختیاری بررسی شد نتایج نشان داد که، شاخص‌های GNDVI و DVI بیشترین همبستگی را با پوشش کل و شاخص‌های PD321 با تاج پوشش علفیان و شاخص‌های GNDVI، GI و MIRV2 با تاج پوشش گندمیان بیشترین همبستگی را دارند [۳۲] هر چند تحقیقات زیادی در خصوص ارتباط بین داده‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های گیاهی حاصله در یکی از مراحل رویشی صورت گرفته است اما تا کنون مطالعات دقیقی به ویژه در شرایط مناطق خشک و با در نظر گرفتن دوره‌های رویشی مختلف در رابطه بین پوشش و تولید گیاهی و همچنین شاخص‌های گیاهی کمتر صورت گرفته است. تحقیق حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین شاخص گیاهی به منظور برآورد تاج پوشش سبز و تولید گیاهی با در نظر گرفتن مرحله رویشی گیاهان در طول فصل رویش در مرتع مرجن بروجن انجام شد. بررسی وجود ارتباط معنی‌داری بین داده‌های زمینی تولید و همچنین تاج پوشش گیاهی با در نظر گرفتن مراحل رویشی مختلف با شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد یا نه از هدف‌های اصلی این پژوهش می‌باشد.



شکل ۱- الف) تصویر ماهواره لندست ۸ از منطقه مورد مطالعه و ب) موقعیت آن نسبت به استان چهارمحال و بختیاری و ج) ایران

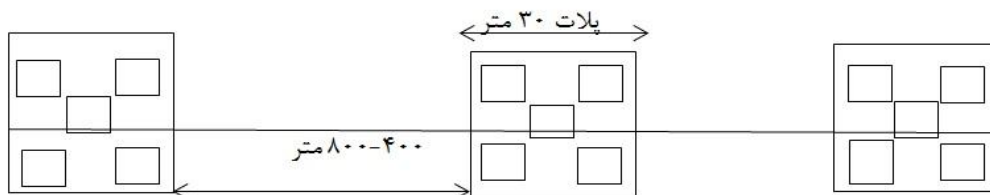
### اندازه‌گیری پوشش و تولید در عرصه

انجام شد. به منظور ثبات در اندازه‌گیری‌ها فقط یک نفر اقدام به آمار برداری نمود. برای تاج پوشش سبز گیاهی، از کوادرات مشبک با دقت بالا استفاده شد [۴۱]. در هر دوره نمونه برداری، فقط تاج پوشش سبز گیاهی و بخش فتوسنتز کننده گیاه اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری زیتوده بالای سطح زمین از روش نمونه‌گیری مضاعف [۸] استفاده شد. بدین منظور در ۲۰ درصد از تعداد کل پلات‌ها پوشش سرپا از ارتفاع یک سانتی‌متری بریده و بخش فتوسنتز کننده گیاهان در هر دوره رویشی تفکیک شده و پس از خشک شدن در هوای آزاد توزین شدند. همچنین در تمام کوادرات‌ها وزن زیتوده گیاهی تخمین زده شد. سپس با استفاده از رابطه رگرسیونی بین مقادیر نظری (متغیر مستقل) و وزن شده (متغیر وابسته)، مقادیر زیتوده در مابقی پلات‌ها که زیتوده گیاهی فقط تخمین زده شده بود برآورد شد.

در این پژوهش پس از تعیین محدوده مورد مطالعه، به منظور اندازه‌گیری تاج پوشش سبز و تولید گیاهی به تفکیک ۵ شکل رویشی گندمی بلند، گندمی کوتاه، فورب بلند، فورب کوتاه و بوته‌ای با استقرار ۹۵ کوادرات به صورت تصادفی در امتداد یک ترانسکت [۲] ۱۰ کیلومتری با در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه اندازه‌گیری شد.

با توجه به یافته‌های تحقیقی شکل کوادرات مربع و به ابعاد ۲×۲ متر در نظر گرفته شد [۴۴]. اندازه‌گیری‌های فوق در چهار دوره رویشی (اواسط اردیبهشت، اواخر خرداد، اوایل مرداد و اواسط شهریور) در سال ۱۳۹۳ تکرار شد. در ضمن، مختصات کوادرات‌های موجود در عرصه توسط دستگاه GPS با دقت زیاد، ثبت شد با نشان گذاری محل‌ها نمونه برداری، برای نمونه برداری دوره‌های بعد، علامت گذاری شد. نمونه برداری در هر مرحله طی ۳-۴ روز



شکل ۲- طرح شماتیک از سه نقطه نمونه برداری (هر نقطه شامل پنج کوادرات، با چهار متر فاصله از کوادرات مرکزی)

### محاسبه شاخص‌های گیاهی مبتنی بر سنجش از دور

پس از انجام پیش پردازش‌های لازم، ۱۲ شاخص گیاهی، به عنوان بهترین شاخص‌های گیاهی برآورد پوشش و تولید گیاهی، انتخاب شد (جدول ۱) و برای تمام تصاویر (۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور) محاسبه شد. شاخص‌های NDVI, RVI, ARVI و EVI در دسته شاخص‌های شیب‌محور قرار دارند. شاخص‌هایی که در دسته شاخص‌های فاصله محور قرار دارند، بر اساس فاصله عمودی نمونه مورد نظر، از خط خاک در نمودار طیفی قرمز در برابر مادون قرمز که از تقابل بین بازتاب طیفی نمونه‌هایی از نقاط عاری از پوشش گیاهی حاصل می‌شود، محاسبه گردید.

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به مسیر ۱۶۴ و ردیف ۰۳۸ در تاریخ‌های ۲۴ اردیبهشت، ۹ خرداد، ۲۵ خرداد ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور سال ۱۳۹۳ استفاده شد. برای به‌علت تطابق هندسی تصاویر و نقاط کنترل و در نتیجه دقت بالای تصاویر لندست ۸، نیازی به انجام تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای نبود. سپس، به منظور بررسی تغییرات و کاهش اثر جو و عوامل دیگر در تصاویر چندزمانه، از روش تصحیح اتمسفری FLAASH استفاده شد. برای انجام پیش‌پردازش‌ها و پردازش‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای از نرم افزارهای ENVI 5.1، IDRISI Selva (ver. 17)، و Arc GIS (ver. 10.2) کمک گرفته شد.

جدول ۱- شاخص‌های گیاهی انتخابی برای یافتن بهترین شاخص گیاهی

شاخص گیاهی	رابطه	خصوصیات	منبع
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	شیب محور	(۲۸)
Ratio Vegetation Index (Ratio)	$NIR/Red$	شیب محور	(۷)
Perpendicular Vegetation Index (PVI)	$\sqrt{(R_{gg} - NIR)^2 + (R_{gg} - Red)^2}$	فاصله محور	(۳۸)
Perpendicular Vegetation Index 1 (PVI1)	$\frac{(bNIR - Red) + a}{\sqrt{b^2 + 1}}$	فاصله محور	(۳۵)
Perpendicular Vegetation Index 2 (PVI2)	$\frac{(NIR - a) * (Red + b)}{\sqrt{1 + a^2}}$	فاصله محور	(۵)
Perpendicular Vegetation Index 3 (PVI3)	$aNIR - bRed$	فاصله محور	(۳۷)
Ratio Vegetation Index (RVI)	$Red/NIR$	شیب محور	(۳۸)
Difference vegetation index (DVI)	$aNIR - Red$	فاصله محور	(۳۸)
Weighted Difference vegetation index (WDVI)	$NIR - aRed$	فاصله محور	(۳۸)
Atmospheric Resistant Vegetation Index (ARVI)	$\frac{NIR - (2 * Red - Blue)}{NIR + (2 * Red - Blue)}$	مقاوم به شرایط جوی	(۲۵)
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$G \frac{NIR - Red}{NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L}$	مقاوم به شرایط جوی - دارای ضریب تعدیل کننده خاک	(۱۸)
Soil & Atmospheric Resistant Vegetation Index (SARVI)	$\frac{(1 + L) * (NIR - (Red - (Blue - Red)))}{NIR + (Red - (Blue - Red)) +}$	مقاوم به شرایط جوی - دارای ضریب تعدیل کننده خاک	(۲۷)

NIR = باند مادون قرمز، Red = باند قرمز، Blue = باند آبی، a = شیب خط خاک، b = عرض از مبدأ خط خاک، C<sub>1</sub> = ۶ و C<sub>2</sub> = ۷/۵، G برابر ۲/۵ م همچنین L برابر ۰/۵ = R<sub>gg</sub> خط خاک

## تجزیه و تحلیل اطلاعات

به منظور بررسی رابطه بین تاج پوشش سبز و تولید گیاهی با داده‌های ماهواره‌ای از تحلیل رگرسیون استفاده شد. مقادیر شاخص‌های گیاهی محاسبه شده در هر پیکسل از داده‌های ماهواره‌ای در محل پیکسل‌های نمونه برداری زمینی به عنوان متغیر مستقل و مقادیر محاسبه شده تاج پوشش سبز و تولید زمینی به تفکیک به عنوان متغیر وابسته وارد رابطه رگرسیونی خطی و غیر خطی درجه دوم و درجه سوم شدند. قبل از ایجاد مدل‌های رگرسیونی نرمال بودن توزیع متغیر وابسته بررسی شد و پس از اطمینان از نرمال یا نزدیک به نرمال بودن توزیع این متغیر، تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و غیر خطی انجام شد. از شاخص ضریب همبستگی (R) ضریب تبیین (R<sup>2</sup>) و سطح معنی داری و خطای برآورد برای تعیین

مقادیر زمینی تاج پوشش گیاهی و تولید، میانگین ۵ کوادرات در هر پلات محاسبه گردید که به عنوان نماینده ارزش یک پیکسل در تصاویر ماهواره‌ای در نظر گرفته شد. در تحقیقات زیادی [۳۶] و [۲۹] یک کوادرات ۱ متر مربعی نماینده پیکسل ۹۰۰ متر مربعی لندست در نظر گرفته شده است ولی در این تحقیق با توجه به تنوع گونه‌های گیاهی در طول دوره رویش، اختلاف در به اوج رسیدن تولید در شکل‌های رویشی مختلف، الگوی پراکنش گیاهان، ناهمگنی‌های موجود و در نهایت برای اطمینان بیشتر میانگین ۵ کوادرات ۲×۲ متر مربعی که سطحی معادل ۲۰ متر مربع بود، به عنوان نماینده یک پیکسل در نظر گرفته شد (شکل ۲).

مناسب‌ترین شاخص گیاهی به‌منظور برآورد تاج پوشش سبز و تولید گیاهی استفاده شد. پس از یافتن بهترین مدل های برازشی بین متغیر مستقل و وابسته (مدل برآورد تاج پوشش سبز و تولید)، آزمون دقت و صحت-مدل های رگرسیونی توسعه یافته، انتخاب شد. بدین ترتیب که در ۳۵ درصد از داده‌هایی که در ایجاد مدل رگرسیونی وارد نشده بودند مقادیر تاج پوشش سبز گیاهی اندازه‌گیری شده در عملیات صحرایی در برابر مقادیر برآورد شده از رابطه رگرسیونی توسعه یافته قرار گرفت و با آزمون نمونه برداری تی جفتی<sup>۱</sup> وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر برآوردی مدل ها و مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده در عرصه این دو ارزش مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل‌های آماری در این تحقیق با نرم‌افزار SPSS و Excel انجام شد.

## نتایج

مقادیر اندازه‌گیری تولید و پوشش گیاهی در دوره‌های مختلف

مقادیر تاج پوشش سبز و تولید گیاهی اندازه‌گیری شده در عملیات صحرایی به تفکیک ۴ دوره در جدول ۲ آورده شده است. میانگین تاج پوشش سبز و تولید گیاهی با در نظر گرفتن انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده این دو مؤلفه در نقاط نمونه‌برداری مختلف در هر دوره نیز آورده شده است. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود میزان تاج پوشش سبز گیاهی در منطقه مورد مطالعه از  $(7/865 \pm)$  درصد در اولین مرحله آماربرداری (در تاریخ ۹۳/۰۲/۲۴) به میزان  $(1/63 \pm)$  درصد در آخرین مرحله آماربرداری (در تاریخ ۹۳/۰۶/۱۲) کاهش یافته است. این روند با شیب نسبتاً یکنواختی از مرحله اول به مرحله آخر نمونه‌برداری کاهش یافته است. در خصوص تولید گیاهی نیز روند مشابهی می‌توان یافت به طوری که در مرحله اول میزان تولید گیاهی  $(173/6 \pm)$  کیلوگرم در هکتار و در مرحله آخر میزان آن به  $(57/13 \pm)$  کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است. انحراف معیار تاج پوشش سبز و تولید گیاهی از دوره اول به دوره چهارم کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۲- مقادیر اندازه‌گیری شده درصد تاج پوشش سبز و تولید برحسب پلات‌های نمونه‌برداری صحرایی

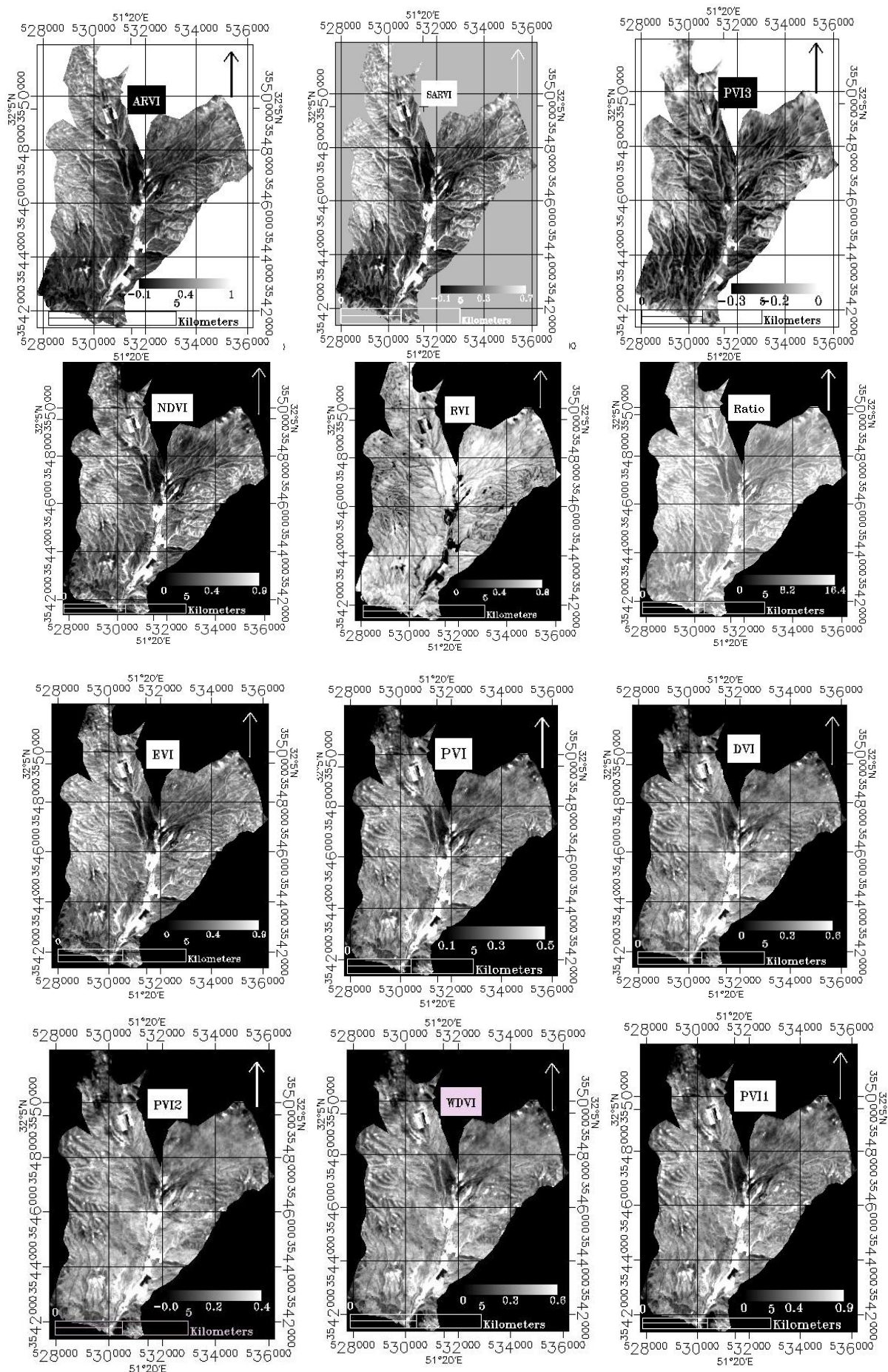
مرحله	تاریخ نمونه‌برداری	تولید (Kg/ha)	تولید $\pm$ SD (Kg/ha)	تاج پوشش سبز (%)	درصد تاج پوشش سبز $\pm$ SD
مرحله ۱	۹۳/۰۲/۲۴	۳۳۰/۱۷	۵۰۳/۷۷-۱۳۶/۵۷	۱۵/۵	۲۲/۹۸-۷/۲۵
مرحله ۲	۹۳/۰۳/۲۵	۲۵۴/۲۷	۳۹۳/۲-۹۵/۳۴	۸/۵۵	۸/۵۵-۴/۰۴
مرحله ۳	۹۳/۰۵/۱۱	۱۶۲/۰۷	۲۵۰/۱۷-۵۳/۹۷	۳/۷۵	۶/۰۳-۱/۴۷
مرحله ۴	۹۳/۰۶/۱۲	۹۸/۱۵	۱۵۵/۲۸-۳۱/۰۱	۲/۵۲	۴/۱۶-۰/۸۹

## نتایج محاسبه شاخص‌های گیاهی

با انجام رگرسیون بین باند مادون قرمز نزدیک (به‌عنوان متغیر مستقل یا برعکس بسته به نوع شاخص) و باند قرمز (متغیر وابسته یا عکس بسته به نوع شاخص) در محل نمونه‌های خاک لخت، معادله خط خاک برای محاسبه شاخص‌های فاصله محور DVI،WDVI،DVI،PVI123 مربوط به تمام تصاویر به دست آمد. پس از آن ۱۲ شاخص گیاهی ذکر شده برای تصاویر محاسبه شده به عنوان نمونه، نقشه شاخص‌های تاریخ ۲۴ اردیبهشت در شکل ۳ آورده شده است. در راهنمای نقشه شاخص‌ها

پیکسل‌های با رنگ روشن‌تر ارزش شاخص بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.





شکل ۳- تصاویر حاصل از محاسبه شاخص‌های گیاهی در تاریخ ۲۴ اردیبهشت

### نتایج آنالیز رگرسیونی شاخص های گیاهی و تاج پوشش سبز گیاهی

سوم شاخص های مذکور دارای ضریب همبستگی ۰/۹۱، و ضریب تبیین ۰/۸۱ هستند. در این تحقیق شاخص های گیاهی PVI3 و DVI دارای کمترین ارتباط با تاج پوشش سبز می باشند. ضرایب همبستگی این شاخص ها برابر ۰/۵۶ و ۰/۶۲ و همچنین دارای ضریب تبیین ۰/۳۲ و ۰/۳۹ می باشند. دیگر شاخص باقی مانده بینابین دودسته ذکر شده هستند. در روابط خطی و درجه دوم هم روابط معنی دار و مقدار ضریب تبیین کمتری نسبت به رابطه درجه سوم داشتند.

آنالیز رگرسیونی خطی، درجه دوم و سوم بین تاج پوشش سبز (به عنوان متغیر وابسته) و شاخص های طیفی (به عنوان متغیر مستقل) در محل پیکسل های مربوطه در تصاویر ۴ دوره (۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور) در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). در این رابطه، تمام شاخص ها دارای ارتباط معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود. نتایج نشان داد که شاخص های EVI، SARVI، ARVI نسبت به شاخص های دیگر دارای بیشترین ارتباط با تاج پوشش سبز هستند. در رابطه درجه

جدول ۳- نتایج حاصل از رگرسیون درجه سوم بین تاج پوشش سبز و شاخص های طیفی داده های سنجنده لندست ۸ در تاریخ های ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور

رابطه	Sig.	Std. Error	R <sup>2</sup>	R	شاخص
$Y = -39/85 + 49/95(\text{Ratio}) - 13/42(\text{Ratio}^2)$	۰/۰	۰/۵۹	۰/۷۹	۰/۸۹	Ratio
$Y = -5/03 + 77/43(\text{NDVI}) - 178/68(\text{NDVI}^2) + 177/67(\text{NDVI}^3)$	۰/۰	۰/۵۲	۰/۷۹	۰/۸۹	NDVI
$Y = 9/76 - 4/12(\text{RVI}^2) - 10/76(\text{RVI}^3)$	۰/۰	۰/۵۲	۰/۷۹	۰/۸۹	RVI
$Y = 1/47 + 102/89(\text{PVI}) - 329/51(\text{PVI}^2) - 1417/26(\text{PVI}^3)$	۰/۰	۰/۷۳	۰/۶۰	۰/۷۷	PVI
$Y = 1/62 + 156/62(\text{PVI1}) - 5294/69(\text{PVI1}^2) + 56061/28(\text{PVI1}^3)$	۰/۰	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۷۷	PVI1
$Y = 0/25 + 97/07(\text{PVI2}^2) + 320/42(\text{PVI2}^3)$	۰/۰	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۸۵	PVI2
$Y = 25/31 + 191/15(\text{PVI3}) + 389/57(\text{PVI3}^2)$	۰/۰	۰/۹۴	۰/۳۲	۰/۵۶	PVI3
$Y = -0/84 - 76/19(\text{DVI}) - 1010/6(\text{DVI}^2) + 6327/39(\text{DVI}^3)$	۰/۰	۰/۹۰	۰/۳۹	۰/۶۲	DVI
$Y = -5/03 + 152/54(\text{WDVI}) - 1037/83(\text{WDVI}^2) + 2949/48(\text{WDVI}^3)$	۰/۰	۰/۵۶	۰/۷۶	۰/۸۷	WDVI
$Y = 4/07 + 12/25(\text{ARVI}) + 6/19(\text{ARVI}^2) + 1096/15(\text{ARVI}^3)$	۰/۰	۰/۵۰	۰/۸۱	۰/۹۱	ARVI
$Y = 6/97 + 160/67(\text{EVI}) - 809/38(\text{EVI}^2) + 1582/87(\text{EVI}^3)$	۰/۰	۰/۴۹	۰/۸۱	۰/۹۱	EVI
$Y = 6/97 + 107/11(\text{SARVI}) - 359/72(\text{SARVI}^2) + 468/99(\text{SARVI}^3)$	۰/۰	۰/۵۰	۰/۸۱	۰/۹۱	SARVI

معنی داری در سطح ۰/۰۵، ( $p \leq 0.05$ ).

### نتایج تحلیل رگرسیونی شاخص های گیاهی و تولید گیاهی

PVI3 و DVI دارای کمترین ارتباط با تولید گیاهی هستند. ضرایب همبستگی این شاخص ها برابر ۰/۵۶ و ۰/۵۹ و همچنین دارای ضریب تبیین ۰/۳۲ و ۰/۳۹ می باشند. ۷ شاخص باقی مانده بینابین دودسته ذکر شده هستند. در روابط خطی و درجه دوم هم روابط معنی دار و مقدار ضریب تبیین کمتری نسبت به رابطه درجه سوم داشتند.

چنانچه در جدول های ۳ و ۴ مشاهده می گردد، با توجه به سه پارامتر ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد شاخص ARVI (با مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۵) و EVI (با مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۴۹) و SARVI (با مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۵) برای ضریب همبستگی، ضریب تبیین

آنالیز رگرسیونی خطی، درجه دوم و درجه سوم تک متغیره بین تولید گیاهی زمینی (میانگین تولید در پنج کودرات در هر پلات) به عنوان متغیر وابسته و شاخص های طیفی به عنوان متغیر مستقل در محل پیکسل های مربوطه در تصاویر ۴ دوره (۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به قوی تر بودن ارتباط در رابطه رگرسیونی درجه سوم تنها نتایج این رابطه آورده شده است. با توجه به جدول ۴ همچون نتایج مربوط به تاج پوشش سبز گیاهی شاخص های EVI، ARVI، SARVI در رگرسیون درجه سوم به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۷۷، ۰/۷۸، ۰/۷۷ بیشترین ارتباط را با تولید گیاهی دارند. در این تحقیق شاخص های گیاهی

### اعتبار سنجی مدل‌های برآورد پوشش و تولید گیاهی

به‌منظور بررسی اعتبار مدل‌های به‌دست‌آمده، مقادیر پوشش و تولید برآورد شده توسط مدلی با شاخص گیاهی ARVI با پوشش و تولید واقعی در ۳۵ درصد از داده‌هایی که از هر دوره وارد مدل نشده بود، با آزمون تی جفتی مورد مقایسه قرار گرفتند. بر اساس جدول‌های ۵ و ۶، تفاوت معنی‌داری بین پوشش و تولید برآورد شده با پوشش و تولید واقعی وجود ندارد و درصد تاج پوشش گیاهی و تولید محاسبه شده و درصد پوشش و تولید واقعی تا حدود زیادی با هم انطباق دارند.

و خطای استاندارد بهترین شاخص‌ها برای ارائه مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی طی فصل رویش در مرتع می‌باشند.

شاخص ARVI به ترتیب با مقادیر ۰/۷۸، ۰/۶۱، ۰/۳۱/۹، و همچنین شاخص EVI با مقادیر ۰/۷۷، ۰/۶۱، ۰/۳۲/۵ به ترتیب برای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد بهترین شاخص‌های گیاهی برای ارائه مدل برآورد تولید طی فصل رویش در مرتع هستند. در این پژوهش شاخص PVI3 به ترتیب با مقادیر (۰/۳۲، ۰/۵۶)، (۰/۹۴) برای مدل تاج پوشش سبز و مقادیر (۰/۳۲، ۰/۵۶) برای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد به عنوان نامناسب‌ترین شاخص گیاهی شناخته می‌شود. سایر شاخص‌های گیاهی حالتی بینابین این شاخص‌ها را دارا هستند.

جدول ۴- نتایج حاصل از رگرسیون درجه سوم بین تولید گیاهی و شاخص‌های طیفی داده‌های سنجنده لندست ۸ در تاریخ‌های ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور

شاخص	R	R <sup>2</sup>	Std. Error	Sig	رابطه
Ratio	۰/۷۷	۰/۵۹	۳۲/۵	۰/۰	$Y = -1173/71 + 120/1/82(\text{Ratio}) - 122/0/9(\text{Ratio}^2)$
NDVI	۰/۷۷	۰/۵۹	۳۲/۸	۰/۰	$Y = -37/32 + 50/7/0(\text{NDVI}) + 111/1/0(\text{NDVI}^2) - 21136/74(\text{NDVI}^3)$
RVI	۰/۷۷	۰/۵۹	۳۲/۵	۰/۰	$Y = 40/1/13 - 146/39(\text{RVI}^2) - 424/28(\text{RVI}^3)$
PVI	۰/۶۴	۰/۴۱	۳۹/۵	۰/۰	$Y = 85/30 + 4314/28(\text{PVI}) - 47390/28(\text{PVI}^2) - 360925/0(\text{PVI}^3)$
PVI1	۰/۶۷	۰/۴۶	۳۷/۹	۰/۰	$Y = 90/65 + 60/14/01(\text{PVI1}) - 204550/62(\text{PVI1}^2) + 2189858/38(\text{PVI1}^3)$
PVI2	۰/۶۹	۰/۴۷	۳۶/۹	۰/۰	$Y = 26/76 + 20747/36(\text{PVI2}^2)$
PVI3	۰/۵۶	۰/۳۲	۴۰/۹۴	۰/۰	$Y = 25/31 + 191/15(\text{PVI3}) + 389/57(\text{PVI3}^2)$
DVI	۰/۵۹	۰/۳۵	۴۱/۳	۰/۰	$Y = 14/21 - 2641/13(\text{DVI}) - 27317/49(\text{DVI}^2) + 177511/07(\text{DVI}^3)$
WDVI	۰/۷	۰/۴۹	۳۶/۵	۰/۰	$Y = -295/07 + 9897/51(\text{WDVI}) - 77987/03(\text{WDVI}^2) + 220986/7(\text{WDVI}^3)$
ARVI	۰/۷۸	۰/۶۱	۳۱/۹	۰/۰	$Y = 191/70 + 583/04(\text{ARVI}) - 633/02(\text{ARVI}^2) + 290765/66(\text{ARVI}^3)$
EVI	۰/۷۷	۰/۶۱	۳۲/۵	۰/۰	$Y = -234/2 + 6041/98(\text{EVI}) - 30061/03(\text{EVI}^2) + 58098/08(\text{EVI}^3)$
SARVI	۰/۷۷	۰/۶۰	۳۲/۵	۰/۰	$Y = -234/2 + 4027/99(\text{SARVI}) - 13360/46(\text{SARVI}^2) + 17214/24(\text{SARVI}^3)$

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، (p ≤ ۰/۰۵).

جدول ۵- درصد تاج پوشش برآورد شده توسط مدل در برابر درصد پوشش اندازه‌گیری شده در فرم‌های رویشی و تاریخ‌های نمونه‌برداری مختلف در داده‌های تست

تاریخ	درصد پوشش تخمین زده شده	درصد پوشش واقعی	تفاوت معنی‌دار
۲۴ اردیبهشت	۱۲/۲۱	۱۵/۱	NS
۲۵ خرداد	۷/۳۹	۹/۶۴	NS
۱۱ مرداد	۶/۳	۳/۸	NS
۱۲ شهریور	۲/۴	۱/۹	NS

جدول ۶- تولید برآورد شده توسط مدل (Kg/ha) در برابر تولید اندازه‌گیری شده در فرم‌های رویشی و تاریخ‌های نمونه‌برداری مختلف در داده‌های تست

تاریخ	وزن تخمین زده شده (Kg/ha)	وزن واقعی (Kg/ha)	تفاوت معنی‌دار
۲۴ اردیبهشت	۳۰۰/۱۲	۳۳۴/۴۶	NS
۲۵ خرداد	۱۹۶/۱۱	۲۴۰/۴۳	NS
۱۱ مرداد	۱۷۳/۸۹	۱۳۵/۵۷	NS
۱۲ شهریور	۸۶/۲۵	۸۳/۱۷	NS

### بحث و نتیجه‌گیری

چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان تاج پوشش سبز گیاهی (تاج پوشش زنده) در منطقه مورد مطالعه از  $(\pm 7/165)$  ۱۵/۵ درصد در اولین مرحله آماربرداری (اواخر اردیبهشت) به میزان  $(\pm 1/63)$  ۲/۵۲ درصد در آخرین مرحله آماربرداری (اواسط شهریور) کاهش یافته است. این روند کاهشی با شیب نسبتاً یکنواختی از مرحله اول به مرحله آخر نمونه‌برداری همراه است. در خصوص تولید گیاهی نیز روند مشابهی می‌توان یافت به طوری که در مرحله اول میزان تولید گیاهی  $(\pm 173/6)$  ۳۳۰/۱۷ کیلوگرم در هکتار و در مرحله آخر میزان آن به  $(\pm 57/13)$  ۹۸/۱۵ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است، این امر در مناطق نیمه استپی که بارشی را در طول تابستان تجربه نمی‌نمایند، طبیعی است. در این مناطق از اواخر اردیبهشت پوشش گیاهی رو به کاهش گذاشته و پوشش سبز گیاهی دچار تغییر و پیری می‌شود، در چنین منطقه‌ای شدت بهره‌برداری نسبتاً در حد معقول [۱۲] و پوشش گیاهی آن از گندمیان چندساله و بوته‌ای‌ها تشکیل شده است، روند کاهشی پوشش و تولید گیاهی با شیب نسبتاً یکنواخت و ملایم از اواخر اردیبهشت به شهریور دور از انتظار نیست. هر چند این روند در طی مراحل رویشی امری طبیعی می‌نماید با این وجود کاهش قابل توجه پوشش گیاهی گویای آن است که مدیریت مرتع در این ناحیه باید به گونه‌ای باشد که پس از پایان فصل رویش کاه و کلش و بقایای کافی برای حفاظت از خاک در منطقه مورد نظر وجود داشته باشد تا از بروز فرسایش خاک جلوگیری نماید. پژوهشگران زیادی بر اساس این رابطه بین مشخصه‌های گیاهی همچون پوشش و تولید گیاهی و داده‌های ماهواره‌ای

همچون شاخص‌های گیاهی مبتنی بر سنجش از دور اقدام به بررسی پوشش و تغییرات آن نمودند [۴۶، ۲۲ و ۱]. بر اساس نتایج این تحقیق با توجه به بارش کم و در نتیجه پوشش گیاهی اندک در منطقه به‌طور کلی بین شاخص‌های گیاهی حاصل از ماهواره لندست ۸ و تاج پوشش سبز و تولید گیاهی ارتباط معنی‌دار و نسبتاً بالایی وجود دارد (جدول‌های ۲ و ۳) و بین تمام شاخص‌های گیاهی و دو پارامتر تاج پوشش سبز و تولید گیاهی ارتباط معنی‌دار ( $P \leq 0.05$ ) وجود دارد. بر اساس (جدول‌های ۲ و ۳) شاخص‌های گیاهی ARVI، EVI، SARVI دارای ارتباط قوی‌تری در مقایسه با شاخص‌های دیگر با هر دو پارامتر پوشش تاجی و تولید گیاهی با استفاده از باندهای ۲، ۴ و ۵ در ماهواره لندست ۸ می‌باشند. در این تحقیق معرفی بهترین شاخص بر پایه سه پارامتر ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد انجام شد. شاخص ARVI (دارای مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۵) و EVI (دارای مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۴۹) و SARVI (دارای مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۱، ۰/۵) برای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد در برآورد تاج پوشش سبز بودند. شاخص ARVI به ترتیب دارای مقادیر ۰/۷۸، ۰/۶۱، ۳۱/۹ و همچنین شاخص EVI دارای مقادیر ۰/۷۷، ۰/۶۱، ۳۲/۵ برای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد در مدل برآورد تولید طی فصل رویش در مرتع می‌باشند (جدول‌های ۲ و ۳). شاخص EVI دارای قدرت برآورد بالایی برای تاج پوشش سبز و تولید گیاهی می‌باشد با توجه به این که این شاخص با حساسیت به مناطق با زیتوده بالا توسعه یافته است [۱۸]، پیشنهاد می‌شود شاخص گیاهی ARVI بر این شاخص ارجحیت داده شود.



به منظور برآورد تاج پوشش سبز و تولید گیاهی در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه توصیه می‌شود.

در تحقیقی مشابه در منطقه صدوق یزد محققان با استفاده از شاخص ARVI با ضریب تبیین ۰/۸۶ به برآورد مناسبی از پوشش گیاهی دست یافتند [۴۷]. این نتیجه با نتایج [۳] در خصوص برآورد پوشش و تولید گیاهی همخوانی دارد. شاخص‌های ساده‌ای از قبیل NDVI یا Ratio کاربرد وسیعی در پایش پوشش گیاهی در تمام مقیاس‌ها دارند در این تحقیق شاخص NDVI دارای ارتباط خوبی با تاج پوشش سبز گیاهی ( $R^2=0/79$ ) و با تولید گیاهی ( $R^2=0/59$ ) در رابطه رگرسیونی است (جدول ۲ و ۳).

نظارت و پایش پوشش و تولید گیاهی بر مبنای داده‌های ماهواره‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک با محدودیت‌هایی همچون اثر بازتاب حاصل از خاک لخت، تجمع لاشبرگ مواجه است؛ که در نتیجه باعث ارتباط غیرخطی بین سیگنال‌های اندازه‌گیری شده و پارامترهای بیوفیزیکی از پوشش گیاهی می‌شود [۱۸]. در تحقیقی دیگر حساسیت شاخص NDVI را به روشنایی پس‌زمینه خاک و ارتباط خطی این شاخص را با سبزی‌نگی گیاه نشان داده شد [۱۹]. در این راستا شاخص‌هایی همچون SAVI و ARVI یا ترکیبی از هر دو برای به حداقل رساندن این تأثیرات توسط محققان توسعه داده شدند. شاخص‌هایی همچون PVI, 123 یا DVI و WDV که به‌طور خاص برای محاسبه اثر پس‌زمینه خاک توسعه یافته‌اند، برای استفاده در مناطق خشک و نیمه‌خشک باید مناسب باشند. به همین دلیل نتایج تحقیق حاضر نیز گویای آن است که شاخصی همچون SARVI نیز که با ضریب تعدیل‌کننده اثر پس‌زمینه بازتابی خاک را به حداقل می‌رساند نیز می‌تواند گزینه مناسبی باشد. شفیعی و حسینی [۳۹] از شاخص WDV که دارای ضریب همبستگی بالایی (۰/۸۹)  $R^2=$  بود برای تهیه نقشه پوشش گیاهی و بررسی تغییرات پوشش در منطقه‌ی بیابانی استفاده کردند. با این حال، عملکرد پیش‌بینی‌های حاصل از شاخص‌هایی همچون PVI, 2,3 یا DVI و WDV در برابر اندازه‌گیری‌های میدانی این تحقیق از تاج پوشش سبز و تولید گیاهی نشان داد که این شاخص‌ها ضریب همبستگی

شاخص گیاهی SARVI هم دارای ارتباط بالایی با تاج پوشش سبز و تولید گیاهی در رابطه رگرسیونی درجه سوم است (جدول‌های ۲ و ۳). که با توجه به این‌که در دسته شاخص‌های مقاوم به شرایط جوی و دارای ضریب تعدیل‌کننده خاک قرار می‌گیرد، در چنین مطالعاتی می‌تواند کارآمد باشد. از آنجا که شاخص‌های مبتنی بر خط خاک از جمله SARVI نقش مهمی در تعدیل اثر یازتابی پس‌زمینه خاک دارد از این‌رو توصیه می‌شود این شاخص نیز با توجه به نتایج این تحقیق در چنین مناطق خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نتایج این تحقیق سه شاخص ARVI, EVI و SARVI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در دسته شاخص‌های مقاوم به شرایط جوی نیز قرار می‌گیرند. همان‌طور که ذکر شد تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از نظر زمانی در فصل و ماه‌های مختلف بوده و از این‌رو انتظار می‌رود تاثیر عوامل جوی بر محاسبه شاخص‌های گیاهی نیز موثر باشد. با داشتن نمونه زمینی تاج پوشش و تولید گیاهی از هر زمان، به نظر می‌رسد، اثر تفاوت شرایط جوی در هنگام تصویر برداری بر بازتاب واقعی پوشش، در برآورد پوشش و تولید گیاهی تاثیر گذار باشد. در نتیجه، از آنجا که این شاخص‌ها این امر را تا حدود زیادی کنترل می‌کنند، وضعیت مناسب این شاخص‌ها در تعیین پوشش و تولید گیاهی می‌تواند دلیلی بر ارتباط قوی‌تر شاخص‌های مقاوم به شرایط جوی (ARVI, EVI و SARVI) نسبت به شاخص‌های دیگر در مدل برآورد پارامترهای تاج پوشش سبز و تولید گیاهی طی فصل رویش باشد، هر چند انجام تصحیحات اتمسفری قبل از انجام محاسبات بر روی تصاویر مورد استفاده صورت گرفته است ولی در ماهواره لندست ۸ به دلیل ۱۶ بیتی بودن قدرت تفکیک رادیومتری تصاویر و همچنین کیفیت مناسب تصاویر و استفاده از باند آبی در محاسبه این شاخص‌ها تا حدود زیادی می‌تواند اثرات جوی را به حداقل ممکن برساند که شاخص‌های مذکور با نقش تکمیلی خود در کاهش این عامل برآورد خوبی از پوشش و تولید گیاهی داشته‌اند (جدول ۳). در نهایت با توجه به مطالعاتی که در مناطق خشک در این زمینه انجام شده نتایج این تحقیق از بین این سه شاخص، شاخص ARVI

تحقیق [۲۱] به حساسیت بیشتر شاخص NDVI نسبت به SARVI در مناطق خشک و نیمه خشک پی برده شد. در نتیجه، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی با شاخص ARVI مورد مقایسه قرار گیرد؛ در این تحقیق علاوه بر نتایج مطلوب در ضریب همبستگی، ضریب تبیین و خطای استاندارد برای سه شاخص ذکر شده (جداول ۳ و ۴)، با توجه به جداول ۵ و ۶ تاج پوشش سبز و تولید برآورد شده توسط شاخص ARVI با استفاده از مدل رگرسیونی در برابر مقادیر واقعی در سطح احتمال ۹۵ درصد در هیچ‌کدام از دوره‌های رویشی در آزمون تی جفتی تفاوت معنی‌داری نداشته است ( $P > 0.05$ ). این عدم تفاوت معنی‌دار نشانگر برآورد خوب تاج پوشش سبز و تولید گیاهی توسط مدل ارائه شده می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق که در منطقه خشک مرجن انجام شد و نمونه‌های زمینی و تصاویر در ۴ مرحله از فصل رویش مورد استفاده قرار گرفت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دستیابی به مدل برآورد تاج پوشش سبز و تولید گیاهی که در تمام فصول رویش مورد استفاده قرار بگیرد با استفاده از داده‌های لندست ۸ در این مناطق امکان‌پذیر می‌باشد. تلفیق داده‌های دوره‌های مختلف رویشی و ساختن مدلی که بتواند پوشش و تولید گیاهی را در فصول مختلف نشان دهد حائز اهمیت فراوانی است و از ایجاد مدل‌های متعددی که می‌تواند خود منشاء ایجاد برآوردی اشتباه از تولید و پوشش گیاهی باشد جلوگیری به عمل می‌آورد، که نتایج این تحقیق نشان داد نه تنها رابطه معنی‌داری بین شاخص‌های گیاهی و پوشش گیاهی در مناطق خشک وجود دارد، همچنین این امکان وجود دارد که تنها یک مدل را برای داده‌های دوره‌های مختلف ایجاد کرد.

بالتری نسبت به شاخص‌های معمولی همچون NDVI و Ratio یا ARVI ندارند (جداول ۲ و ۳). پیداست که در مناطق خشک و نیمه خشک شاخص‌های اخیرالذکر به دلیل کمی پوشش گیاهی به دلیل طبیعت خشک این مناطق و بازتابش طیفی خاک پس‌زمینه شاخص‌های مناسبی نیستند، اما انتظار می‌رفت شاخص‌های  $PVI_{1,2,3}$  یا  $DVI$  و  $WDVI$  نتایج بهتری را از خود نشان دهند، این مسئله ممکن است به دلایلی از جمله تخمین غیردقیق پارامترهای محاسبه‌شده خط خاک برای این شاخص‌ها می‌باشد [۹] که در منطقه مورد مطالعه باعث ایجاد تفاوت قابل ملاحظه‌ای با شاخص‌های ساده نشده است و شاید نبود پیکسل‌های کاملاً عاری از پوشش گیاهی و خالص خاک در منطقه مورد مطالعه یا تغییرات فصلی پوشش گیاهی که در این شاخص‌ها نمود بیشتری پیدا می‌کنند و تاثیر تغییرات فصلی به دلیل عدم استفاده از باند آبی باشد. نتایج این پژوهش حاکی از ارتباط قوی‌تر پوشش تاجی نسبت به تولید گیاهی با شاخص‌های گیاهی است (جداول‌های ۲ و ۳). در تحقیق [۱۴] و نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند پوشش در واقع نماینده سطح بازتاب است درحالی‌که تولید این‌چنین نیست و به همین علت ضریب همبستگی بین پوشش و شاخص‌های گیاهی نسبت به تولید بالاتر است. از دلایل دیگر این امر این است که علی‌رغم اینکه پوشش تنها در سطح است تولید علاوه بر سطح در ارتفاع نیز گسترش می‌یابد. در مطالعات مشابه نیز از یک شاخص گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل در برآورد پوشش تاجی و تولید گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده است؛ بنابراین، در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک شاخص مناسب به خودی خود می‌تواند تاج پوشش و تولید گیاهی را برآورد کند.

## References

- [1]. Agon, V., & Bhamare, S.M. (2012). Change detection of vegetation cover Using Remote Sensing and GIS. *Journal of research and development*, 2: 1-12
- [2]. Anderson, G.L., Hanson, J.D., & Hanson, R.H. (1993). Evaluating Landsat Thematic Mapper Derived Vegetation Indices for Estimating Above-Ground Biomass on

- Semiarid Rangelands. *Remote sensing of environment*, 45: 165-175
- [3]. Arzani, H. (1998). Using digital Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover., *Iranian Jour. Natural Resources*, 50: 11-21, (in Farsi).
- [4]. Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E.T., & Hatfield, J.L. (1984). Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index

- from spectral reflectance of wheat. *Agronomy Journal*, 76: 300–306, (in Farsi).
- [5]. Bannari, A., Huete, A.R., Morin, D., & Zagolski, F. (1996). Effets de la Couleur et de la Brilliance du Sol Sur les Indices de Végétation. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 1885-1906.
- [6]. Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A.R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Review*, 13: 95–120
- [7]. Birth, G.S., & Mc Vey, G. (1968). Measuring the color of growing turf with a reflectance spectroradiometer. *Agronomy Journal*, 60: 640-643
- [8]. Bonham, C.D. (2013). Measurements for Terrestrial Vegetation. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication
- [9]. Brinkmann, K., Dickhoefer, U., Schlecht, E., & Buerkert, A. (2011). Quantification of aboveground rangeland productivity and anthropogenic degradation on the Arabian Peninsula using Landsat imagery and field inventory data. *Remote sensing of environment*, 115: 465–474
- [10]. Darvishzadeh, R., Matkan, A.A., HosseiniaslA, & Ebrahimi Khusefi, M. (2012). Estimation of vegetation fraction in the Central arid region of Iran using satellite images (Case study: Sheitoor basin, Bafgh). *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 2: 25-37, (in Farsi).
- [11]. Elvidge, C.D., & Chen, Z.K. (1995). Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indexes. *Remote Sensing of the Environment*, 54: 38–48.
- [12]. Esmaeli, N., & A. Ebrahimi. 2003. Necessity of Determining Animal Unit Requirement Based on the Quality of Forage. *Iranian J.Natural Res*, 55:569-57 (in Farsi).
- [13]. Fahey, G.C., Collins, M., Mertens, D.R., & Moser, L.E. (1994). Forage quality, evaluation, and utilization. American Society of Agronomy, Inc.
- [14]. Farzadmehr, H., Arzani, H., Darvish Sefat, A., & Jafari, M. (2004). Study of Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover in Hanna-Semirom. *Iranian Journal Natural Resources*, 57:350-339, (in Farsi).
- [15]. Flombaum, P., & Sala, O.E. (2007). A non-destructive and rapid method to estimate biomass and aboveground net primary production in arid environments. *Journal of Arid Environments*, 69: 352–358
- [16]. Fraser, R.S., & Kaufman, Y.J. (1985). The Relative Importance of Aerosol Scattering and Absorption in Remote Sensing. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, GE-23,
- [17]. Holben, B.V., E., Kaufman, Y., Tanre ' , D., & Kalb, V. (1992). Aerosol retrieval over land from AVHRR data — application for atmospheric correction. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30: 212–232
- [18]. Huete, A., R., Justice, C., & van Leeuwen, W. (1999). MODIS Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document, NASA Goddard Space Flight Center .
- [19]. Huete, A.R. (1988). A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25: 295-309
- [20]. Huete, A.R., & Jackson, R.D. (1987). Suitability of Spectral Indices for Evaluating Vegetation Characteristics on Arid Rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 23: 232-213
- [21]. Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K., & van Leeuwen, W. (1997). A comparison of vegetation indices global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59: 440-451.
- [22]. Hyung Kim, D., Sexton, J.O., Noojipady, P., Huang, C., Anand, A & ,Channan, S. (2014). Global, Landsat-based forest-cover change from 1990 to 2000. *Remote sensing of environment*, 155: 178–193.
- [23]. Jackson, R.D., & Huete, A., R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11: 185-200.
- [24]. Karnieli ,A., Kaufman, Y.J., Remer, L., & Wald, A. (2001). AFRI — aerosol free vegetation index. *Remote Sensing of the Environment*, 77: 10–21.
- [25]. Kaufman, Y.J., & Tanre, D. (1996). Strategy for Direct and Inderect Methods for Correcting the aerosol effect on remote sensing: *From AVHRR Remote sensing of environment*, 55: 65-79.
- [26]. Knipling, E.B. (1970). Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from

- vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 1: 155-159.
- [27]. Liu, H., Q., & Huete, A. (1995). A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 33: 457-465.
- [28]. Lyon, J.G., Yuan, D., Lunetta, R.S., & Elvidge, C.D. (1998). A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 64: 143-150.
- [29]. Maynard, C.L., Lawrence, R.L., Nielsen, G.A., & Decker, G. (2006). Modeling vegetation amount using bandwise regression and ecological site descriptions as an alternative to vegetation indices. *GIsci Remote Sensings*, 43.
- [30]. Moghadam, M.R. (2009). Range and range management. Tehran University Press.
- [31]. Mohammadi golrang, M., Gazanchian, G.A., Ramzani Moghadam, R., Falahati, F., Rouhani, H., & Mashayekhi, M. (2008). Estimation of forage yields of some range plant species by plant height and diameter measurements. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 15; 158\_178, (in Farsi).
- [32]. Mohammadi, M., Ebrahimi, A., & Haqzade, H. (2012). Capability of IRS satellite on vegetation cover estimation (Case Study: Chaharmah-va-Bakhtiari). *Renewable Natural Resources Research*, (in Farsi).
- [33]. Moleele, N., Ringose, S., & Arnberg, W. (2001). Assessment of Vegetation Indices Useful for Browse forage prediction In Semi-arid rangelands. *INT. Journal Remote Sensing*, 22: 741-756.
- [34]. Morrison, I.M. (1980). Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. *Grass Forage Science*, 35: 93-287.
- [35]. Perry, C.R., & Lautenschlager, L.F. (1984). Functional Equivalence of Spectral Vegetation Indices. *Remote Sensing of Environment*, 14: 169-182.
- [36]. Porter, T.F., Chen, C., Long, J.H., & Lawrence, R.L. (2014). Estimating biomass on CRP pastureland: A comparison of remote sensing techniques. *Biomass and Bioenergy*, 66: 268-274.
- [37]. Qi, J.A., Chehbouni, A., Huete, A.R., & Sorooshian, A. (1994). (A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote sensing of environment*, 43: 1541-1552.
- [38]. Richardson, A.J., & Wiegand, C.L. (1997). Distinguishing Vegetation From Soil Background Information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43: 1541-1552.
- [39]. Shafei, H., Hosseini, S. M., Ekhtesassi, M. R., and Mohtasham, Nia S. (2013). "Drought effects on vegetation degradation of Sistan". *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 20: 227-239.
- [41]. Sellers, P.J. (1985). Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. *International Journal of Remote Sensing*, 6: 1335-1372.
- [42]. Shiyomi, M., & Yoshimura, J. (2000). Measures of spatial heterogeneity for species occurrence or disease incidence with finite-counts. *Ecological Research*, 15: 13-20.
- [43]. Silleos, N.G., Alexandridis, T.K., Gitas, T.Z., & Perakis, K. (2006). Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years. *Geocarto International*, 21: 21-28.
- [44]. Tahmasebi, P. (2009). Rangeland ecosystem. Pelk press, 276 p. (in Farsi).
- [45]. Tahmasebi, P., Ebrahimi, A., & Yarali, N.A. (2012). The Most Appropriate Quadrature Size and Shape for Determining Some Characteristics of a Semi-steppic Rangeland. *Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources*, 65: 203\_216, (in Farsi).
- [45]. Tucker, C.J. (1979a). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of environment*, 8: 127-150.
- [46]. Yang, J., Weisberg, P.J., & Bristow, N.A. (2012). Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis. *Remote sensing of environment*, 119: 62-71.
- [47]. Zehtabian, G., H. Azarnivand, H. Ahmadi, & S. Kalantari. 2013. Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran). *Journal of Rangeland Science*, (3):108-117.

## Evaluating of the most suitable vegetation indices of estimating of canopy cover and above-ground phytomass in arid rangelands during different growth periods

1- F. Pordel, MSc in Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Iran

F.pordel@stu.sku.ac.ir

2- A. Ebrahimi, Associate Professor Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Iran

3- Z. Azizi, Assistant Professor, Department of Remote sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 09 Jan 2017

Accepted: 02 Dec 2017

### Abstract

One of the major applications of remote sensing in environmental resources management is change detection and quantitative assessment of green vegetation. This research assesses the vegetation indices (VIs) derived from Landsat 8 images for modeling canopy cover (CC) and above-ground phytomass (AGP) in Marjan rangelands, Boroujen. CC was measured (using double sampling method) and AGP was also estimated (using grid quadrat method) in 4 sampling periods during growing season in spring till summer using 95 quadrats that were laid out along a 10-km transect in line with 19 sampling points, 3 each contains 5 centroid quadrats with 4-m distance from central quadrat (Total 380 quadrats between May to September 2014). Vegetation indices VIs calculated with outcomes of FLAASH atmospheric correction method for four Landsat-8 image sets obtained between May to September. Ground measurement of plant GCC and AGP between May to September 2014 was regressed against vegetation indices VIs.

Results of statistical analysis showed that ARVI, SARVI and EVI showed the highest correlation with CC ( $R^2= 0.81$ ) and with AGP ( $R^2= 0.60, 0.61, 0.61$  respectively). Even though, the correlation between CC and AGP with vegetation indicates was high, but CC shows the highest relationship with VIs in comparison to AGP. It can be conclude that arid rangelands vegetation can be accurately estimated with derived vegetation indices from Landsat-8 images, especially those concerned with atmospheric corrections, i.e., ARVI, SARVI and EVI.

**Keywords:** canopy cover; Above-ground phytomass; vegetative stages; ARVI; SARVI; EVI.



## تحلیل انرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

۱- شیر علی کوهکن، دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه زابل و بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲- احمد قنبری، استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- محمد رضا اصغری پور، دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

m\_asgharipour@uoz.ac.ir

۴- براتعلی فاخری، دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۶

### چکیده

این پژوهش با استفاده از رهیافت تحلیل انرژی برای ارزیابی جنبه‌های محیط زیستی تولید انگور یاقوتی سیستان که از مهمترین محصولات باغی است اجرا شد. در این مطالعه تمام ورودی‌ها اعم از ورودی‌های تجدیدپذیر شامل نور خورشید، باد و باران؛ تجدیدناپذیر شامل خاک؛ نهاده‌ها و خدمات خریداری شده شامل نیروی انسانی، کودهای شیمیایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر و سموم شیمیایی برای تولید انگور یاقوتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد کل انرژی تولید انگور یاقوتی برابر  $10^{16} \times 1/94$  امژول خورشیدی که بیشترین انرژی مصرفی با  $43/41$  درصد مربوط به نیروی کارگری و پس از آن مربوط به آب آبیاری با  $23/16$  درصد و در رتبه سوم مربوط به مصرف نیتروژن با  $11/32$  درصد بود. شاخص نسبت عملکرد انرژی  $1/31$ ، شاخص نسبت سرمایه گذاری انرژی  $3/25$ ، نسبت بارگذاری بر محیط زیست  $0/541$  و شاخص پایداری انرژی  $2/42$  حاصل گردید، که در مقایسه با گزارش‌های ارائه شده از سوی سایر محققین نشان دهنده پایداری نسبتاً خوب و بار زیست محیطی کم این سیستم است. بنابراین، با افزایش کارایی مصرف انرژی از طریق بهینه نمودن مصرف نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن سیستم کشت انگور یاقوتی می‌تواند بعنوان الگوی مناسب در منطقه سیستان توصیه شود.

**واژگان کلیدی:** انگور یاقوتی؛ شاخص پایداری؛ ارزیابی انرژی؛ کارایی انرژی.

### مقدمه

مجسم<sup>۱</sup> یا "حافظه انرژی" می‌گویند و با امژول خورشیدی<sup>۲</sup> (seJ) بیان می‌شود [۱۷]. در کشاورزی هر نوع انرژی در دسترس یک انرژی با واحد خاص دارد. مثلاً امژول خورشیدی، امژول ذغال سنگ و امژول الکتریکی. اما از آنجایی که انرژی خورشیدی منشأ مستقیم و غیر مستقیم تمام انرژی‌های زیست کره است، انرژی تابش خورشیدی (امژول خورشیدی) به عنوان واحد اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، انرژی تابشی به ازای واحد انرژی، از طریق ضریب تبدیل‌های مربوطه قابل محاسبه است. هرچه این ضریب تبدیل بزرگ‌تر باشد، نشان

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی به مصرف انرژی وابسته است. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از استفاده نامناسب منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است [۲۰]. تحلیل انرژی یکی از روش‌های نوین در ارزیابی پایداری بر اساس انرژی و برآورد دقیق کمیت و کیفیت انرژی است [۱۶]. انرژی، انرژی در دسترس خورشیدی است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود تا به ارائه خدمات و یا محصول منجر شود. به انرژی، انرژی

1-Embodied energy

2-Solar emJoule

دهنده‌ی نیاز بیشتر به انرژی خورشیدی برای تولید نهاده‌ها یا خدمات است [۵].

در طول سه دهه گذشته انرژی به عنوان ابزاری مؤثر و قوی ثابت کرده می‌تواند برای حمایت از جریان منابع بوم‌نظام‌های طبیعی و نظام‌های کلان اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد. بعد از حدود ۳۰ سال توسعه و کاربرد این تحلیل یک روش ارزیابی رایج و معتبر برای تبدیل نظام‌های اکولوژیکی-اقتصادی و فرایندها است که به موارد مختلف در بخش کشاورزی توجه خاصی دارد [۵]. مزیت اصلی رویکرد انرژی این است که آن را قادر می‌سازد با تبدیل تمام جریانات و ذخایر طبیعی و منابع اقتصادی به واحدهای انرژی خورشیدی، بررسی پایداری نظام رابه طور جامع انجام دهد. متخصصان انرژی بر این باورند که استفاده از رویکرد انرژی در جهت هدایت سیاست گذاری‌ها می‌تواند منجر به رابطه‌ی همزیستی بیشتری میان انسان و طبیعت شود [۲۰]. روش‌های تحلیل انرژی بر مبنای نظام ارزش گذاری طبیعت است و اساس آن بر جریان انرژی در دسترس استوار است، که این انرژی به صورت اختصاصی و یا به صورت فرم‌های تبدیلی می‌تواند ظرفیت انجام کار بیشتری را داشته باشد.

تحلیل جریان انرژی به تنهایی برای ارزش گذاری کالاها و خدمات بوم نظام کافی نیست، زیرا کار انجام شده توسط محیط زیست و اقتصاد برای تولید یک کالا یا ارائه خدمات را لحاظ نمی‌کند. برخلاف ژول، که مقدار انرژی در دسترسی است که می‌تواند در حال حاضر مورد استفاده قرار گیرد، انرژی مورد استفاده به طور مستقیم و غیر مستقیم در گذشته برای تولید یک محصول محاسبه می‌کند. ضرایب تغییر یافته خورشیدی، نشان دهنده‌ی انرژی خورشیدی است که در گذشته برای ساختن یک ژول از انرژی در دسترس در حال حاضر استفاده می‌شود. بنابراین، استفاده از شاخص‌های انرژی برای ارزیابی پایداری یک بوم‌نظام، بینش ارزشمندی را درباره پایداری سیاست‌گذاری‌های حال و آینده به ما می‌دهد [۵].

مطالعات زیادی کاهش بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی کشاورزی رایج در مقایسه با کشاورزی مبتنی بر نهاده‌های طبیعی را نشان داده‌اند. محققین با استفاده از شاخص‌های

انرژی شامل: نسبت عملکرد انرژی<sup>۳</sup>، نسبت بار زیست محیطی<sup>۴</sup> و شاخص پایداری<sup>۵</sup> تولید پرتقال قرمز در سیسیل ایتالیا را در کشت‌های ارگانیک و سنتی ارزیابی و نشان دادند که تولید ارگانیک پرتقال موجب مصرف کمتر انرژی‌های غیرقابل تجدید خریداری شده در مقایسه با کشاورزی سنتی می‌گردد [۱۲]. محققین با ارزیابی کشت سویا در برزیل با استفاده از شاخص‌های انرژی نشان دادند که تولید سویا با توجه به قیمت فروش آن در بازار و قیمت بالای نهاده‌های تولید به صرفه اقتصادی نیست [۷]. محققین چهار نوع کشاورزی رایج در منطقه ویشی چین را بر اساس شاخص‌های انرژی مورد ارزیابی قرار داده و مشخص کردند که کشت ذرت با توجه به میزان مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی پایدارتر است [۲۱]. محققین در بررسی سه نوع سیستم کشت در آمریکا شامل: سیستم کشت ذرت، سیستم کشت توت سیاه و سیستم کشت سنتی چند کشتی متناوب اثبات کردند که بیشترین پایداری و کمترین بار زیست محیطی مربوط به کشت سنتی و کمترین پایداری و بیشترین بار زیست محیطی مربوط به کشت ذرت بود [۱۴]. محققین اثبات کردند که کشت‌های تلفیقی در مقایسه با تک کشتی به مراتب توجیه بهتری دارند [۲۰]. محققین در مطالعه‌ی سیستم کشت برنج و سیستم کشت سبزیجات را با استفاده از شاخص‌های انرژی، انرژی و اقتصادی مورد بررسی قرار داده و مشخص کردند که اگر چه سودآوری کشت مداوم برنج و سبزیجات در کوتاه مدت بالاتر است اما سیستم کشت متناوب برنج و سبزیجات پایدارتر است [۱۳]. محققین از شاخص‌های انرژی برای ارزیابی سیستم‌های کشت مقیاس کوچک (خرده مالک) که به صورت سنتی در شمال چین رواج دارد در برابر سیستم‌های کشت مقیاس بزرگ استفاده کردند [۲۰]. نتایج نشان داد که کارایی انرژی تولید ذرت در مزارع مقیاس بزرگ ۸۸ درصد بالاتر از تولید ذرت در مزارع مقیاس کوچک بود. همچنین کارایی انرژی تولید گندم در مزارع بزرگ ۴۱ درصد بالاتر از مزارع معمولی بود. آن‌ها توصیه کردند که این الگو می‌تواند برای افزایش بهره‌وری

1- Energy Yield

2- Environment

3- Sustainable Indicator



سطح دریا واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم کشاورزی بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و طولانی (متوسط دمای تابستان ۳۲/۶ و زمستان ۱۳/۳°C) است. خاک مزرعه از نوع لومی با هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر، pH برابر ۸ و همچنین آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۳-۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۸ است. آبیاری به روش جوی پشته‌ای و به مقدار ۸۳۰۰ متر مکعب در هکتار صورت گرفت. انگور در اواخر پاییز به خواب زمستانه می‌رود و در اسفند مجدداً سبز شده و درخرداد برداشت می‌شود. بیشتر عملیات کشاورزی انگور در این باغ شامل عملیات لایه روبی، هرس، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز کود دهی و برداشت با استفاده از کارگر انجام شد. در طول فصل و بر اساس عرف منطقه کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها برای محصول استفاده شدند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۲۰، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم و علف‌کش رانداپ به میزان ۴ لیتر در هکتار بود.

اطلاعات متوسط سالانه بلند مدت آب و هوا برای تابش خورشیدی، بارش و سرعت باد از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی زهک جمع‌آوری شد. برای تعیین قیمت نهاده‌ها و محصول انگور یاقوتی از کشاورزان و تجار منطقه با مراجعه مستقیم کمک گرفته شد.

### تحلیل امرژی

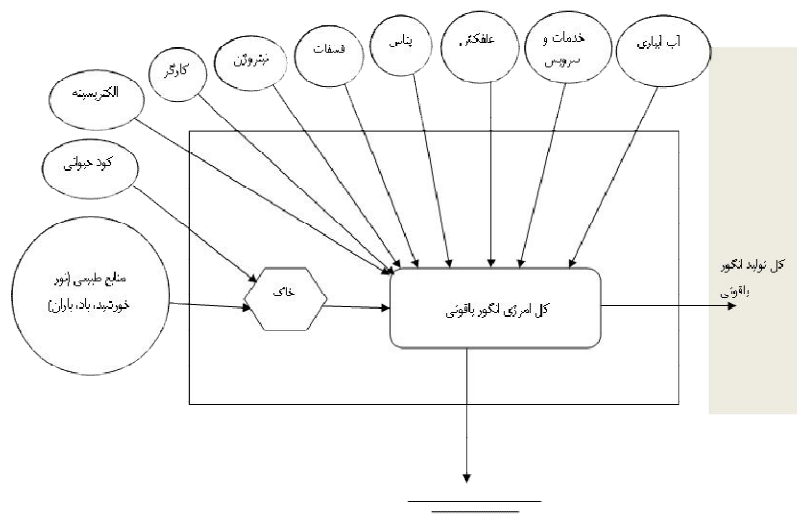
اولین گام برای تحلیل امرژی تعیین مرزهای مکانی و زمانی نظام‌های مورد بررسی و ترسیم دیاگرام امرژی برای طبقه‌بندی نهاده‌های نظام‌های مورد بررسی به منابع تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، محلی یا وارداتی است. در واقع دیاگرام امرژی برای نشان دادن شفاف ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم استفاده می‌شود. این کار برای مدیریت روابط بین اجزای اصلی و فرآیندهای سیستم سودآور ضروری است و همچنین پایه‌های زیست محیطی اکوسیستم و ارتباط آن با اقتصاد بزرگ‌تر را نمایش می‌دهد [۱۶]. دیاگرام امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان در شکل ۱ نشان داده شده است.

در منابع برای تولید غلات در شمال چین مورد استفاده قرار گیرد.

بی‌تردید استفاده کارا از امرژی در کشاورزی یکی از اصول اساسی در کشاورزی پایدار محسوب می‌شود [۹ و ۱۳]. این مسئله لزوم تجدید نظر در ارتباط با شیوه‌های مدیریتی و مصرفی در بوم‌نظام‌های زراعی را آشکار می‌کند [۱۸]. در همین ارتباط مطالعه الگوهای مصرف امرژی جهت مشخص کردن نواحی پرمصرف امرژی در نظام‌های کشاورزی و ارزیابی کارایی مصرف امرژی، مشکلات محیطی و ارتباط آنها با پایداری کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد. لذا مطالعه بودجه امرژی گیاهان مختلف زراعی کمک زیادی به شناسایی پتانسیل‌های موجود در کشور نموده و مقایسه بهره‌وری امرژی گیاهان زراعی با همدیگر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در اولویت‌بندی کشت گیاهان مختلف زراعی در هر منطقه به کار گرفته شود [۲]. نظام تولید انگور یاقوتی سهم به‌سزایی در الگوی کشت منطقه سیستان به خود اختصاص داده، به طوری که این منطقه را به یکی از کانون‌های اصلی تولید انگور یاقوتی کشور تبدیل نموده است. هدف از این مطالعه ارزیابی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان با استفاده از شاخص‌های امرژی برای ترسیم دقیق جریان امرژی، محاسبه بار زیست محیطی و میزان پایداری آن بود.

### مواد و روش‌ها

اراضی زیر کشت محصولات زراعی سیستان بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار و به طور عمده شامل گندم، جو، صیفی‌جات، یونجه، ذرت علوفه‌ای، انگور یاقوتی و محصولات گلخانه‌ای است. در این مطالعه نظام تولید انگور یاقوتی سیستان بر اساس داده‌های یک باغ یک هکتاری شش ساله در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک (به عنوان نماینده متوسط اراضی کشاورزی منطقه سیستان) مورد بررسی و تحلیل امرژی قرار گرفت. ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان زابل و شمال شهر زهک با عرض جغرافیایی ۳۰°۵۴ شمالی، طول جغرافیایی ۶۱°۴۱ شرقی و با ارتفاع ۴۸۳ متر از



شکل ۱- دیاگرام انرژی سیستم کشت انگور باقوتی

می‌شود. از این واحد برای تبدیل پول پرداختی به واحدهای انرژی استفاده می‌شود. انرژی تشعشع خورشیدی بر اساس معادله ۲ محاسبه گردید؛

$$A \text{ (m}^2\text{)} \times I \text{ (W m}^{-2}\text{)} \times \text{Fab} = \text{(J)} \quad (2)$$

که در آن:

A مساحت زمین، I متوسط تشعشع خورشیدی در منطقه زابل در طول فصل رشد محصولات مختلف و Fab درصد جذب تشعشع است. درصد جذب تشعشع ضریب آلبیدو برای نظام تولید انگور ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. ضریب تبدیل خورشیدی<sup>۲</sup> به انرژی بر حسب تعریف یک ام ژول خورشیدی بر ژولدر نظر گرفته می‌شود [۱۶]. انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران و آب آبیاری بر اساس معادله ۳ محاسبه می‌شود؛

$$\text{(J)} = A \text{ (m}^2\text{)} \times p \text{ (mm yr}^{-1}\text{)} \times d \text{ (g m}^{-3}\text{)} \times \Delta G \text{ (J gr}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

که در آن:

A: مساحت زمین، p: مقدار بارندگی سالیانه + آب ورودی از طریق آبیاری (میلی‌متر بر سال)، d چگالی آب (۱۰<sup>۶</sup> گرم بر متر مکعب) و  $\Delta G$  انرژی آزاد گیبس که برای آب ۴/۹۴ ژول بر گرم است [۱۵].

دومین گام برای تحلیل انرژی ترسیم جدول‌های ارزیابی انرژی است. برای به دست آوردن مقدار انرژی هر نهاده، اطلاعات خام هر نهاده بر حسب ژول، گرم یا دلار در ضرایب تبدیل<sup>۱</sup> آن‌ها ضرب می‌شود. انرژی کل مجموع انرژی از تمام نهاده‌های مستقل است [۱۷]. در نظام تولید انگور باقوتی سیستم منابع تجدیدپذیر رایگان شامل نور خورشید، باران و باد، منابع تجدید پذیر خریداری شده شامل نهال، کود حیوانی، آب آبیاری و نیروی کارگری، منابع تجدیدناپذیر محیطی شامل فرسایش خاک سطحی و منابع تجدید ناپذیر خریداری شده شامل کودهای شیمیایی، علف‌کش، الکتریسیته و خدمات بعنوان ورودی و محصول تازه انگور تولید شده به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد.

برای تبدیل معادل انرژی نهاده‌های مختلف به سیستم تولید انگور به انرژی از معادله ۱ استفاده شد [۵]؛

$$\text{(seJ/J)} \times \text{انرژی در دسترس} = \text{(seJ)} \quad (1)$$

انرژی ویژه: تحت عنوان انرژی به ازای هر واحد جرم خروجی تعریف می‌شود و معمولاً به صورت انرژی خورشیدی بر گرم بیان می‌شود (seJ/g) [۵].

انرژی به ازای واحد پول: به عنوان انرژی حمایت کننده از تولید یک واحد محصول اقتصادی (ارز) تلقی

مکعب آب در نظر گرفته شد [۶، ۱۶ و ۱۷]. همچنین ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه انرژی علف‌کش، آفت‌کش، کودهای نیتروژن، کود فسفر و کود پتاس به ترتیب  $10^6 \times 9/1$  ژول بر کیلوگرم [۱]،  $10^{10} \times 12/49$  ام ژول خورشیدی بر ژول [۴]،  $10^{10} \times 4$  ام ژول خورشیدی بر گرم نیتروژن [۳]،  $10^{10} \times 3/69$  ام ژول خورشیدی بر گرم فسفر [۳] و  $10^9 \times 3$  ام ژول خورشیدی بر گرم پتاسیم [۱۶] در نظر گرفته شد. محتوای انرژی محصول انگور تولیدی ۱۲ مگاژول بر کیلوگرم است [۱۸]. شاخص‌های انرژی مورد استفاده برای تحلیل سیستم در این مطالعه به شرح می‌باشند [۱۲، ۱۷ و ۱۹]. شاخص نسبت عملکرد انرژی: این شاخص حاصل تقسیم خروجی انرژی بر ورودی‌های خریداری شده‌ی انرژی بوده و با استفاده از معادله ۶ محاسبه می‌گردد؛

$$EYR^3 = \frac{Y}{NP+RP} \quad (6)$$

که در آن:

EYR نسبت عملکرد انرژی، Y خروجی انرژی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید و RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید است. مقدار بالاتر این شاخص نمایانگر برگشت بیشتر انرژی به ازای انرژی سرمایه‌گذاری شده است.

شاخص نسبت سرمایه‌گذاری انرژی: این شاخص حاصل تقسیم ورودی‌های اقتصادی (خریداری شده) به ورودی‌های رایگان محیطی بوده و از معادله ۷ محاسبه می‌شود؛

$$EIR^4 = \frac{NP+RP}{RR+NR} \quad (7)$$

که در آن:

EIR نسبت سرمایه‌گذاری انرژی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید، RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید و RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید است. مقدار کمتر آن نشانگر هزینه‌ی اقتصادی کمتر است، بنابراین، چنین نظام‌هایی به سمت رقابت در بازار پیش می‌روند.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران به انرژی ۱۸۱۹۹ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود.

انرژی جنبشی باد بر اساس معادله شماره ۴ محاسبه شد؛

$$(4) \quad J = A (m^2) \times r (kg m^{-3}) \times c \times (vg)^3$$

که در آن:

A مساحت زمین، r چگالی هوا (۱/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب هوا)، c ثابت درگ<sup>۱</sup>، vg باد ژئواستروفیک<sup>۲</sup> است.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی باد به انرژی ۱۴۹۶ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته شد.

مقدر انرژی خاک تلف شده با استفاده از معادله ۵ محاسبه شد؛

(۵)

$$= A (m^2) \times E_{erod\text{Soil}} (g m^{-2} yr^{-1}) \times OM (\%) \times E_{OM} (kcal gr^{-1}) \times 4186 J kcal^{-1}$$

که در آن:

A مساحت زمین، ErodSoil مقدار خاک فرسایش یافته در متر مربع در سال، OM درصد ماده آلی خاک، E<sub>OM</sub> محتوای انرژی مواد آلی خاک که ۵/۴ کیلوکالری بر گرم است [۱۶].

ضریب تبدیل خورشیدی تلفات خالص خاک سطحی  $10^5 \times 1/24$  ام ژول خورشیدی بر ژول است [۱۶].

انرژی نیروی انسانی بر اساس ضریب تبدیل خورشیدی  $10^6 \times 4/5$  ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود [۱۲].

برای محاسبه محتوی انرژی نیروی الکتریسیته از ضریب  $10^6 \times 3/6$  ژول در کیلو وات ساعت انرژی الکتریسیته استفاده شد.

ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه انرژی نیروی الکتریسیته و آب آبیاری به ترتیب  $10^5 \times 12/69$  ام ژول خورشیدی بر ژول و  $10^{11} \times 5/43$  ام ژول خورشیدی بر متر

۱- کمیتی بدون بعد برای محاسبه نیروی درگ وارد بر یک جسم در حال حرکت

2- Geostrophic wind

باد ژئواستروفیک یک باد تئوری است که از تعادل میان اثر کوریولیس و نیروی گرادیان فشار ناشی می‌شود؛ مقدار این باد بر حسب تعریف ۱/۶۷ برابر سرعت میانگین باد در نظر گرفته می‌شود

مقدار بیشتر آن سطح بالاتر توسعه‌ی اقتصادی را نشان می‌دهد.

شاخص نسبت بار محیط زیستی: این شاخص نسبت کل ورودی‌های محیطی و خریداری شده تجدیدناپذیر بر ورودی‌های محیطی و خریداری شده‌ی قابل تجدید بوده و از معادله ۸ بدست می‌آید؛

$$ELR = \frac{NP + NR}{RR + RP} \quad (۸)$$

که در آن:

ELR نسبت بار زیست محیطی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید، RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید و RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید است. این شاخص نسبت فشار وارد شده بر محیط زیست را محاسبه می‌نماید و بیانگر میزان استفاده‌ی نظام از خدمات محیط زیستی است، نسبت پایین‌تر این شاخص به معنای استرس و فشار کمتر بر محیط‌زیست است.

شاخص نسبت خودحمایتی امرژی. این نسبت از تقسیم امرژی کل ورودی‌های محیط زیستی به امرژی عملکرد محصولات حاصل می‌شود و از معادله ۹ بدست می‌آید؛

$$ESR = \frac{RR + NR}{Y} \quad (۹)$$

که در آن:

ESR نسبت خود حمایتی امرژی، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید، RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید و Y امرژی عملکرد محصول است و بیانگر سهم محیط زیست در یک نظام تولید است. مقدار بیشتر این شاخص این مفهوم را می‌رساند که نظام به میزان بیشتری به منابع محیطی رایگان وابسته است و در زمینه‌ی اقتصادی این نظام پتانسیل بیشتری برای افزایش بهره‌وری و سرمایه‌گذاری اقتصادی را دارا است.

شاخص پایداری محیط‌زیست از معادله ۱۰ بدست می‌آید؛

$$ESI^1 = \frac{EYR}{ELR} \quad (۱۰)$$

که در آن:

ESI شاخص پایداری محیط‌زیست، EYR نسبت عملکرد امرژی و ELR نسبت بار محیط زیستی است. این شاخص نشان می‌دهد که آیا می‌توان فرایندی را یافت که در عین عملکرد خوب، فشار کمتری بر محیط زیست اعمال کند. شاخص پایداری محیط‌زیست میزان سازگاری هم بخش اقتصاد و هم محیط‌زیست را در محاسبات مدنظر قرار می‌دهد. محققین بیان کردند که، میزان بالاتر این شاخص نه تنها از طریق کاهش بازخورد فراهم می‌شود [۵]، بلکه میزان بیشتر ورودی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با بازخوردها نیز منجر به بالا رفتن این نسبت می‌گردد. مقدار بالای این شاخص به معنای پایداری بالای نظام زراعی است.

### نتایج

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های تولید انگور یاقوتی سیستان در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس داده‌های جدول فوق میزان امرژی منابع تجدید پذیر طبیعی شامل تابش خورشید<sup>۱۳</sup>  $۴/۵۵ \times ۱۰^۹$ ، امرژی باد<sup>۹</sup>  $۸/۲ \times ۱۰^۸$ ، امرژی باران<sup>۱۲</sup>  $۴/۴۹ \times ۱۰^{۱۲}$  و امرژی آب آبیاری<sup>۱۵</sup>  $۴/۵ \times ۱۰^۱۵$  امژول خورشیدی بدست آمد. در خصوص منابع تجدید ناپذیر محیطی میزان امرژی خاک از دست رفته<sup>۱۲</sup>  $۴/۳۲ \times ۱۰^{۱۲}$  امژول خورشیدی اندازه‌گیری شد. ارزیابی منابع خریداری شده قابل تجدید نشان داد که امرژی نیروی کارگری برابر<sup>۱۵</sup>  $۸/۰۵ \times ۱۰^۱۵$  و کود حیوانی<sup>۱۱</sup>  $۲/۶۳ \times ۱۰^{۱۱}$  امژول خورشیدی است. همچنین ارزیابی امرژی منابع خریداری شده غیرقابل تجدید نشان داد که امرژی الکتریسیته<sup>۱۴</sup>  $۷/۲۶ \times ۱۰^{۱۴}$ ، کود نیتروژن<sup>۱۵</sup>  $۲/۲ \times ۱۰^{۱۵}$ ، کودپتاس<sup>۱۳</sup>  $۹ \times ۱۰^{۱۳}$ ، کود فسفات<sup>۱۴</sup>  $۸/۸۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ، علف کش<sup>۱۳</sup>  $۴/۰۸ \times ۱۰^{۱۳}$  و امرژی خدمات و سرویس<sup>۱۵</sup>  $۲/۸۸ \times ۱۰^{۱۵}$  امژول خورشیدی بود.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، بیشترین مقدار امرژی در نظام کشت انگور یاقوتی سیستان مربوط به نیروی کارگری با<sup>۱۵</sup>  $۸/۰۵ \times ۱۰^{۱۵}$  امژول خورشیدی در هکتار است و پس از آن بیشترین مقدار مصرف امرژی مربوط به آب آبیاری با مقدار<sup>۱۵</sup>  $۴/۵ \times ۱۰^{۱۵}$  و کود نیتروژن با مقدار

$10 \times 2/2$  امژول خورشیدی در هکتار بدست آمد. کمترین مقدار مصرف امرژی در بین منابع خریداری شده مربوط به کود حیوانی با  $10 \times 2/63$  امژول خورشیدی در هکتار بود.

امرژی بالای نیروی کارگری به دلیل استفاده زیاد از نیروی انسانی در سیستم کشت انگور یاقوتی در منطقه سیستان و عدم کاربرد موثر ماشین آلات مکانیزه در این سیستم است. همچنین امرژی بالای آب آبیاری و کود نیتروژن به دلیل مصرف زیاد این دو نهاده در سیستم‌های کشت سنتی انگور یاقوتی است. در بررسی انجام شده توسط محقق برای ارزیابی امرژی یک باغ میوه در ایالت واشنگتن مشخص شد که بیشترین مصرف امرژی مربوط به نیروی کارگری با مقدار  $10 \times 3/0$  امژول خورشیدی در هکتار بود [۹]. همچنین در تجزیه و تحلیل امرژی نظام کشت انگور محافظت شده در ۵ منطقه کشور چین توسط محققین مشخص شد که امرژی مصرفی نیروی کارگری در این مناطق رتبه اول تا سوم را به خود اختصاص داده است [۸].

نتایج دسته‌بندی کلی منابع مختلف امرژی دخیل در نظام تولید انگور یاقوتی سیستان در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج فوق سهم منابع طبیعی (R+N) از کل امرژی مصرفی برابر  $23/47$  درصد و سهم منابع خریداری شده (P) برابر  $76/61$  درصد بود. مجموع منابع قابل تجدید (R+Pr)  $69/94$  درصد و مجموع منابع غیر قابل تجدید  $35/05$  درصد از کل امرژی را بخود اختصاص دادند. کل عملکرد امرژی تولید انگور یاقوتی سیستان  $10 \times 1/94$  امژول خورشیدی در هکتار و ضریب تبدیل آن  $10 \times 1/49$  امژول خورشیدی بر ژول بدست آمد.

### شاخص‌های امرژی در نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

شاخص‌های مربوط به تولید انگور یاقوتی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده شاخص درصد تجدید پذیری (R) برابر  $64/94$  است. این شاخص نشان دهنده سهم منابع قابل تجدید از کل منابع تولید بوده و بالا بودن آن به مفهوم قابلیت تجدید پذیری زیاد سیستم و پایداری بالاتر آن است.

شاخص نسبت عملکرد امرژی (EYR): این شاخص در انگور یاقوتی سیستان برابر  $1/31$  بدست آمد. مقدار بالاتر این شاخص مطلوب‌تر است چرا که نسبت عملکرد امرژی را به ازای امرژی سرمایه گذاری شده نشان می‌دهد. در ارزیابی امرژی سیب زمینی در ایالت فلوریدا توسط محققین شاخص نسبت عملکرد امرژی  $1/24$  بدست آمد. محققین در بررسی امرژی پرتقال در ایتالیا مقدار این شاخص را  $1/5$  گزارش کردند [۱۲]. محققین در مطالعه ای که روی انگور در جنوب غرب چین انجام دادند شاخص نسبت عملکرد امرژی انگور را  $1/07$  بدست آوردند [۸].

شاخص نسبت سرمایه گذاری (EIR): این شاخص نشان دهنده سرمایه اقتصادی مصرفی در سیستم بوده، بنابراین، مقدار بالاتر آن نشان دهنده سهم بیشتر منابع خریداری شده است. مقدار این شاخص در تولید انگور یاقوتی سیستان برابر  $3/25$  بود که نشان دهنده اتکاء بیشتر سیستم به منابع خریداری شده در مقایسه با منابع محیطی رایگان است. هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد مطلوب تر است.

مقدار شاخص نسبت بارگذاری زیست محیطی (ELR) برابر  $0/541$  بود که نشان دهنده فشار نسبتاً پایین این سیستم بر محیط زیست است. شاخص بارگذاری زیست محیطی برای انگور در جنوب غرب چین  $2/78$  گزارش شده است [۸]. در مطالعه امرژی نظام کشت برنج در چین شاخص فوق را  $0/62$  بدست آمد [۱۳]. در ارزیابی امرژی جو در ایالت واشنگتن این شاخص را  $2/94$  اعلام شد [۱۰].

مقدار شاخص خودکفایی امرژی (ESR) در این تحقیق  $0/234$  بود. محققین در بررسی امرژی که بر روی انگور محافظت شده در چین انجام شد شاخص خودکفایی امرژی برای ناحیه جنوب غرب چین  $0/66$  و برای ناحیه شمال چین  $0/11$  گزارش شد [۸].

شاخص پایداری (ESI) در تحقیق حاضر  $2/42$  بود. در ارزیابی امرژی سیستم‌های مختلف کشت در ایالت فلوریدا شاخص پایداری را برای یولاف  $0/68$  و برای سیب زمینی  $0/16$  گزارش شد [۳]. در ارزیابی امرژی سیستم کشت

برنج در چین محققین مقدار این شاخص ۱/۸۳ بدست آمد مقایسه نتایج این پژوهش با برخی مطالعات مشابه در [۱۳]. سایر نقاط جهان در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۱- ارزیابی امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

ردیف	منابع	واحد	مقدار	ضریب تبدیل	امرژی	درصد
منابع قابل تجدید محیطی						
۱	نور خورشید	ژول	$4/55 \times 10^{13}$	۱	$4/55 \times 10^{13}$	۰/۲۳
۲	باران	ژول	$2/47 \times 10^8$	۱۸۱۹۹	$4/49 \times 10^{12}$	۰/۰۲
۳	باد	ژول	$4/5 \times 10^{15}$	۱۴۹۶	$8/2 \times 10^9$	۰/۰۰۰۴
۴	آب آبیاری	مترمکعب	۸۳۰۰	$5/43 \times 10^{11}$	$4/5 \times 10^{15}$	۲۳/۱۶
	جمع				$4/55 \times 10^{15}$	۲۳/۴۵
منابع غیر قابل تجدید محیطی						
۵	خاک سطحی	ژول	$3/49 \times 10^7$	$1/24 \times 10^5$	$4/32 \times 10^{12}$	۰/۰۲
منابع خریداری شده قابل تجدید						
۶	نیروی کارگری	ژول	$1/79 \times 10^9$	$4/5 \times 10^6$	$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۳
۷	کود حیوانی	ژول	$9/75 \times 10^6$	$2/7 \times 10^4$	$2/63 \times 10^{11}$	۰/۰۰۱
	جمع				$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۹
منابع خریداری شده غیر قابل تجدید						
۸	الکتریسته	ژول	$2/7 \times 10^9$	$2/69 \times 10^5$	$7/26 \times 10^{14}$	۳/۷
۹	کود نیتروژن	گرم	$5/5 \times 10^4$	$4 \times 10^{10}$	$2/2 \times 10^{15}$	۱۱/۳۲
۱۰	کود پتاس	گرم	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^9$	$9 \times 10^{13}$	۰/۴۶
۱۱	کود فسفات	گرم	$2/4 \times 10^4$	$3/69 \times 10^{10}$	$8/85 \times 10^{14}$	۴/۵
۱۲	علف کش	گرم	۱۶۴۰	$2/49 \times 10^{10}$	$4/08 \times 10^{13}$	۰/۲۱
۱۳	خدمات و سرویس	دلار	۱۸۵	$15/6 \times 10^{12}$	$2/88 \times 10^{15}$	۱۴/۸
	جمع				$2/82 \times 10^{15}$	۳۵/۱۳
	جمع کل امرژی				$1/94 \times 10^{16}$	۱۰۰
خروجی (عملکرد محصول)						
۱۴	عملکرد انگور	کیلوگرم	۱۰۶۰۰			
۱۵	انرژی تولید		$1/3 \times 10^{11}$			ژول
۱۶	امرژی ویژه		$1/8 \times 10^9$			گرم/ژول خورشیدی
۱۷	ضریب تبدیل انگور		$1/49 \times 10^5$			ژول/ژول خورشیدی

جدول ۲- دسته بندی کلی منابع مختلف امرژی نظام کشت انگور یاقوتی

ردیف	منابع	امرژی	درصد
منابع محیطی رایگان			
۱	منابع قابل تجدید محیطی (R)	$4/55 \times 10^{15}$	۲۳/۴۵
۲	منابع غیر قابل تجدید محیطی (N)	$4/32 \times 10^{12}$	۰/۰۲
۳	جمع		۲۳/۴۷
منابع خریداری شده			
۴	منابع خریداری شده قابل تجدید (Pr)	$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۹
۵	منابع خریداری شده غیر قابل تجدید (Pn)	$6/82 \times 10^{15}$	۳۵/۱۳
۶	جمع	$1/48 \times 10^{16}$	۷۶/۶۱
۷	کل عملکرد امرژی (Y)	$1/94 \times 10^{16}$	۱۰۰
۸	ضریب تبدیل انگور یاقوتی سیستان (Tr)	$1/49 \times 10^5$	

جدول ۳- شاخص های امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

ردیف	شاخص	مقدار
۱	تجدید پذیری (R)	۶۴/۹۴
۲	نسبت عملکرد امرژی (EYR)	۱/۳۱
۳	نسبت سرمایه گذاری امرژی (EIR)	۳/۲۵
۴	نسبت بارگذاری بر محیط زیست (ELR)	۰/۵۴۱
۵	نسبت خودکفایی امرژی (ESR)	۰/۲۳۴
۶	شاخص پایداری (ESI)	۲/۴۲

جدول ۴- مقایسه شاخص های امرژی برخی نظام های کشاورزی مناطق مختلف جهان با نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

نظام کشت	Tr	R	N	F	EYR	ELR	ESI
یولاف (فلوریدا)	$2/0.9 \times 10^5$	$1/56 \times 10^{15}$	$9/5 \times 10^{14}$	$3/1 \times 10^{15}$	۱/۷۹	۲/۶۴	۰/۶۸
سیب زمینی (فلوریدا)	$1/49 \times 10^5$	$1/49 \times 10^{15}$	$9/5 \times 10^{14}$	$1/0.3 \times 10^{16}$	۱/۲۴	۷/۵۲	۰/۱۶
جو (واشنگتن)	$9/24 \times 10^4$	$4/87 \times 10^{14}$	$5/9 \times 10^{14}$	$8/38 \times 10^{14}$	۲/۲۸	۲/۹۴	۰/۷۸
سبزیجات (واشنگتن)	$8/74 \times 10^5$	$5/78 \times 10^{13}$	-	$4/12 \times 10^{15}$	۱/۰۱	۷۱/۲۷	۰/۰۱
پرتقال (ایتالیا)	$1/2 \times 10^9$	$5/2 \times 10^{14}$	$7/7 \times 10^{15}$	$1/5 \times 10^{16}$	۱/۵	۴۳	۰/۰۳
انگور (چین)	$6 \times 10^5$	$1/54 \times 10^{14}$	$1/54 \times 10^{13}$	$1/86 \times 10^{15}$	۱/۰۷	۲/۷۸	۰/۳۹
ذرت (چین)	$9/74 \times 10^4$	$2/66 \times 10^{14}$	$1/95 \times 10^{14}$	$2/3 \times 10^{15}$	۱/۲	۲/۶۷	۰/۴۵
برنج (چین)	$1/39 \times 10^5$	$3 \times 10^{15}$	-	$2/0.7 \times 10^{16}$	۱/۱۵	۰/۶۲	۱/۸۳
گندم (چین)	$1/63 \times 10^5$	$1/72 \times 10^{15}$	$1/82 \times 10^{16}$	$1/68 \times 10^{16}$	۱/۱۹	۱۰/۵۹	۰/۱۱
انگور یاقوتی سیستان	$1/49 \times 10^5$	$4/55 \times 10^{15}$	$4/32 \times 10^{13}$	$1/48 \times 10^{16}$	۱/۳۱	۰/۵۴۱	۲/۴۲

## بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه منابع مختلف تامین انرژی و شاخص های مهم پایداری و بار زیست محیطی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان با استفاده از روش ارزیابی امرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد از میان تمام نهادهای دخیل در تولید انگور یاقوتی سه متغیر نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن به ترتیب با ۴۱/۴۹، ۲۳/۱۶ و ۱۱/۳۲ درصد بیشترین سهم را در مصرف انرژی دارا بودند. چنانچه بهینه سازی مصرف انرژی در نظر باشد لازم است اولویت اصلی با بهینه سازی این سه منبع باشد. همچنین تجزیه و تحلیل شاخص های امرژی نشان داد که شاخص تجدید پذیری انگور یاقوتی (R%) برابر ۶۴/۹۴، شاخص نسبت عملکرد امرژی (EYR) ۱/۳۱، شاخص نسبت سرمایه گذاری امرژی (EIR) ۳/۲۵، شاخص بارگذاری زیست محیطی (ELR) ۰/۵۴۱، شاخص خودکفایی امرژی (ESR) ۰/۲۳۴ و شاخص پایداری محیط زیست (ESI) برابر ۲/۴۲ است. مقایسه نتایج بدست آمده با مطالعات مشابه نشان می دهد شاخص های امرژی انگور

یاقوتی سیستان در حد مطلوب و رضایت بخش است (جدول ۵). شاخص بارگذاری زیست محیطی اهمیت زیادی دارد و هر چه مقدار آن کمتر باشد نشان دهنده فشار کمتر بر محیط زیست است. مقدار بدست آمده برای این شاخص از متوسط بسیاری از مطالعات مشابه کمتر است که این امر نشان دهنده فشار کمتر این نظام کشت بر محیط زیست است. شاخص پایداری محیط زیست در این مطالعه از متوسط مطالعات مشابه بالاتر است که پایداری نسبتاً خوب این سیستم را نشان می دهد. بنابراین، با توجه به پایداری خوب و بار زیست محیطی کم این سیستم در صورت افزایش کارایی مصرف انرژی از طریق بهینه نمودن مصرف نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن سیستم کشت انگور یاقوتی می تواند بعنوان الگوی مناسب در منطقه سیستان توصیه شود.

با توجه به نتایج این تحقیق برای مدیریت بهتر منابع انرژی پیشنهادات زیر را می توان توصیه نمود. ۱- تجزیه تحلیل و بررسی دقیق منابع انرژی برای تمام نظام های

مکانیزه استفاده از نیروی کارگری کاهش یابد و همچنین مدیریت کاهش مصرف آب آبیاری و کود نیتروژن در برنامه کاری قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان اجرا شده که لازم می‌دانیم از مسئولین مرکز و همه همکارانی که ما را یاری نمودند صمیمانه سپاسگذاری نماییم.

کشاورزی با استفاده از روش ارزیابی امرژی با توجه به کارایی خوب این روش اجرا شود. ۲- با توجه به بالا بودن شاخص پایداری محیط زیست در نظام کشت انگور یاقوتی و پایین بودن فشار زیست محیطی این سیستم و از طرفی رضایتمندی کشاورزان انگور کار منطقه از میزان درآمد اقتصادی آن در مقایسه با سایر نظام‌ها توسعه‌ای نظام کشت قابل توصیه است. ۳- با توجه به اینکه در نظام کشت انگور یاقوتی بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سه نهاد نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن است برای بهینه شدن مصرف انرژی در این نظام کشت باید با مدیریت بهتر و در صورت امکان استفاده از ماشین آلات

### References

- [1]. Asgharipour, M.R., Mondani, F., & Riahinia, S. (2012). Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, 44: 1078–1084
- [2]. Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., & Rafiee, Sh. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990- 2006). *Renewable and Sustainable Energy Review*, 14: 849–855.
- [3]. Brandt-Williams, S. (2002). Handbook of emergy evaluation: a compendium of data for emergy computation issued in a series of Folios. Folio 4. Emergy of Florida agriculture. Gainesville, Florida, USA: Center for Environmental Policy. University of Florida.
- [4]. Brown, M.T., & Arding, J. (1991). Transformities working paper. Gainesville: Center for Wetlands, University of Florida.
- [5]. Brown, M.T., & Ulgiati, S. (2004). Emergy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modeling*, 178: 201–13.
- [6]. Buenfil, A.A. (2001). Emergy evaluation of water. Doctoral dissertation. University of florida.
- [7]. Cavalett, O., & Ortega, E. (2009). Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 17: 762–771.
- [8]. Feng, J., Lu, S., Fu, Z., & Tian, D. (2013). Emergy analysis of protected grape production system in China. *Advanced Materials Research*, 76: 3938-3942
- [9]. Ghaley, B., & Porter, J. R. (2013). Emergy synthesis of a combined food and emergy production system compared to conventional wheat (*Triticum aestivum*) production system. *Ecological Indicators*, 24: 534–542.
- [10]. Haden, A. (2002). Emergy Analysis of Food Production at S & S Homestead Farm. S & S Center for Sustainable Agriculture. P, 1-33
- [11]. Higgins, J. B. (2003). Emergy analysis of the Oak Openings region. *Ecological Engineering*, 21: 75–109.
- [12]. La Rosa, A.D., Siracusa, G., & Cavallaro, R. (2008). Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming. *Journal of Cleaner Production*, 16: 1907-1914.
- [13]. Lu, H.F., Bai, Y., Ren H., & Campbel, D. (2010). Integrated emergy, energy and economic evaluation production of rice and vegetable system in alluvial paddy fields: Implications for agricultural policy in china. *Journal of Environmental Managment*, 91: 2727-2735.
- [14]. Martin, J.F., Diemont, S.A.W., Powel, A., Stanton, M., & Levy-Tacher, S. (2006). Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 115: 128-140.
- [15]. Odum, H.T., & Odum, E. C. (1983). Emergy Analysis Overview of Nations: Concepts and Methods. Working Paper.



International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 469 pp.

[16]. Odum, H. (2007). Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century. The Hierarchy of Energy. Columbia University Press, New York.

[17]. Odum, H., Brown, M.T., & Williams, S.B. (2000). Handbook of Emergy Evaluation, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, 16 pp.

[18]. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29: 39-51.

[19]. Ulgiati, S., Odum, H.T., & Bastianoni, S. (1994). Emergy use, environmental loading and sustainability. An Emergy Analysis of Italy. *Ecological Modeling*, 73: 215-268.

[20]. Wang, X., Chen, Y., Gao, W., Qin, J., Zhang, F., & Wu, X. (2014). Emergy analysis of grain production systems on large-scale farms in the North China Plain based on LCA. *Agricultural Systems*, 128: 66-78.

[21]. Zhang, L.X., Song, B., & Chen, B. (2012). Emergy-based analysis of four farming systems: insight into agricultural diversification in rural China. *Journal of Cleaner Production*, 28: 33-44.

## Emergy evaluation of Yaghuti grape of Sistan

1- Sh. A. Kohkan, PhD Candidate, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran and HorticultureCrops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

2- A. Ghanbari, Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol

3- M.R. Asgharipour, Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol

m\_asgharipour@uoz.ac.ir

4- B.A. Fakheri, Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, University of Zabol

Received: 08 Mar 2017

Accepted: 18 Oct 2017

### Abstract

The present study uses emergy methodology to assess environmental performance of Yaghuti grape production of Sistan. In Sistan, grape production is very important for the region in terms of both export to other provinces of Iran and domestic consumption. The renewable resources comprising free renewable local resources including sunlight, rain and wind and non-renewable including soil, and renewable purchased inputs embracing human labor, chemical fertilizer including nitrogen, phosphorous and potassium, and chemicals were the input used to estimate emergy indices. The analyses showed that the total emergy input was  $1.94 \times 10^{16}$  seJ, and approximately 43.41% and 23.16% were from human labor and irrigation water, respectively and followed by nitrogen fertilizer with quota of 11.32%. Emergy indices of grape production are as follow; emergy yield ratio: 1.31, emergy investment ratio: 3.25, environmental loading ratio: 0.541 and emergy sustainability index: 2.42, indicating that grape production system is sustainable and is less stressful on the environment in comparison with other research. It could be suggested with greater energy use efficiency through optimization of human labor, irrigation water and nitrogen fertilizer grape production could be recommended as suitable crop for Sistan region.

**Keywords:** Yaghuti grape; Sustainability index; Emergy evaluation; Energy efficiency.

## بررسی ارتباط خشکسالی و تغییرات NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی (مطالعه موردی: مراتع جنوب استان یزد)

۱- هادی زارع خورمیزی، دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد

۲- سید زین العابدین حسینی، استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد  
zhosseini@yazd.ac.ir

۳- محمد حسین مختاری، استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد

۴- حمیدرضا غفاریان مالمیری، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۳

### چکیده

کاهش بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی یا با کمک هم، منجر به بروز خشکسالی می‌شوند. خشکسالی با تأثیر بر منابع آب و پوشش گیاهی یک منطقه باعث تسریع گسترش نواحی بیابانی می‌گردد. به منظور بررسی ارتباط خشکسالی‌های سالانه و تغییرات پوشش گیاهی مراتع جنوب استان یزد، از داده‌های هواشناسی و سنجش از دور استفاده شد. در ابتدا، شدت‌های خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI در بازه زمانی سالانه تعیین شد. پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی به کمک پنج روش درون‌یابی انجام شد. سپس با استفاده از تصاویر سری زمانی NDVI سنجنده MODIS طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میانگین NDVI فصلی و سالانه محاسبه شد. در گام بعدی، روابط بین شاخص‌های خشکسالی و شاخص NDVI در ۱۶ تیپ گیاهی مرتعی بررسی شد. بر اساس نتایج شدت خشکسالی در سال‌های آبی ۱۹۹۹-۲۰۰۰ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ منطقه مورد مطالعه به ترتیب در وضعیت خشکسالی متوسط و خشکسالی بسیار شدید قرار داشته است. ارزیابی نتایج همبستگی نشان داد در بیشتر تیپ‌های گیاهی بین میانگین NDVI سالانه، فصل بهار و تابستان با شاخص‌های خشکسالی همبستگی معنی‌داری ( $p < 0.01$ ) وجود دارد. بر اساس نتایج بیشترین میزان ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین تغییرات شاخص NDVI سالانه و شاخص SPI سالانه در تیپ گیاهی *Artemisia sieberi* وجود دارد. پس از آن بالاترین میزان ضریب تبیین در تیپ‌های گیاهی *Zygophyllum eurypterum*-*Artemisia sieberi*، *Amygdalus scoparia*-*Acer cineracens*-*Pistacia atlantica* و *Amygdalus scoparia* به دست آمد. به طوری که به ترتیب در این تیپ‌های گیاهی ۶۸، ۶۵ و ۶۳ درصد تغییرات شاخص NDVI سالانه تابع تغییرات شاخص خشکسالی SPI می‌باشد. تأثیر خشکسالی بر تیپ‌های گیاهی مختلف، بسته به شرایط اکولوژیک منطقه، نوع گونه گیاهی، فرم رویشی و همچنین سایر گونه‌های همراه در تیپ گیاهی متفاوت است.

واژگان کلیدی: همبستگی؛ شاخص بارندگی استاندارد؛ شاخص اکتشاف خشکسالی؛ سنجش از دور؛ مودیس.

### مقدمه

در مواقعی که مدت زمان وقوع آن طولانی می‌شود، خسارت‌های ناشی از آن نیز در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و غیره به تدریج ظاهر می‌شود. خسارات و آثار ناشی از این پدیده در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی مانند سیل، زمین لرزه بسیار زیاد و فراگیرتر است [۱۹]. شروع خشکسالی به طور معمول با کاهش بارندگی همراه است که این مرحله به خشکسالی هواشناسی موسوم است. با کمبود بارش و

خشکسالی به طور معمول با کاهش میزان بارش و افزایش دما ایجاد می‌شود. این دو عامل هر یک تنهایی یا با کمک هم می‌توانند در بروز شدت‌های مختلف این پدیده موثر باشند. خشکسالی در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد؛ اما تأثیر و فراوانی آن در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بیشتر نمایان می‌شود [۲]. پدیده خشکسالی به‌کندی شروع شده و دارای ماهیتی، پنهانی است به همین علت به عنوان یک پدیده خزنده بیان می‌شود [۱۳].

بین میانگین شاخص‌های NDVI و SPI همبستگی بالایی در سطح یک درصد وجود دارد [۱۹]. در پژوهشی کارآیی داده‌های سنجنده‌ی MODIS در برآورد خشکسالی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه بررسی شد. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی VCI<sup>۵</sup> با SPI برابر ۰/۷ و همبستگی TCI<sup>۶</sup> با SPI برابر ۰/۲۵ است [۲۳]. نتایج بررسی خشکسالی کشاورزی در راجستان هند با استفاده از شاخص VCI تصاویر NOAA-AVHRR و شاخص استاندارد بارش نشان داد که شاخص VCI برای سال ۲۰۰۳ نرمال و برای سال ۲۰۰۲ خشکسالی را نشان می‌دهد و این شاخص با شاخص SPI همبستگی خوبی نشان می‌دهد [۳]. بررسی همبستگی شاخص‌های NDVI، VHI، TCI و VCI با شاخص خشکسالی SPI در منطقه خشک آریزونا و نیومکزیکو و نیز در منطقه مرطوب کارولینای شمالی و جنوبی نشان داد که شاخص VHI برای برآورد خشکسالی، روش مناسبی است [۲۴]. پژوهش‌های اندکی به بررسی رابطه‌ی تغییرات تیپ‌های مختلف گیاهی با دوره‌های خشکسالی و ترسالی پرداخته‌اند. با این حال، در این زمینه رابطه نوسانات بارندگی بر شکل‌های رویشی و تیپ‌های گیاهی بررسی شده است. نتایج بررسی تغییرات پوشش گیاهی در شمال چین در پاسخ به میزان بارندگی با استفاده از تصاویر نوا نشان داد که در مناطق علفزار همبستگی بسیار زیادی میان تغییرات پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد [۱۴]. در پژوهشی دیگر رابطه نوسانات بارندگی و تغییرات پوشش گیاهی در دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ در بخشی از مراتع استان یزد بررسی شد. نتایج به دست آمده بیان‌گر ارتباط معنی‌دار تیپ‌های پوشش گیاهی فورب و گراس با نوسانات بارندگی و نبود ارتباط یا ارتباط ضعیف بین تیپ‌های بوته‌زار، درختی و درختچه‌ای با بارندگی بود [۹]. در مطالعه‌ی دیگر بررسی و مقایسه تاثیر بارش در تغییرات پوشش گیاهی در چهار تیپ مرتعی و یک تیپ جنگلی نشان داد که میزان تأثیرات بارش در تیپ‌های مورد مطالعه، بسته به شکل رویشی و شرایط اکولوژیکی مناطق مورد مطالعه، با یکدیگر متفاوت است [۸]. در چین تغییرات جوامع گیاهی مختلف در ارتباط با شرایط آب و هوایی مقایسه شد. نتایج

توزیع نامناسب آن، رطوبت خاک کاهش می‌یابد و رویش گیاهان مرتعی و سایر گیاهان تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۴]. یکی از مهم‌ترین پیامدهای خشکسالی، کاهش مقدار پوشش گیاهی مراتع است. با کاهش پوشش گیاهی، شرایط محیطی برای بروز مشکلات مختلف نظیر فرسایش خاک، افزایش میزان رواناب سطحی و خطر بروز سیل و غیره فراهم می‌شود. مراتع از جمله نعمت‌های الهی است که نقش ارزنده‌ای در محیط زیست و همچنین رشد و توسعه اقتصاد ملی هر کشوری ایفا می‌نمایند. حفظ خاک، تولید علوفه، تعدیل‌کننده آب و هوا و جریان‌های آبی کشور، تولید گیاهان دارویی و صنعتی، زیستگاه و تفرجگاه مردم، از فواید مهم مراتع هستند [۱۸]. تداوم بهره‌برداری از مراتع مناطق خشک مستلزم شناخت روند تغییرات پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن نظیر خشکسالی است. بنابراین، در راستای تدوین طرح‌های حفاظت مراتع، پایش خشکسالی و شناسایی اثر آن بر پوشش گیاهی مراتع، از ابزارهای مهم مدیریت این مناطق محسوب می‌گردد. در این رابطه، استفاده از سنجش از دور انعکاسی، برای ارزیابی اثرات خشکسالی و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها شناخته شده است [۱۹]. علت این امر مزیت کسب مکرر داده‌ها، دید وسیع و فرمت رقومی مناسب برای پردازش کامپیوتری داده‌های سنجش از دور است [۱۵].

در سال‌های اخیر استفاده از قابلیت‌های تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات پوشش گیاهی و خشکسالی افزایش یافته است. پژوهش‌های بسیاری در زمینه ارتباط بین شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و شاخص‌های سنجش از دور انجام شده است. نتایج پایش خشکسالی چتیسگر<sup>۱</sup> هند با استفاده از شاخص‌های مختلف سنجش راه دور در طول سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ نشان داد که بین SPI<sup>۲</sup> و VHI<sup>۳</sup> همبستگی بالا و بین SPI و شاخص NDVI<sup>۴</sup> همبستگی ضعیف وجود دارد [۲۰]. در مطالعه‌ای دیگر اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS بررسی شد. نتایج نشان داد

1- Chhattisgarh

2- Standardized Precipitation Index

3- Vegetation Health Index

4- Normalized Difference Vegetation Index

5- Vegetation Condition Index

6- Temperature Condition Index

نام تیپ‌های گیاهی و شکل رویشی و شکل ۲ نقشه تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

### روش پژوهش

#### ۱- شاخص بارندگی استاندارد (SPI)

شاخص SPI، نمایه‌ای است که بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و مقیاس دارد. این شاخص برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است. شاخص SPI بوسیله مک‌کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ با توجه به تاثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیر زمینی ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است. شاخص SPI با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود [۱۷].

$$SPI = \frac{(P_i - P)}{SD} \quad (1)$$

که در آن:

$P_i$  شاخص استاندارد بارش،  $P_i$  معادل بارش سال مفروض به میلی‌متر  $P$  میانگین بارش درازمدت ایستگاه و  $SD$  انحراف معیار بارش است. برای محاسبه شاخص SPI ابتدا باید بارش ایستگاه‌ها با توزیع‌های مختلف برازش داده شوند تا بهترین توزیع انتخاب شود. در پژوهش حاضر از توزیع گاما استفاده شد. پس از محاسبه شاخص SPI در هر بازه زمانی وضعیت رطوبتی به کلاس‌های مختلف تقسیم می‌شود (جدول ۲).

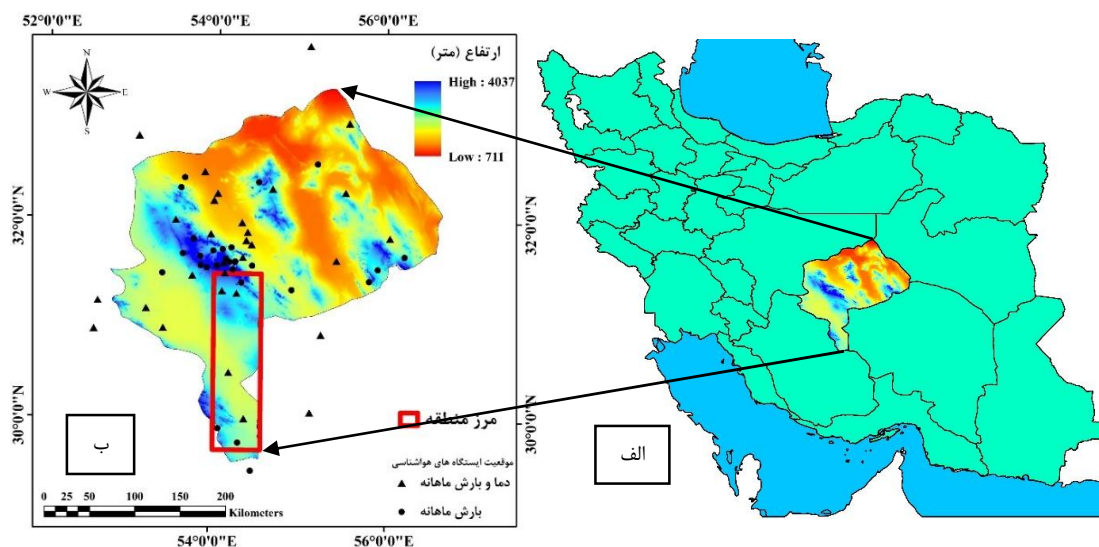
نشان داد که گیاهان بوته‌ای، به دلیل قابلیت جذب آب از لایه‌های مختلف خاک، نسبت به گیاهان علفی حساسیت کمتری در مقابل خشکی از خود نشان می‌دهند همچنین گیاهان چوبی نسبت به گیاهان بوته‌ای حساسیت کمتری دارند [۲۱].

هدف اصلی از این پژوهش، بررسی ارتباط خشکسالی‌های سالانه و تغییرات تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی اقلیمی SPI و  $RDI^1$  و شاخص NDVI سنجنده MODIS است. تهیه نقشه همبستگی بین شاخص NDVI و شاخص‌های خشکسالی از دیگر اهداف این پژوهش است که در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در طی دوره‌های خشکسالی کاربرد دارد.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

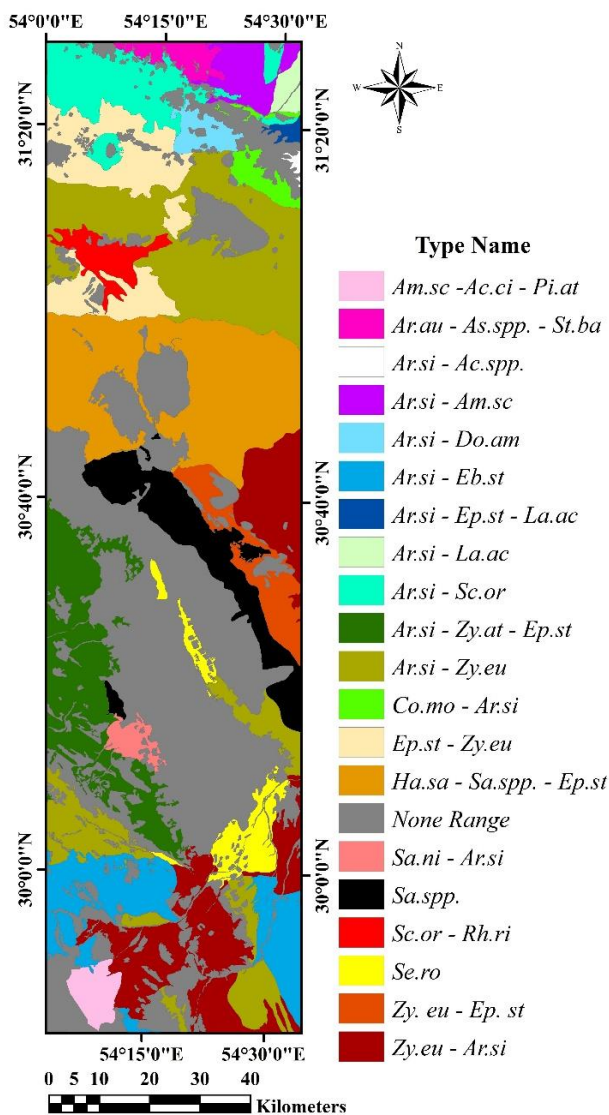
منطقه مطالعاتی در جنوب استان یزد بین عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۱ درجه، ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه تا ۵۴ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۱۰۲۷۹ کیلومتر مربع است. موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه نقشه مدل رقومی ارتفاع و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در شکل ۱ نشان داده شده است. منطقه مطالعاتی با توجه به تنوع تیپ‌های گیاهی و همچنین تغییرات توپوگرافی در این ناحیه انتخاب گردید. جدول ۱



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران (الف) و استان یزد (ب)

جدول ۱- نام تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه و مخفف نام آن (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد)

نام تیپ	شکل رویشی غالب	مخفف نام تیپ
<i>Amygdalus scoparia-Acer cineracens-Pistacia atlantica</i>	درختی و درختچه‌ای	<i>Am.sc - Ac.ci - Pi.at</i>
<i>Artemisia aucheri- Astragalus spp. - Stipa barbata</i>	بوته‌ای	<i>Ar.au - As.spp. - St.ba</i>
<i>Artemisia sieberi-Ebenus stellata</i>	بوته‌ای	<i>Ar.si - Eb.st</i>
<i>Artemisia sieberi-Scariola orientalis</i>	بوته‌ای	<i>Ar.si - Sc.or</i>
<i>Artemisia sieberi-Zygophyllum atriplicoides-Ephedra strobilacea</i>	بوته‌ای-درختچه‌ای	<i>Ar.si - Zy.at - Ep.st</i>
<i>Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum</i>	بوته‌ای-درختچه‌ای	<i>Ar.si - Zy.eu</i>
<i>Artemisia sieberi - Amygdalus scoparia</i>	بوته‌ای	<i>Ar.si - Am.sc</i>
<i>Artemisia sieberi - Dorema ammoniacum</i>	بوته‌ای	<i>Ar.si - Do.am</i>
<i>Cornulaca monoacantha - Artemisia sieberi</i>	بوته‌ای	<i>Co.mo - Ar.si</i>
<i>Ephedra strobilacea-Zygophyllum eurypterum</i>	بوته‌ای-درختچه‌ای	<i>Ep.st - Zy.eu</i>
<i>Hammada salicornica-Salsola spp.-Ephedra strobilacea</i>	بوته‌ای	<i>Ha.sa - Sa.spp. - Ep.st</i>
<i>Salsola spp.</i>	بوته‌ای	<i>Sa.spp.</i>
<i>Scariola orientalis-Rheum ribes</i>	بوته‌ای	<i>Sc.or - Rh.ri</i>
<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	درختچه‌ای	<i>Se.ro</i>
<i>Zygophyllum eurypterum-Artemisia sieberi</i>	درختچه‌ای - بوته‌ای	<i>Zy.eu - Ar.si</i>
<i>Zygophyllum eurypterum-Ephedra strobilacea</i>	درختچه‌ای - بوته‌ای	<i>Zy.eu - Ep.st</i>



شکل ۲- نقشه تیپ‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲- طبقه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI [۲۸]

مقدار SPI	طبقه خشکسالی	احتمال (%)
$SPI \geq 2$	ترسالی بسیار شدید	۲/۳
$1/5 \leq SPI \leq 1/99$	ترسالی شدید	۴/۴
$1 \leq SPI \leq 1/49$	ترسالی متوسط	۹/۲
$0/0 \leq SPI \leq 0/99$	ترسالی خفیف (نرمال)	۳۴/۱
$-0/99 \leq SPI \leq 0/0$	خشکسالی خفیف (نرمال)	۳۴/۱
$-1/49 \leq SPI \leq -1/0$	خشکسالی متوسط	۹/۲
$-1/99 \leq SPI \leq -1/5$	خشکسالی شدید	۴/۴
$SPI \leq -2/0$	خشکسالی بسیار شدید	۲/۳

## ۲- شاخص اکتشاف خشکسالی (RDI)

شاخص RDI یک شاخص خشکسالی هواشناسی است که می‌توان به سه صورت بیان نمود: مقدار اولیه  $RDI, \alpha k$  نرمال شده (RDI<sub>n</sub>) و استاندارد شده (RDI<sub>st</sub>). در این پژوهش از شکل استاندارد شده این شاخص با توزیع گاما استفاده شد. RDI استاندارد شده از همان رفتار SPI برخوردار است. بنابراین، می‌توان برای تحلیل شرایط خشکسالی با استفاده مقادیر RDI<sub>st</sub> از همان آستانه‌های مورد برای شاخص SPI (جدول ۱) استفاده نمود [۲۸].

همان‌طور که ذکر شد به منظور محاسبه شاخص RDI به داده‌های تبخیر و تعرق پتانسیل نیاز است. برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در این پژوهش از روش هارگریوز - سامانی استفاده شد [۱۱]. با استفاده از دمای حداقل ( $T_{min}$ ) و دمای حداکثر ( $T_{max}$ ) ماهانه و میزان تابش خورشید ( $R_a$ ) میزان تبخیر و تعرق ماهانه محاسبه شد (رابطه ۲).

$$ET_o = 0.0023 \times (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times (T_{mean} + 17.8) \times R_a \quad (2)$$

به‌طور کلی به‌منظور محاسبه میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و محاسبه شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI در بازه زمانی سالانه (۱۲ ماهه) از نرم‌افزار DrinC<sup>۱</sup> استفاده شد.

## ۳- شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده NDVI

سنجنده MODIS یکی از پنج سنجنده مستقر بر روی ماهواره ترا است که در اواسط سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب گردید. این سنجنده دارای ۳۶ باند در محدوده ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر طیف الکترومغناطیس بوده؛ که ۲۰ باند

آن در محدوده مرئی و ۱۶ باند آن در ناحیه حرارتی است [۵]. توان تفکیک مکانی برای باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متر، برای باندهای ۳ تا ۷، ۵۰۰ متر و برای باندهای ۸ تا ۳۶، یک کیلومتر می‌باشد. این سنجنده دارای قدرت تفکیک زمانی بالا (۱ تا ۲ روز) است.

یکی از شاخص‌هایی که در زمینه پایش تغییرات پوشش گیاهی کاربردهای فراوانی دارد شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) می‌باشد [۲۶].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

که در آن:

$NIR$  و  $RED$  به ترتیب باز تابش طیفی باند مادون قرمز نزدیک (باند ۲ سنجنده MODIS در محدوده ۸۴۱ تا ۸۷۶ نانومتر) و باند قرمز (باند ۱ سنجنده MODIS در محدوده ۶۲۰ تا ۶۷۰ نانومتر) است. دامنه این شاخص از -۱ تا +۱ متغیر است. در این مطالعه از محصول ۱۶ روزه شاخص NDVI سنجنده MODIS از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ تحت نام MOD13Q1 با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. این محصولات به‌عنوان سطح ۳ با سیستم تصویر Sinusoidal ارائه شده است که سپس به سیستم تصویری UTM تغییر داده شد. مشکل اصلی تصاویر NDVI این سطح وجود داده‌های دور افتاده<sup>۲</sup> و داده‌های از دست رفته<sup>۳</sup> با فواصل بسیار کوتاه و با توزیع پراکنده در سری‌های زمانی است. در این پژوهش، به منظور حذف داده‌های از دست رفته و دور افتاده در سری‌های زمانی تصاویر NDVI در هر سال (۲۳ تصویر در هر سال) از

2- Out layer

3- Gap

1- Drought Indices Calculator

تصاویر NDVI در جدول ۳ نشان داده شده است. پس از حذف نویز تصاویر NDVI در هر سال، میانگین NDVI سالانه و فصلی در نرم افزار ENVI 4.8 محاسبه شد.

الگوریتم تجزیه و تحلیل هارمونیک سری‌های زمانی (HANTS) استفاده شد [۶، ۲۵ و ۲۹]. متغیرهای به‌کار برده شده در الگوریتم HANTS به منظور حذف نویز در

جدول ۳- متغیر مورد استفاده به منظور ایجاد تصاویر فاقد خطا در الگوریتم HANTS	
میزان	پارامتر در الگوریتم
۱-۰	محدوده داده معتبر
۲۳ تصویر NDVI	دوره پایه
۳	تعداد فرکانس (NOF)
۰/۰۲	آستانه میزان خطای قابل قبول (FET)
LOW	جهت نقاط دورافتاده
۵	DOD

ارتفاع و معکوس فاصله وزنی) استفاده شد. به منظور انتخاب تابع سمی‌واریوگرام<sup>۱</sup> بهینه برای پهنه‌بندی بارندگی منطقه و همچنین شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI چهار نوع سمی‌واریوگرام<sup>۲</sup>، خطی<sup>۳</sup>، نمایی<sup>۴</sup> و گوسین<sup>۵</sup> در محیط نرم‌افزار GS<sup>+</sup> V10 بررسی شد و سپس بهترین تابع براساس کمترین میزان انحراف از تابع اصلی انتخاب شد.

ارزیابی و تعیین دقت روش‌های درون‌یابی با استفاده از معیار ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) تعریف شده در رابطه ۴، انجام شد [۶].

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

که در آن:

$x_i$  و  $y_i$  به ترتیب داده‌های واقعی و داده‌های برآورد شده می‌باشند. روش مناسب درون‌یابی بر اساس کمترین میزان RMSE برای تهیه نقشه میانگین بارندگی منطقه و پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی انتخاب شد. مرحله بعد شامل تعیین روابط بین شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI با شاخص سنجش از دور NDVI است که در آن میزان همبستگی شاخص‌های SPI و RDI سالانه با شاخص NDVI در تیپ‌های گیاهی مختلف مقایسه شده است. این مقایسه با استفاده از میانگین‌های سالانه و فصلی NDVI با میانگین سالانه SPI و RDI با استفاده از

با توجه به اینکه هدف این پژوهش بررسی همبستگی تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی با شاخص‌های خشکسالی و تهیه نقشه همبستگی بین تغییرات شاخص NDVI و شاخص‌های خشکسالی به صورت نقطه‌ای می‌باشد. بنابراین لازم است ابتدا شاخص‌های خشکسالی با کمترین میزان خطا پهنه‌بندی شوند. به منظور محاسبه شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI و همچنین میزان بارش از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک (زیر نظر سازمان هواشناسی) و ایستگاه‌های باران سنجی (زیر نظر وزارت نیرو) استفاده شد. با توجه به اینکه تمام ایستگاه‌های مورد استفاده دارای میانگین بارش ماهانه هستند، از داده‌های ۵۹ ایستگاه به منظور پهنه‌بندی میزان بارندگی و محاسبه شاخص خشکسالی SPI استفاده شد (شکل ۱). در صورتی که برای محاسبه شاخص خشکسالی RDI تعداد ۳۰ ایستگاه دارای متغیر دما و بارش ماهانه بودند که برای محاسبه و پهنه‌بندی این شاخص مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). شاخص‌های خشکسالی (همچنین میزان بارندگی منطقه) در دوره آماری ۲۰ ساله (سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴-۲۰۱۳) با توجه به سال آبی ایران (از ابتدای مهر تا پایان شهریور) محاسبه شد.

نرمال بودن داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی به کمک آزمون کلموگراف و اسمیرنوف در محیط نرم‌افزار SPSS، انجام و برای محاسبه شاخص خشکسالی SPI و RDI استفاده شد. به منظور پایش و پهنه‌بندی خشکسالی و همچنین تعیین مقدار بارندگی در منطقه مورد مطالعه از پنج روش درون‌یابی (کریجینگ ساده و معمولی، کوکریجینگ ساده و معمولی با استفاده از متغیر کمکی

1- Semi variogram  
2- Spherical  
3- Linear  
4- Exponential  
5- Gaussian



می‌دهد و دید کامل‌تری را در شناسایی مناطق و پوشش‌های گیاهی آسیب‌پذیر ایجاد می‌کند.

### نتایج

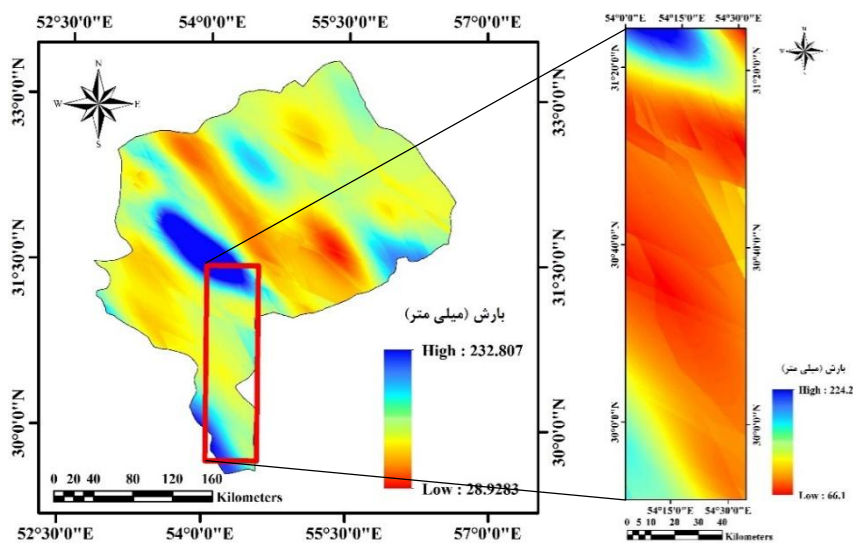
#### ۱- پایش و پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی

نقشه میزان بارش منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش پهنه‌بندی کوکریجینگ معمولی با استفاده از متغیر کمکی ارتفاع با خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) ۲۷ میلی‌متر و میزان همبستگی ( $R^2$ ) ۰/۷۶ تهیه شده است (شکل ۳). میانگین بارش در منطقه مورد مطالعه ۱۰۵ میلی‌متر است. شکل ۴ برای نمونه مشخصات مدل‌های سمی واریوگرام مورد استفاده در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷ را به ترتیب برای پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI نشان می‌دهد. جدول ۴ و ۵ میزان خطای RMSE روش‌های مختلف درون‌یابی را برای پهنه‌بندی شاخص‌های RDI و SPI به ترتیب نشان می‌دهد.

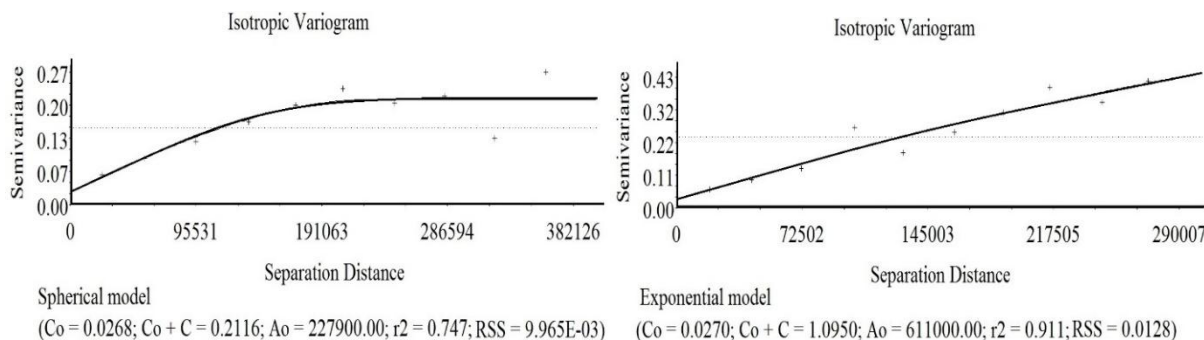
همبستگی پیرسون (رابطه ۵) انجام شد [۱۹]. با توجه به اینکه تصاویر سنجنده MODIS از سال ۲۰۰۰ موجود می‌باشد؛ روابط بین شاخص‌های خشکسالی و NDVI سنجنده MODIS طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بررسی شد.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

در مرحله آخر، نقشه همبستگی ( $R^2$ ) بین شاخص خشکسالی SPI سالانه و میانگین NDVI سالانه و فصل بهار به صورت پیکسل به پیکسل تهیه شد. این نقشه نسبت به بررسی‌های نقطه‌ای و یا ناحیه‌ای روابط بین شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و شاخص‌های سنجش از دور بین تیپ‌های گیاهی و مناطق مختلف را بهتر نشان



شکل ۳- نقشه میانگین بارش منطقه مورد مطالعه (۱۹۹۴-۲۰۱۴)



شکل ۴- مشخصات مدل‌های سمی واریوگرام مورد استفاده در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷ به ترتیب به منظور پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی RDI (چپ) و SPI (راست)

جدول ۴- مقادیر خطا در روش مورد استفاده پهنه‌بندی شاخص RDI

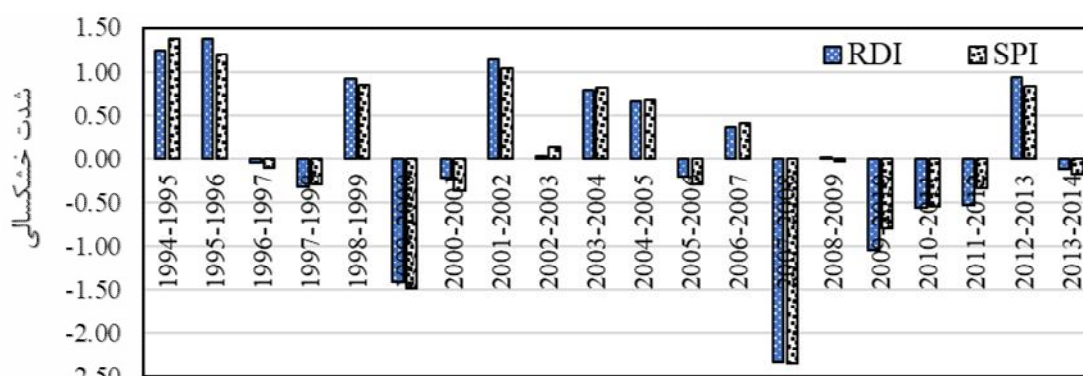
سال	روش درون‌یابی	RMSE	سال	روش درون‌یابی	RMSE
۱۹۹۴-۱۹۹۵	Cokriging-Ordinary	۰/۳۱	۲۰۰۴-۲۰۰۵	Kriging-Ordinary	۰/۲۲
۱۹۹۵-۱۹۹۶	Kriging-Ordinary	۰/۲۸	۲۰۰۵-۲۰۰۶	IDW-Power 2	۰/۳۲
۱۹۹۶-۱۹۹۷	Kriging-Ordinary	۰/۳۲	۲۰۰۶-۲۰۰۷	Kriging-Ordinary	۰/۳۱
۱۹۹۷-۱۹۹۸	IDW-Power 2	۰/۴۳	۲۰۰۷-۲۰۰۸	IDW-Power 2	۰/۳۰
۱۹۹۸-۱۹۹۹	Kriging-Ordinary	۰/۳۰	۲۰۰۸-۲۰۰۹	IDW-Power 2	۰/۳۹
۱۹۹۹-۲۰۰۰	Kriging-Ordinary	۰/۳۰	۲۰۰۹-۲۰۱۰	Kriging-Ordinary	۰/۳۲
۲۰۰۰-۲۰۰۱	IDW-Power 2	۰/۳۹	۲۰۱۰-۲۰۱۱	Cokriging-Ordinary	۰/۳۸
۲۰۰۱-۲۰۰۲	Kriging-Ordinary	۰/۴۳	۲۰۱۱-۲۰۱۲	Cokriging-Ordinary	۰/۴۶
۲۰۰۲-۲۰۰۳	Kriging-Ordinary	۰/۳۱	۲۰۱۲-۲۰۱۳	Kriging-Simple	۰/۳۴
۲۰۰۳-۲۰۰۴	Kriging-Ordinary	۰/۳۳	۲۰۱۳-۲۰۱۴	Kriging-Ordinary	۰/۳۳

جدول ۵- مقادیر خطا در روش مورد استفاده پهنه‌بندی شاخص SPI

سال	روش درون‌یابی	RMSE	سال	روش درون‌یابی	RMSE
۱۹۹۴-۱۹۹۵	Kriging-Ordinary	۰/۳۲	۲۰۰۴-۲۰۰۵	Cokriging-Ordinary	۰/۳۰
۱۹۹۵-۱۹۹۶	Cokriging-Ordinary	۰/۲۷	۲۰۰۵-۲۰۰۶	Kriging-Ordinary	۰/۳۲
۱۹۹۶-۱۹۹۷	Cokriging-Ordinary	۰/۳۴	۲۰۰۶-۲۰۰۷	Kriging-Ordinary	۰/۲۶
۱۹۹۷-۱۹۹۸	Kriging-Ordinary	۰/۳۷	۲۰۰۷-۲۰۰۸	Kriging-Ordinary	۰/۳۱
۱۹۹۸-۱۹۹۹	Cokriging-Ordinary	۰/۳۰	۲۰۰۸-۲۰۰۹	Kriging-Ordinary	۰/۳۰
۱۹۹۹-۲۰۰۰	Cokriging-Ordinary	۰/۳۲	۲۰۰۹-۲۰۱۰	Kriging-Ordinary	۰/۲۷
۲۰۰۰-۲۰۰۱	IDW-Power 2	۰/۳۷	۲۰۱۰-۲۰۱۱	Cokriging-Ordinary	۰/۳۰
۲۰۰۱-۲۰۰۲	Kriging-Ordinary	۰/۳۳	۲۰۱۱-۲۰۱۲	Cokriging-Ordinary	۰/۴۳
۲۰۰۲-۲۰۰۳	Cokriging-Ordinary	۰/۳۴	۲۰۱۲-۲۰۱۳	Cokriging-Ordinary	۰/۳۳
۲۰۰۳-۲۰۰۴	Kriging-Ordinary	۰/۳۲	۲۰۱۳-۲۰۱۴	Cokriging-Ordinary	۰/۳۳

آبی و خشکسالی ادامه یافته است. همچنین در سال‌های آبی ۱۹۹۵-۱۹۹۴، ۱۹۹۶-۱۹۹۵ و ۲۰۰۱-۲۰۰۲ منطقه مورد مطالعه در وضعیت ترسالی متوسط قرار داشته است. از طرفی با توجه به شکل ۵، شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI در تعیین شدت‌های خشکسالی تقریباً نتایج مشابهی را نشان دادند.

روند تغییرات شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI را در منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه شکل مذکور در سال ۱۹۹۹-۲۰۰۰ منطقه مورد مطالعه در وضعیت خشکسالی متوسط و در سال آبی ۲۰۰۷-۲۰۰۸ منطقه در وضعیت خشکسالی بسیار شدید قرار داشته است. از طرفی پس از خشکسالی بسیار شدید سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ در سال‌های پس از آن نیز روند کم



شکل ۵- روند تغییرات شاخص‌های خشکسالی طی سال‌های آبی ۱۹۹۴-۱۹۹۵ تا ۲۰۱۳-۲۰۱۴ در منطقه مورد مطالعه

## ۲- نتایج همبستگی شاخص‌های خشکسالی و تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی

میانگین NDVI فصل تابستان در تمام تیپ‌های گیاهی همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد. بین تغییرات شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه و میانگین NDVI سالانه در تیپ‌های گیاهی *Ar.au* - *St.ba* وجود ندارد. در تیپ‌های گیاهی *Ar.si* - *Sc.or* و *As.spp.* - *Ep.st* وجود ندارد. در تیپ‌های گیاهی *Ar.si* - *Do.am*، *Ep.st* - *Zy.eu* و *Sc.or* - *Rh.ri* و *Ha.sa* - *Sa.spp.* - *Ep.st* همبستگی معنی‌دار در سطح پنج و در سایر تیپ‌های گیاهی همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به جدول ۶ میزان همبستگی شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI با NDVI فصلی و سالانه در تیپ‌های مختلف گیاهی نتایج مشابهی را نشان داد. بنابراین، در ادامه تنها نتایج شاخص SPI مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

میزان همبستگی شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه با میانگین فصلی و سالانه شاخص NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در جدول ۶ نشان داده شده است. بین تغییرات شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه و میانگین NDVI فصل بهار در تمام تیپ‌های مورد مطالعه به جز تیپ گیاهی *Ar.au* - *As.spp.* - *St.ba* همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به اینکه تیپ گیاهی *Ar.au* - *As.spp.* - *St.ba* در ارتفاعات بالا قرار دارد و فصل رشد با تاخیر در این تیپ گیاهی شروع می‌شود، بالاترین همبستگی در این تیپ گیاهی در فصل تابستان مشاهده می‌شود. همچنین بین تغییرات شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه و

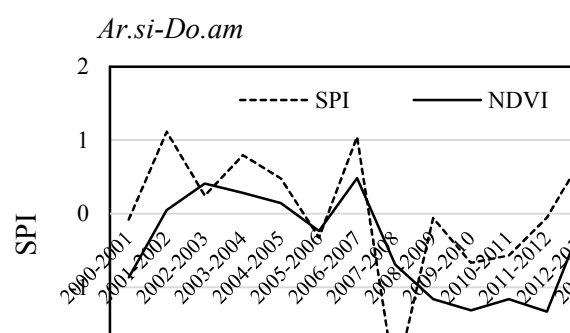
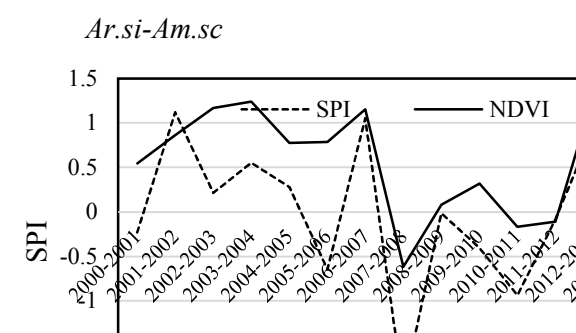
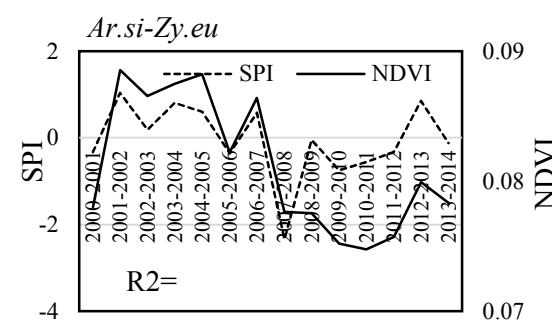
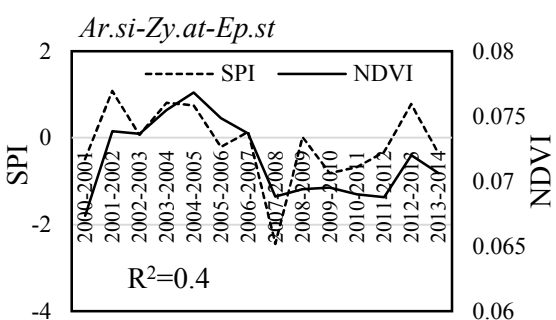
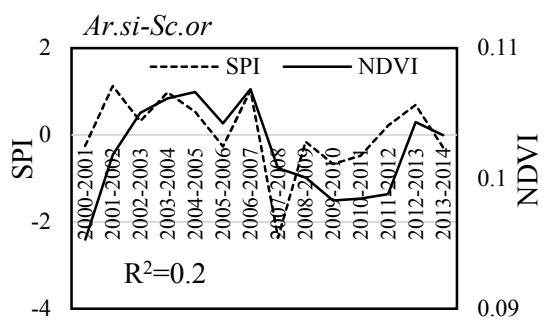
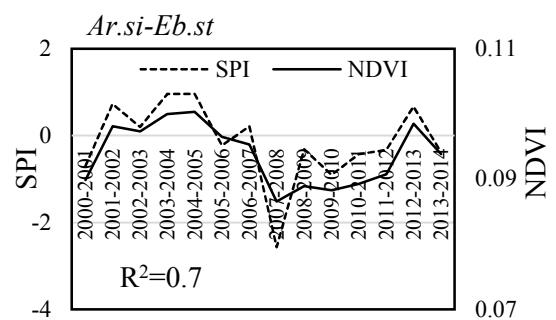
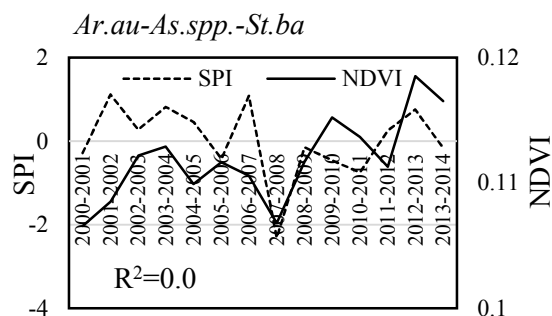
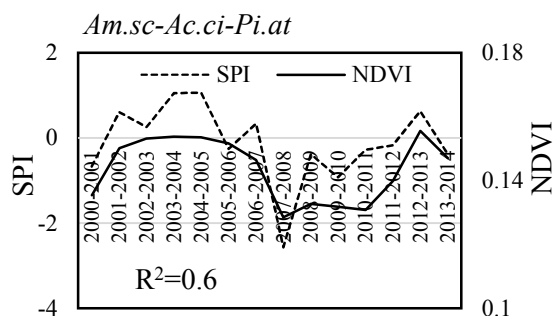
جدول ۶- میزان همبستگی شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه با میانگین فصلی و سالانه NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی

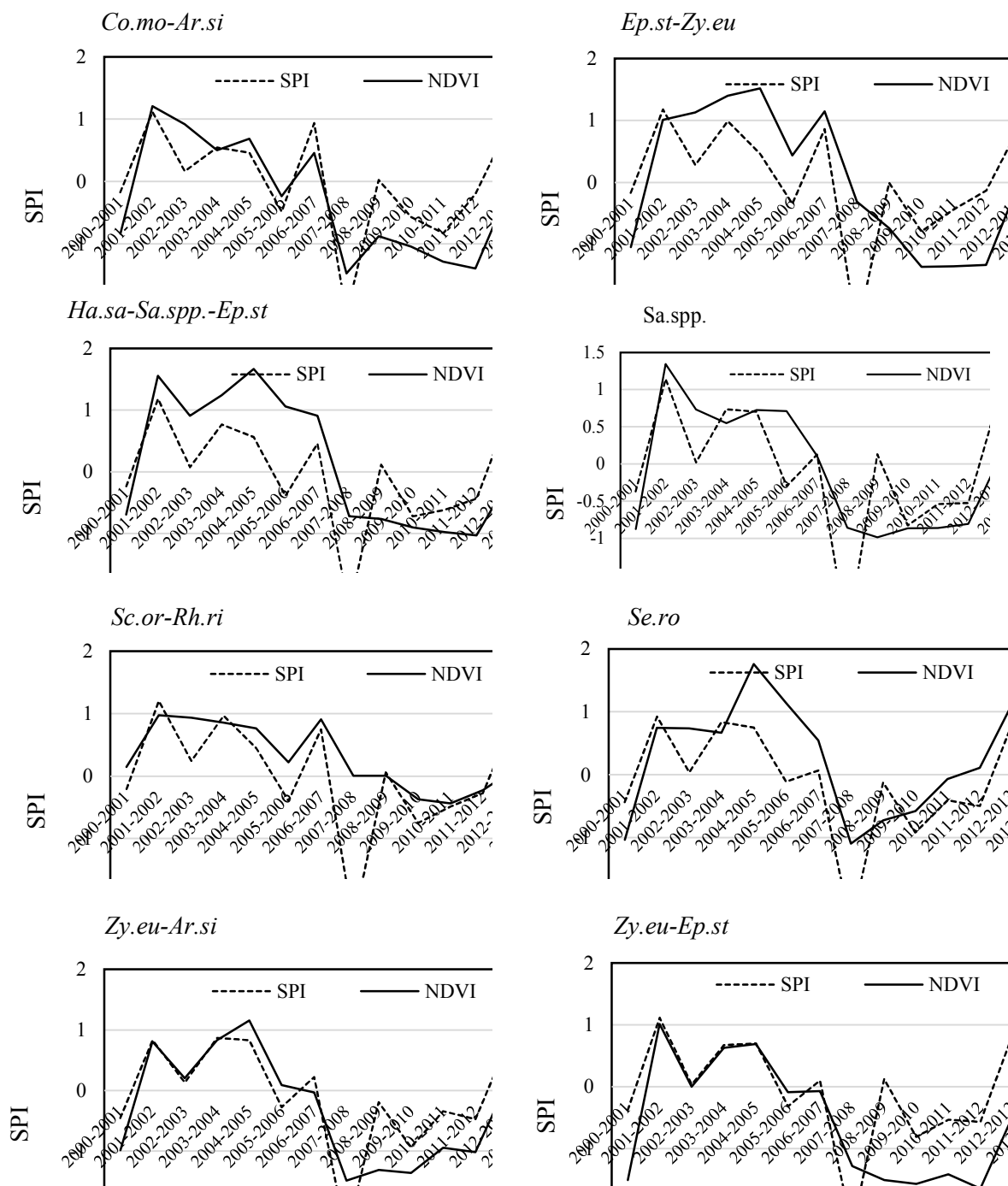
شاخص RDI					شاخص SPI					نام تیپ
سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۰/۷۹**	۰/۶۲*	۰/۷۲**	۰/۸۲**	۰/۸۸**	۰/۷۹**	۰/۶۵*	۰/۷۳**	۰/۸۶**	۰/۸۷**	<i>Am.sc - Ac.ci - Pi.at</i>
۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۵۲	۰/۸۴**	۰/۲۱	۰/۲۳	-۰/۲	۰/۵۴*	۰/۸۲**	۰/۱۸	<i>Ar.au - As.spp. - St.ba</i>
۰/۸۵**	۰/۶۶**	۰/۸۱**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۶۸**	۰/۷۸**	۰/۹۱**	۰/۹۲**	<i>Ar.si - Eb.st</i>
۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۶۲*	۰/۷۸**	۰/۷۹**	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۶۵*	۰/۸۰**	۰/۷۷**	<i>Ar.si - Sc.or</i>
۰/۶۵**	۰/۶۸**	۰/۷۲**	۰/۷۶**	۰/۸۱**	۰/۶۶**	۰/۷۰**	۰/۷۲**	۰/۷۹**	۰/۸۰**	<i>Ar.si - Zy.at - Ep.st</i>
۰/۶۶**	۰/۶۲*	۰/۶۱*	۰/۸۹**	۰/۸۱**	۰/۶۶**	۰/۶*	۰/۶۰*	۰/۷۶**	۰/۸۰**	<i>Ar.si - Zy.eu</i>
۰/۸۳**	۰/۳۲	۰/۶۸**	۰/۷۳**	۰/۸۴**	۰/۸۱**	۰/۳۱	۰/۶۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	<i>Ar.si - Am.sc</i>
۰/۵۸*	۰/۶۷**	۰/۶۱*	۰/۸۰**	۰/۷۹**	۰/۵۸*	۰/۶۷**	۰/۶۳*	۰/۷۵**	۰/۷۹**	<i>Ar.si - Do.am</i>
۰/۷۷**	۰/۵۳*	۰/۵۱	۰/۸۰**	۰/۸۶**	۰/۷۶**	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۸۱**	۰/۸۴**	<i>Co.mo - Ar.si</i>
۰/۵۵*	۰/۵۷*	۰/۵۷*	۰/۷۳**	۰/۸۰**	۰/۵۵*	۰/۵۷*	۰/۵۶*	۰/۷۳**	۰/۸۰**	<i>Ep.st - Zy.eu</i>
۰/۶۲*	۰/۵۷*	۰/۵۷*	۰/۶۷**	۰/۷۸**	۰/۶۱*	۰/۵۴*	۰/۵۶*	۰/۶۷**	۰/۷۶**	<i>Ha.sa - Sa.spp. - Ep.st</i>
۰/۶۷**	۰/۷۰**	۰/۶۵*	۰/۷۳**	۰/۷۳**	۰/۶۶**	۰/۶۹**	۰/۶۶*	۰/۷۴**	۰/۷۲**	<i>Sa.spp.</i>
۰/۶۴*	۰/۵۴*	۰/۶۳*	۰/۷۶**	۰/۸۱**	۰/۶۳*	۰/۵۱	۰/۶۰*	۰/۷۴**	۰/۷۹**	<i>Sc.or - Rh.ri</i>
۰/۷۳**	۰/۵۹*	۰/۶۱*	۰/۷۱**	۰/۷۰**	۰/۷۳**	۰/۵۹*	۰/۵۸*	۰/۷۲**	۰/۷۰**	<i>Se.ro</i>
۰/۸۲**	۰/۶۶*	۰/۷۵**	۰/۸۶**	۰/۸۷**	۰/۸۳**	۰/۶۷**	۰/۷۴**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	<i>Zy.eu - Ar.si</i>
۰/۶۸**	۰/۷۰**	۰/۶۸**	۰/۷۵**	۰/۷۷**	۰/۶۸**	۰/۷**	۰/۶۹**	۰/۷۶**	۰/۷۷**	<i>Zy.eu - Ep.st</i>

\*\* معنی‌دار در سطح یک درصد \* معنی‌دار در سطح پنج درصد

طوری که ۷۵ درصد تغییرات شاخص NDVI در این تیپ گیاهی تابع تغییرات شاخص خشکسالی SPI است. پس از آن در تیپ‌های گیاهی *Ar.si* - *Am.sc*، *Zy.eu* - *Ar.si* و *Am.sc* - *Ac.ci* - *Pi.at* به ترتیب ۶۸، ۶۵ و ۶۳ درصد تغییرات شاخص NDVI سالانه تابع تغییرات شاخص خشکسالی SPI است.

شکل ۶ روند تغییرات شاخص خشکسالی SPI سالانه با تغییرات NDVI سالانه را در تیپ‌های مختلف گیاهی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۶، کمترین میزان همبستگی بین تغییرات NDVI سالانه و شاخص خشکسالی SPI سالانه در تیپ گیاهی *Ar.au* - *As.spp.* - *St.ba* و *St.ba* و *Ar.si* - *Sc.or* مشاهده شد. بیشترین میزان همبستگی در تیپ گیاهی *Ar.si* - *Eb.st* مشاهده شد، به



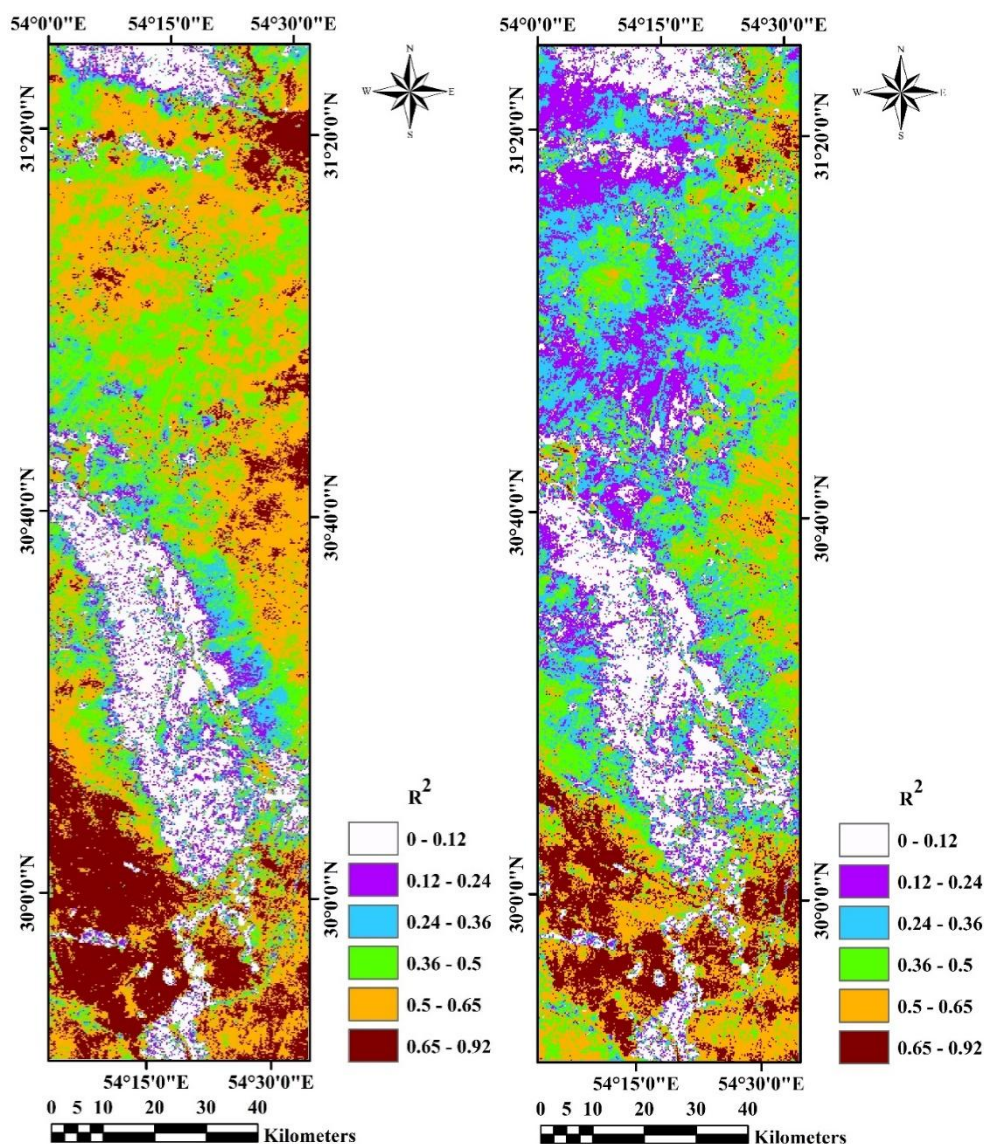


شکل ۶- روند تغییرات شاخص خشکسالی SPI سالانه با میانگین NDVI سالانه در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی

تابعی از تغییرات توپوگرافی منطقه، میزان بارندگی، درصد پوشش گیاهی، نوع گونه و شکل رویشی آن است. میزان بارندگی در منطقه مورد مطالعه تابعی از تغییرات توپوگرافی می‌باشد. تغییرات توپوگرافی با تاثیری که بر تغییرات شرایط اقلیمی و خاکی منطقه دارد منجر به تنوع پوشش گیاهی و تغییرات نوع گونه و شکل رویشی شده و بر میزان همبستگی تیپ‌های گیاهی مختلف تاثیر می‌گذارد. بالاترین میزان همبستگی در جنوب منطقه

شکل ۷ نقشه همبستگی بین شاخص SPI سالانه با میانگین NDVI سالانه و فصل را نشان می‌دهد. به طور کلی، میانگین میزان همبستگی بین شاخص SPI سالانه با میانگین NDVI سالانه و فصل بهار به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۴۵ می‌باشد. با توجه به اینکه حداکثر رشد پوشش گیاهی در فصل بهار است، بیشترین میزان همبستگی در این فصل مشاهده می‌شود. تغییرات همبستگی پوشش‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه

مورد مطالعه دیده می‌شود و بنابراین این مناطق در دوره های خشکسالی آسیب پذیرتر هستند (شکل ۷).

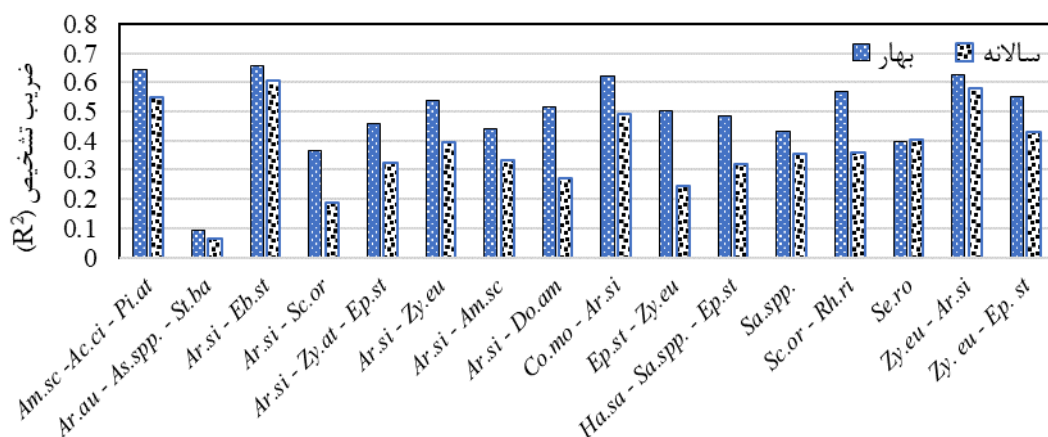


شکل ۷- نقشه همبستگی بین شاخص خشکسالی SPI سالانه با میانگین NDVI فصل بهار (راست) و میانگین سالانه NDVI (چپ)

طول سال می‌باشد. این امر ممکن است به دلیل حضور گیاهان یکساله در تیپ گیاهی یا نوع شکل رویشی و فنولوژی گونه‌های غالب در تیپ‌های گیاهی باشد. به‌عنوان مثال، گونه‌های گیاهی که در فصل بهار حضور دارند و پس از شروع فصل تابستان با افزایش دما و کاهش رطوبت خاک از بین می‌روند و یا اندام‌های هوایی آنها دچار تغییراتی نظیر ریزش برگ‌ها می‌شود. گونه‌های *Rheum* *Zygophyllum* *Dorema ammoniacum* *ribes eurypterum* منجر به تغییرات شدید همبستگی بین شاخص NDVI و شاخص خشکسالی SPI در فصول مختلف می‌شوند.

شکل ۸ میانگین همبستگی بین تغییرات شاخص SPI سالانه و میانگین NDVI سالانه و فصل بهار در تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه استخراجی را نشان می‌دهد. در تیپ‌های گیاهی مختلف همبستگی‌های متفاوتی میان شاخص خشکسالی SPI و شاخص NDVI وجود دارد. با توجه به شکل ۸ بالاترین میزان همبستگی در فصل بهار و در تیپ‌های گیاهی *Ar.si - Eb.st*، *Am.sc - Ac.ci - Pi.at*، *Zy.eu - Ar.si* و *Co.mo - Ar.si* مشاهده می‌شود در برخی تیپ‌های گیاهی، تفاوت میان میزان همبستگی شاخص SPI با NDVI سالانه و فصل بهار زیاد و در برخی تیپ‌های گیاهی این تفاوت کم است. علت این تفاوت زیاد در برخی تیپ‌های گیاهی، پایدار نبودن پوشش گیاهی در





شکل ۸- میانگین ضریب تشخیص ( $R^2$ ) بین تغییرات شاخص SPI سالانه و میانگین NDVI سالانه و فصل بهار در تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه

### بحث و نتیجه گیری

یکی از روش‌های مطالعه خشکسالی و بررسی تاثیر مخرب آن، پایش و پهنه‌بندی آن با استفاده از شاخص‌های خشکسالی و همچنین مرتبط ساختن این پدیده خزانده با سایر پدیده‌ها است. در این پژوهش به منظور برآورد شدت خشکسالی از دو شاخص خشکسالی RDI و SPI در بازه زمانی سالانه استفاده شد. بر اساس نتایج پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI، در سال‌های آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ شدیدترین خشکسالی و در سال‌های آبی ۱۹۹۵-۱۹۹۶، ۱۹۹۴-۱۹۹۵ و ۲۰۰۱-۲۰۰۲ بیشترین میزان بارندگی و ترسالی در منطقه مورد مطالعه اتفاق افتاده است. مقایسه شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI و همچنین نتایج همبستگی تیپ‌های مختلف گیاهی با این شاخص‌ها نشان داد که شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI در ارزیابی شدت‌های خشکسالی‌ها در منطقه مورد مطالعه تفاوت چندانی ندارند. با این حال باید توجه داشت عدم نیاز شاخص SPI به داده‌های تبخیر و تعرق پتانسیل و در نتیجه افزایش تعداد ایستگاه‌های هواشناسی در درون‌یابی و پهنه‌بندی این شاخص باعث می‌شود که نتایج پهنه‌بندی این شاخص با شاخص RDI متفاوت باشد. شاخص خشکسالی SPI با توجه به سادگی و فراگیر بودن و همچنین عدم نیاز به محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در پایش و پهنه‌بندی خشکسالی دارای نتایج مطلوبی است. در پژوهشی نیز شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI برای تحلیل

تفاوت معنی‌داری میان دو شاخص در ارزیابی خشکسالی وجود ندارد [۲۸]. با توجه به نتایج، بین تغییرات شاخص‌های خشکسالی RDI و SPI سالانه با میانگین NDVI در فصل بهار و تابستان و همچنین میانگین NDVI سالانه در بیشتر تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه، همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد. این موضوع قابلیت استفاده از فناوری سنجش از راه دور و شاخص‌های پوشش گیاهی را در پایش خشکسالی‌های هواشناسی نشان می‌دهد. مطالعه‌ی اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS نیز نشان داد که بین میانگین شاخص‌های NDVI و SPI همبستگی در سطح معنی‌داری یک درصد وجود دارد [۱۹]. نتایج بررسی ارتباط شاخص‌های NDVI، VHI، TCI و VCI با شاخص شاخص خشکسالی SPI در منطقه خشک آریزونا و نیومکزیکو و نیز منطقه مرطوب کارولینای شمالی و جنوبی نشان داد که شاخص VHI برای برآورد خشکسالی مناسب می‌باشد [۲۴]. نتایج پایش خشکسالی‌های در منطقه چتیسگر هند با استفاده از شاخص‌های مختلف سنجش از دور نشان داد که شاخص‌های سنجش از راه دور کارآیی مناسبی در پایش خشکسالی دارند [۲۰]. نسبت پوشش گیاهی زنده، پوشش گیاهی غیرزنده و اجزای فیزیکی (سنگ، سنگریزه و خاک) سه جزء مهم

تعیین کننده بازتابش پوشش گیاهی هستند که در این بین، پوشش گیاهی زنده از اهمیت زیادی برخوردار است [۸]. مقدار بازتابش از پوشش زنده به مقدار آب، ساختمان سلول، مقدار کلروفیل و ساختمان گیاه بستگی دارد [۷]. با کاهش میزان بارندگی و وقوع خشکسالی، فعالیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه کاهش بازتاب گیاهان را به دنبال خواهد داشت [۲۷]. به طوری که در فصول مختلف میزان بازتابش گیاهان در باندهای طیفی مرئی و مادون قرمز متفاوت است که این امر نیز تغییرات شاخص گیاهی NDVI را به دنبال خواهد داشت. در این پژوهش نوسان زیادی در میزان همبستگی شاخص NDVI با شاخص‌های خشکسالی مشاهده گردید که در مورد تیپ‌های گیاهی مختلف بسته به نوع گونه و شکل رویشی و همچنین سایر گونه‌های همراه متفاوت بود.

با توجه به نقشه همبستگی پوشش‌های گیاهی مختلف با شاخص‌های خشکسالی مشخص می‌شود میزان همبستگی تابعی از تغییرات توپوگرافی منطقه و میزان بارش و همچنین نوع و شکل رویشی گونه گیاهی است. در منطقه مورد مطالعه عامل اصلی تغییرات میزان همبستگی تیپ‌های گیاهی مختلف با خشکسالی، تغییرات توپوگرافی منطقه (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب) است. این عامل منجر به تغییرات شرایط اقلیمی (بارندگی، شدت تابش، دما) و ویژگی‌های خاک منطقه می‌شود. این افزایش بارندگی و تغییرات توپولوژیکی منجر به افزایش میزان پوشش گیاهی و همچنین تغییر شکل رویشی و نوع گونه گیاهی می‌شود. بنابراین، مناطق کم ارتفاع عموماً شامل گونه‌های خشبی و چوبی می‌باشد. با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان بارش افزایش و دما کاهش می‌یابد که این امر منجر به تغییر شکل رویشی و حضور بیشتر گیاهان علفی خواهد شد. از طرفی در مناطق کم ارتفاع گونه‌های مقاوم به خشکی (نظیر انواع گونه‌های جنس سالسولا، گز، تاغ و ...) حضور دارند که نسبت به کمبود بارش و دوره‌های خشکسالی مقاوم هستند. در پژوهشی با بررسی تاثیر بارش در تغییرات پوشش گیاهی در چهار تیپ مرتعی و یک تیپ جنگلی ثابت شد که میزان تأثیر بارش در تیپ‌های مورد مطالعه، بسته به شکل رویشی و شرایط اکولوژیکی مناطق مورد مطالعه، با یکدیگر متفاوت

است [۸]. پژوهش‌های دیگر در این زمینه شکل رویشی و نوع گونه گیاهی را عامل مؤثری در تأثیرپذیری پوشش گیاهی از بارندگی می‌دانند [۱ و ۱۰]. نتایج پژوهش‌های دیگر در این زمینه مشخص کرد که حساسیت مناطق علفزار نسبت به تغییرات بارندگی نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی بیشتر است [۱۴ و ۲۲].

گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای در مناطق بیابانی قابلیت بسیار بالایی در مقابل خشکی دارند [۱۶]. گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای به دلیل داشتن ساختمان چوبی و ریشه‌های عمیق نسبت به گیاهان یکساله و پوشش‌های گیاهی فورب و گراس از مقاومت بیشتری نسبت به دوره‌های خشکی برخوردار هستند. بررسی تغییرات جوامع گیاهی مختلف در ارتباط با شرایط آب و هوایی در چین نشان داد که گیاهان بوته‌ای، به دلیل قابلیت جذب آب از لایه‌های مختلف خاک، نسبت به گیاهان علفی حساسیت کمتری در مقابل خشکی از خود نشان می‌دهند و نیز گیاهان چوبی نسبت به گیاهان بوته‌ای حساسیت کمتری دارند [۲۱]. در پژوهشی دیگر نیز رابطه نوسانات بارندگی و تغییرات پوشش گیاهی در دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ در بخشی از مراتع استان یزد بررسی شد. نتایج نشان داد تیپ‌های گیاهی فورب و گراس نسبت به تیپ‌های بوته‌زار، درختی و درختچه‌ای نسبت به نوسانات بارندگی همبستگی بیشتری دارند [۹]. هر چند شکل رویشی غالب در منطقه مورد مطالعه شامل گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای است، با این حال همبستگی متفاوت بین تیپ‌های گیاهی ناشی از حضور گونه‌های همراه نظیر انواع گونه‌های گیاهی یکساله و گراس‌ها و فورب‌های چند ساله می‌باشد که نسبت به دوره‌های خشکسالی و ترسالی حساسیت بالاتری دارند. به عنوان مثال، در تیپ گیاهی *Am.sc - Ac.ci - Pi.at* هر چند گونه‌های غالب شامل گیاهان درختی و درختچه‌ای است، با این حال نسبت به دوره‌های خشکسالی و ترسالی همبستگی بالایی را نشان داد. علت امر وجود پوشش زیر اشکوب درختان در این منطقه است. به طوری که اغلب دارای ریشه‌های کوتاه‌تر هستند و نسبت به تغییرات بارندگی حساسیت بالاتری دارند.



های خشکسالی دارد. همچنین با کمک این شاخص‌ها می‌توان برای کاهش خسارات ناشی از خشکسالی در عرصه‌های طبیعی به ویژه مدیریت مراتع در هنگام وقوع خشکسالی برنامه‌ریزی نمود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص گیاهی NDVI سنجنده MODIS و شاخص‌های خشکسالی هواشناسی کارآیی بسیار خوبی را در تعیین مناطق و پوشش های گیاهی حساس و آسیب‌پذیر در دوره

## References

- [1]. Chamaille-jammes, S., & Fritz, H. (2009). Precipitation-NDVI relationships in eastern and southern african savannas vary along a precipitation gradient. *International Journal of Remote Sensing*, 30 (13): 3409-3422.
- [2]. Chenari, M. (2005). Investigation on variation of some drought indices using markov chain in south alborz climate's samples. Tehran University. M.Sc. Thesis, 159p, (in Farsi).
- [3]. Dutta, D., Kundu, A., Patel, N.R., Saha, S.K., & Siddiqui, A.R. (2015). Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18; 53-63.
- [4]. Fatehi marj, A., & Baghernia, M. (2011). Rangeland drought monitoring using MODIS satellite images in west of iran for 2007-2009. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 5(16); 13-22, (in Farsi).
- [5]. Frey, R.A., Ackerman, S.A., Liu, Y., Strabala, K.I., Zhang, H., Key, J.R., & Wang, X. (2008). Cloud detection with MODIS. Part I: Improvements in the MODIS cloud mask for collection 5. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 25:1057-1072.
- [6]. Ghafarian Malamiri, H.R. (2015). Reconstruction of gap-free time series satellite observations of land surface temperature to model spectral soil thermal admittance (Doctoral dissertation), Technische Universiteit Delft, The Netherlands.
- [7]. Goldsmith, F.B. (1991). *Monitoring for Conservation and Ecology*. Chapman and Hall, London. 275p.
- [8]. Hadian, F., Jafari R., Bashari, H., & Soltani, S. (2014). Monitoring the effects of precipitation on vegetation cover changes using remote sensing techniques in 12 years period (Case study: Semirom Isfahan). *Journal of Range and Watershed Management*, 66 (4): 621-633, (in Farsi).
- [9]. Hosseini, S.Z., Kappas, M., & Propastin, P. (2011). Estimating relationship between vegetation dynamic and precipitation in central iran. Toledo, Spain.
- [10]. Jagerbrand, A.K., Molau, U., Alatalo, J.M., & Chrimes, D. (2009). Plant community responses to 5 years of simulated climate change in meadow and heath ecosystems at a subarctic-alpine site. *Oecologia*, 161: 601-610.
- [11]. Jahanbakhsh, S., Rezaee Banafshe, M., Esmaelpour M., & Tadayoni, M. (2012). The evaluation of potential evapotranspiration estimation models and Its spatial distribution in the southern basin of Aras river. *Journal of Geogheraphy & Planning*, 16 (40): 25-46, (in Farsi).
- [12]. Jalali, N., & Khalilpor, A. (2009). Identification of spatial extent of extreme droughts and their impact on forests and rangelands in Iran during 1995-2001 using rainfall data and satellite images. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 61(1): 211-223, (in Farsi).
- [13]. Kogan, F.N. (2000). Contribution of remote sensing to drought early warning, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Environmental satellite Data and Information services (NESDIS), Washigton DC. U.S.A. pp 86-100.
- [14]. Liang, E.Y., Shao, X.M., & He, J.C. (2005). Relationships between tree growth and NDVI of grassland in the semiarid grassland of north China. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (13):2901-2908.
- [15]. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (12): 2365-2407.
- [16]. Mayhew, W. W. (1965). Adaptations of the Amphibian, *Scaphiopus couchi*, to Desert

- Conditions, *American Midland Naturalist*, 74(1): 95-109.
- [17]. McKee, T.B., Doesken, N.Y. & Kleist, J.Y. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society: Anaheim, CA, 174-184.
- [18]. Mesdaghi, M. (2010). Raga management in Iran. Astane ghods publications, Mashhad. 336p, (in Farsi).
- [19]. Mirmousavi, S.H., & Karimi, H. (2013). Effect of drought on vegetation cover using MODIS sensing images case: Kurdistan Province. *Geography and Development*, 11 (31): 57-76, (in Farsi).
- [20]. Mukherjee, T., Mukherjee, S., Mukhopadhaya, A., Roy, A.K., & Dutta, S. (2014). Drought monitoring of chhattisgarh using different indices based on remote sensing data. *Climate Change and Biodiversity*, 1: 85-101.
- [21]. Peixi, S., Hongbin, C., & Qiaodi, Y. (2008). Plant community characteristics and their relationships with climate in the Hexi Corridor region of northwestern China. *Frontiers of Forestry in China*, 3(4): 393-400.
- [22]. Propastin, P.A., Kappas, M., Erasmi, S., & Muratova, N.R. (2007). Remote sensing based study on intra-annual dynamics of vegetation and climate in drylands of kazakhstan. *Basic and Applied Dryland Research*, 1(2): 138-154.
- [23]. Rezaeimoghadam, M.H., Valizadeh kamran, KH., Rostamizade, H. & Rezaee, A. (2013). Evaluating the adequacy of MODIS in the assessment of drought (Case study: Urmia Lake Basin). *Geography and Environmental Sustainability*, 2 (5): 37-52, (in Farsi).
- [24]. Rhee, J., Im, J., & Carbone, G. (2010). Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data, *Remote Sensing of Environment*, 114 (12): 2875-2887.
- [25]. Roerink, G.J., & Menenti, M. & Verhoef, W. (2000). Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. *International Journal of Remote Sensing*, 21: 1911-1917.
- [26]. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309-317.
- [27]. Scanlon, T.M., Albertson, J.D., Caylor, K.K., & Williams, C.A. (2002). Determining land surface fractional cover from NDVI and rainfall time series for a savanna ecosystem. *Remote Sensing of Environment*, 82: 376-388.
- [28]. Shokoohi, A. 2012. Comparison of SPI and RDI in drought analysis at local scale with emphasizing on agricultural drought (Case study: Qazvin and Takestan). *Iranian of irrigation water engineering*, 3(9): 111-122, (in Farsi).
- [29]. Zare khormizie, H., Hosseini, S.Z., Mokhtari, M.H., Ghafarian Malamiri, H.R. (2017). Reconstruction of MODIS NDVI time series using harmonic analysis of time series algorithm (HANTS). *Spatial Planning*. 21(3): 221-255, (in Farsi).

## Analysis of relationship between drought and NDVI variations in different vegetation types (Case study: Southern rangelands of Yazd province)

- 1- H. Zare Khormizie, MSc Student of Range Management, College of Natural Resources and Desert, Yazd University, Yazd, Iran
- 2- S. Z. Hosseini, Assistant Professor, College of Natural Resources and Desert, Yazd University, Yazd, Iran  
zhosseini@yazd.ac.ir
- 3- M. H. Mokhtari, Assistant Professor, College of Natural Resources and Desert, Yazd University, Yazd, Iran
- 4- H. R. Ghafarian Malamiri, Assistant Professor, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 09 Jan 2017

Accepted: 02 Feb 2018

### Abstract

Drought can be caused by reducing rainfall and/or increasing temperature. Drought has negative impact on water resources and vegetation, accelerates the desertification. In order to investigate the relationship between annual droughts and vegetation changes in southern part of the Yazd province, meteorological drought indices and remote sensing technology were employed. Firstly, annual drought intensities were determined using SPI and RDI indices. Five interpolation methods have been investigated and compared for drought zoning. In the next step, mean annual and seasonal NDVI were calculated using time series of MODIS images of 2000 to 2014 years. Then, relationship between drought indices and NDVI in 16 vegetation types were determined. According to the results, the drought intensity of the study area during time span of 1999-2000 and 2007-2008 were moderate and very high, respectively. Analyzing of correlation between NDVI and drought indices in different vegetation types indicates a significant correlation between annual, spring, and summer NDVI in most of the vegetation types ( $P < 0.01$ ). Coefficient of determination ( $R^2$ ) between annual variations of NDVI and annual SPI was obtained in *Artemisia sieberi-Ebenus stellata*, *Zygophyllum eurypterum-Artemisia sieberi*, *Artemisia sieberi - Amygdalus scoparia* and *Amygdalus scoparia-Acer cineracens-Pistacia atlantica* vegetation type with  $R^2 = 0.75, 0.68, 0.65$  and  $0.63$ , respectively. So, in these plant types, 75, 68, 65 and 63 percent of variations of the annual NDVI index are in order subject to changes in the SPI drought index. Moreover, depending on ecological condition, species type, life forms, and accompany species; effect of drought on vegetation types is different.

**Keywords:** Correlation; SPI; RDI; Arid land; Yazd.



## راهنمای نگارش مقاله برای نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم

رعایت شیوه نامه زیر در نگارش مقاله‌های ارسالی ضروری است.

- نوع مقاله: مقاله‌های پژوهشی در یکی از زمینه‌های منابع طبیعی، محیط زیست، کشاورزی و مسائل اقتصادی - اجتماعی اکوسیستم‌های مناطق خشک و بیابانی که به زبان فارسی نوشته شده و برای نخستین بار منتشر می‌شوند، جهت چاپ در نشریه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.
- 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 (ثابت همراه) نویسنده (گان) می‌باشد که به فارسی و لاتین نوشته شده و به همراه نشانی پست الکترونیک نویسنده عهده‌دار مکاتبات روی صفحه جداگانه‌ای ارائه می‌شود.

۲- عنوان مقاله: عنوان باید کوتاه و جامع بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. عنوان در ابتدا و وسط صفحه اول و در زیر آن، نام، نام خانوادگی و مرتبه علمی و محل خدمت نگارنده (گان) 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 و ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده خودداری شود.

۴- واژگان کلیدی: حداکثر ۶ کلمه به ترتیب اولویت و با (؛) از هم جدا و معادل خارجی آن‌ها نیز در زیر چکیده انگلیسی مقاله و به همان ترتیب درج شود.

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

۶- مواد و روش‌ها: شامل مواد و وسایل به کار رفته، شرح کامل روش‌ها و چگونگی اجرای پژوهش، مشخصات منطقه مورد مطالعه، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است.

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 برگزیده جمع‌بندی خلاصه نتایج با توجه به هدف بررسی بوده و دست‌آوردها با توجه به یافته‌های سایر پژوهش‌ها، تجزیه و تحلیل شده و درباره آنها بحث و نتیجه‌گیری به عمل می‌آید. نگارنده (گان) در این قسمت می‌تواند توصیه‌ها و پیشنهادهای لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند.

۹- سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود (اختیاری).

۱۰- منابع:

الف- منابع داخل متن:

ارجاع به منابع در متن، به صورت شماره رفرنس‌ها باشد و بایستی رفرنس‌های به ترتیب حروف الفبای انگلیسی تنظیم و سپس شماره گذاری در داخل متن انجام گردد (از ارجاع به صورت نام خانوادگی در داخل متن خودداری شود).

- دقت شود تمامی منابع ارجاع شده در متن باید در منابع ذکر شده باشند، و برعکس؛ یعنی، تمامی منابع درج شده در فهرست منابع باید در متن ارجاع داشته باشند، در غیر این صورت از فهرست منابع حذف می‌شوند.

ب- منابع انتهایی متن:

تمامی منابع بایستی با توجه به حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول (یا سازمان مربوطه در صورتی که فاقد نگارنده باشد) به ترتیب حروف الفبای انگلیسی (A, B, ..., Z) تنظیم شوند.

از آوردن واژگان به صورت مخفف (مانند J. به جای Sci Journal، به جای Uni. Science، به جای University و ...) پرهیز شود.

در انتهایی منابع فارسی بایستی عبارت in Farsi در داخل پرانتز اضافه گردد. مثال: (in Farsi).

چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آن‌ها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است.

در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آن‌ها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب می‌شود.

از به کارگیری عبارت et al. به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و تمامی نویسندگان به ترتیب موجود در منبع مورد نظر همراه با نام کامل خانوادگی و حرف اول نام با ویرگول و آخرین نام با & آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). نام کتاب. محل انتشار: ناشر.

Author, A. A., & Author, B. B. (2013). Title of book. Location: Publisher.

✓ کتاب ترجمه شده: نام خانوادگی مؤلف، حرف اول نام مؤلف. (سال ترجمه). نام کتاب. نام خانوادگی و حرف اول نام مترجم، محل انتشار: ناشر.

✓ مقاله: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). عنوان مقاله. نام نشریه، شماره جلد (شماره پیاپی)، صفحات مقاله.

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (2013). Title of article. Title of Journal, volume, page-numbers.

✓ پایان نامه: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال دفاع). عنوان پایان نامه. مقطع، نام دانشکده، نام دانشگاه.

چگونگی ترجمه منابع فارسی به نگلیسی و رعایت نقطه، ویرگول و فاصله بین کاراکترها در مثال زیر نشان داده شده است:  
حمیدرضا مرادی، محمدرضا فاضلپور، سید حمیدرضا صادقی و سید زین‌العابدین حسینی. (۱۳۸۷). بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان‌زایی محدوده شهر اردکان با استفاده از سنجش دور، نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۱)، ۱-۱۲.

Moradi, H. R., Fazelpor, M.R., Sadeghi, H. R. &Hossini, Z. (2008). The study of land use change on desertification using remote sensing in Ardakan area, Iranian Journal of Range and Desert Researches, 15(1), 1-12, (in Farsi).

✓ منابع اینترنت: نام سایت، عنوان مطلب. تاریخ، آدرس کامل محل دسترسی به اطلاعات.

Author, A. A. (2013). 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 2012and 2013Academic Years. Retrieved February 9, 2012, from[http://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship\\_ethics/index.html](http://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship_ethics/index.html)

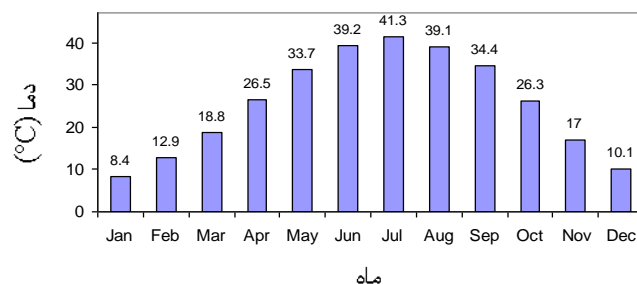
۱۱- برگ چکیده به لاتین: چکیده مقاله به زبان انگلیسی به همراه برگردان کامل عنوان، حرف اول نام، نام خانوادگی، سمت و آدرس نویسنده(گان)، روی صفحه جداگانه ارائه شود.

● شیوه نگارش: مقاله در سه نسخه روی کاغذ A4 (یک رو) با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلی‌متر و راست و چپ ۲۰ میلی‌متر به صورت تک ستونی تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) بوده و حجم مقاله نباید از ۱۵ صفحه چاپی به قطع نشریه تجاوز نماید (با در نظر گرفتن محل جداول، اشکال، نتایج، فهرست منابع). از به کار بردن کلمات انگلیسی که معادل آنها در فارسی موجود است، در داخل متن اجتناب کرده 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 11	واژگان کلیدی فارسی	B Nazanin 14-Bold	عنوان فارسی مقاله
Times New Roman 12	واژگان کلیدی لاتین	Times New Roman 14	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 11	اسامی لاتین نویسندگان
B Nazanin 11	عنوان جدول‌ها و شکل	B Nazanin 13- Bold	عناوین فرعی متن فارسی
Times New Roman 12	منابع	B Nazanin 11	متن چکیده فارسی
Times New Roman 11- Italic	نام‌های علمی	Times New Roman 12	متن چکیده لاتین
Times New Roman 9	پاورقی لاتین	B Nazanin 10	پاورقی فارسی

● 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 (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 به صورت سیاه و سفید و با کیفیت مطلوب بوده و عنوان آن‌ها در پایین بیاید. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. در تهیه نقشه‌ها به جای رنگ از علامت (نماد) استفاده گردد. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها (تحت Tiff, JPEG, Excel یا PDF) بایستی حتماً ارائه گردد. در صورت امکان جدول‌ها، نمودارها و شکل‌ها، در یک ستون صفحه قرار گرفته و محتوا و عناوین، فارسی نام‌گذاری شود. شکل‌ها و جدول‌ها مطابق نمونه بدون کادر تنظیم شود.



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر نشریه خشک بوم.

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر نشریه خشک بوم

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

● معادلات باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره‌گذاری شوند. شماره معادلات باید در انتهای سمت راست هر ستون و در امتداد خط حاوی معادلات در داخل پرانتز قید شود.

$$\text{مثال: (۱)} \quad d = 17h \left( \frac{V_m}{V} \right) \cos \theta \quad \text{که در آن: } d: \text{ نام عامل (واحد)}$$

- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) باشد.
- مقالات بایستی با نرم افزار Word 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 صفحات دیگر آیند.
- 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.
- ارسال تعهدنامه مبنی بر (۱) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (۲) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریات تا تعیین تکلیف در این نشریه و (۳) اطلاع تمامی نویسندگان از ارسال مقاله به دفتر نشریه الزامی است.

آخرین اصلاحات راهنمای نگارش مقاله در سایت دانشگاه یزد، بخش نشریات، قابل دسترسی است.

<http://aridbiom.yazd.ac.ir>







# خشک بوم

دو فصلنامه علمی - پژوهشی



## برگ درخواست اشتراک دو فصلنامه خشک بوم

خواهشمند است برای اشتراک، این برگ را به همراه اصل فیش بانکی به نشانی دفتر نشریه ارسال فرمایید.

شماره حساب به منظور واریز وجه: جاری ۷۸۷۴۰۵۹۰۱۷ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد (کد شعبه: ۲۰۰۷۵) به نام فعالیت های فوق برنامه دانشگاه یزد (قابل پرداخت در تمامی شعب بانک تجارت سراسر کشور).

نام: ..... نام خانوادگی: ..... شغل: .....  
میزان تحصیلات: ..... کدپستی: ..... تلفن: .....  
نشانی دقیق: .....  
.....  
برای اشتراک نشریه از شماره پیاپی: ..... تا شماره پیاپی: ..... مبلغ پرداختی: .....

امضاء

حق اشتراک یک ساله دو فصلنامه (۲ شماره) ۶۰۰۰۰ ریال

یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، خیابان پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی

صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵ تلفن: ۸۲۱۰۶۹۸-۰۳۵۱ دورنگار: ۸۲۱۰۶۹۸-۰۳۵۱

پست الکترونیک: [aridlandj@yazd.ac.ir](mailto:aridlandj@yazd.ac.ir)

پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد



In the name of God

**Arid Biome  
Scientific and Research Journal**



Yazd University

Published by: Yazd University

**Editor-in-Chief:**

**Dr. Mohammad Reza Ekhtesasi**

Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

**Manager-in-Charge:**

**Dr. Hamid Reza Azimzadeh**

Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

**Editorial Board:**

**Hossein Azarnivand**

Professor, University of Tehran

**Mohammad Reza Ekhtesasi**

Professor, Yazd University

**Naser Baghestani Meibodi**

Associate Professor, Research Institute of Natural Resources & Agriculture, Yazd

**Majid Karim Poorreihan**

Associate Professor, International Desert Research Center

**Sayed Jamaladdin Khajaddin**

Professor, Isfahan University of Technology

**Mahmoud Habibnejad**

Associate Professor, Mazandaran University

**Hasan Roohipoor**

Associate Professor, Research Institute of Forests & Rangelands

**Igor Savin**

Associate Professor, Russian Academic of Sciences.

**Sadat Feiznia**

Professor, University of Tehran

**Ahmad Ghanbari**

Professor, Zabol University

**Mohammad Galavi**

Professor, Zabol University

**Jahangard Mohammadi**

Professor, Shahrekord University

**Seyyed Ali Mohammad Mirmohammadi Meibodi**

Professor, Isfahan University of Technology

**Editor:** Dr. Mohammad Zare, Assistant Professor, Yazd University

**Administrative Manager:** Dr. Mohammad Hosein Mokhtari, Yazd University

**Executive Secretary:** Dr. Mohammad Amin Asadi, Yazd University

**Page setting and Computerize editor:** Elham Ardakani

**Print Supervisor:** Yazd University

Arid Lands & Desert Research Institute (ADRI)  
P.O. Box: 89195-741, Yazd University, I. R. Iran  
Tel/Fax: +98 (351) 8210698  
E-mail: aridlandj@yazd.ac.ir