

ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرماي رقم کبکاب (*Phoenix dactylifera L. cv Kabkob*) در استان بوشهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

* حجت دیالمی^۱، جواد گیوی^۲، مهدی نادری خوراسگانی^۳، روح‌اله تقی‌زاده مهرجردی^۳
و محمود احمدپور بران‌جانی^۴

^۱دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، ^۲دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد،

^۳استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه اردکان، ^۴استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: یکی از راه‌های شناسایی ظرفیت تولید اراضی و انتخاب کاربری متناسب با آن، انجام ارزیابی تناسب اراضی است. برای این منظور باید، ابتدا معیارهای اقلیمی و خصوصیات خاک تأثیرگذار در تولید، شناسایی شوند. همچنین با توجه به تنوع و عدم تساوی درجه اهمیت این معیارها، اولویت‌بندی آن‌ها کاری ضروری است. این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای تأثیرگذار در تولید خرما و ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرماي رقم کبکاب در استان بوشهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: ابتدا زیرمعیارهای اقلیمی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیرگذار در تولید محصول خرما، با استفاده از بررسی منابع علمی و انجام مطالعات خاکشناسی در مناطق مورد مطالعه، شناسایی و تعیین شدند. سپس ماتریس مقایسات زوجی در قالب روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تشکیل و براساس دیدگاه و نظر کارشناسان خبره، درجه اهمیت نسبی این زیرمعیارها تعیین گردید. در مرحله بعد وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارها با استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی محاسبه و بر اساس آن، اولویت‌بندی آن‌ها انجام گرفت و در نهایت کلاس‌های کیفی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرماي رقم کبکاب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مهم‌ترین زیرمعیارهای اقلیمی تأثیرگذار در تولید محصول خرما عبارتند از: طول فصل خشک، تعداد روزهای با بارندگی بیش از ۵ میلی‌متر در مرحله رسیدگی میوه، میانگین دما طی سیکل رشد، گل‌دهی و رسیدگی میوه، مجموع نیاز گرمایی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی میوه، میانگین رطوبت نسبی سیکل رشد و تشکیل میوه، میانگین ساعات آفتابی و تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه طی سیکل رشد. همچنین نتایج اولویت‌بندی زیرمعیارهای اقلیمی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، نشان داد در بین عوامل اقلیمی تأثیرگذار در ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت خرما، میانگین دمای مرحله گل‌دهی با وزن نسبی ۰/۱۶۱ و تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه طی مرحله سیکل رشد با وزن نسبی ۰/۰۸ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درجه اهمیت می‌باشند. نتایج بررسی منابع علمی و انجام مطالعه خاکشناسی در مناطق مورد

* مسئول مکاتبه: dialamy-s@yahoo.com

مطالعه، برای شناسایی زیرمعیارهای مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر تولید خرما، نشان داد مهم‌ترین این زیرمعیارها، عبارتند از: بافت خاک، میزان آهک، میزان گچ، اسیدیته، میزان کربن آلی، میزان پتاسیم قابل جذب، شوری و قلیائیت (نسبت جذب سدیم) و بر اساس نتایج اولویت‌بندی زیرمعیارهای خاک، شوری با وزن نسبی ۰/۲۷ و میزان گچ با وزن نسبی ۰/۰۴۱ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درجه اهمیت می‌باشند. نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استفاده از روش AHP، نشان می‌دهد ۷۵ درصد مناطق مورد مطالعه در استان بوشهر برای کاشت نخل خرما رقم کبکاب، خیلی مناسب بوده و در کلاس تناسب S₁ و ۲۵ درصد نسبتاً مناسب بوده و در کلاس تناسب S₂ قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش، توصیه می‌شود در انتخاب مکان مناسب کاشت نخل خرما به عوامل دما در طی مرحله گل‌دهی و شوری خاک، اهمیت و توجه زیادی داده شود.

واژه‌های کلیدی: نخل خرما، تناسب اراضی، تحلیل سلسله‌مراتبی، اولویت‌بندی

مقدمه

سلسله‌مراتبی، مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر در کشت جو را شناسایی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد اقلیم، شیب، پستی و بلندی، میزان قطعات درشت سنگ، بافت، میزان آهک، میزان گچ، واکنش خاک (pH) و کربن آلی از تأثیرگذارترین عوامل مؤثر بر تولید محصول در منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین نتایج اولویت‌بندی معیارها با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، نشان داد اقلیم با وزن ۰/۳۳۱ و میزان گچ با وزن ۰/۰۰۵ به ترتیب، بیش‌ترین و کم‌ترین درجه اهمیت را به خود اختصاص دادند (۲۸). محمدرضایی و همکاران (۲۰۱۴) با پژوهش بر روی اولویت‌بندی معیارهای مورد نیاز برای کشت گندم از جمله اقلیم، زهکشی، شوری، آهک، اسیدیته، بافت و عمق خاک در شهرستان ارومیه با روش تحلیل سلسله‌مراتبی، گزارش کردند معیار شوری و عمق خاک به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درجه اهمیت می‌باشند (۱۹). شاهرخ و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گلخانه‌ای خیار در مقایسه با سایر کاربری‌های موجود در منطقه مبارکه و زرین‌شهر اصفهان به کمک تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی، هفت معیار تأثیرگذار شامل تناسب خاک، تناسب اقلیم،

تعیین اولویت عوامل مؤثر بر ارزیابی و تصمیم‌گیری همواره به‌عنوان یکی از اصول اساسی برنامه‌ریزی و مدیریت به‌شمار می‌رود (۳). یکی از روش‌هایی که می‌توان از آن برای تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی عوامل بهره گرفت، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۱ می‌باشد. روش AHP یکی از جامع‌ترین شیوه‌های تحلیل‌های چندمعیاره می‌باشد که برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی مطرح و به‌دلیل توانایی و قابلیت بالا، سادگی و قابل فهم بودن و همچنین به‌کارگیری هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی برای ارزیابی عوامل مؤثر در فرآیند تصمیم‌گیری، روش مناسب و کاربردی است (۱۰). بدین ترتیب چنانچه ارزیابی تناسب اراضی به‌عنوان یک مسأله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه در نظر گرفته شود، به‌کارگیری این روش، امکان شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در ارزیابی را فراهم می‌سازد. سرمدیان و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت جو در استان قزوین (منطقه کوهین) با استفاده از روش تلفیقی سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل

1- Analytical Hierarchy Process (AHP)

اهمیت قرار گرفتند (۱۴). آتوا و فیشر (۲۰۱۰) در مطالعه اراضی مستعد کشت نارگیل در کشور غنا، هفت معیار تأثیرگذار در کشت این محصول شامل اقلیم، توپوگرافی، خاک، هیدرولوژی، حمل و نقل، کارگر قابل دسترس و نوع کاربری اراضی را شناسایی و انتخاب کردند. نتایج اولویت‌بندی این معیارها نشان داد بیش‌ترین درجه اهمیت در تعیین محل کاشت نارگیل در منطقه مورد مطالعه مربوط به معیار نوع کاربری است (۲). چانگ (۲۰۱۱) گزارش کرد در بین معیارهای مؤثر در کاشت درختان میوه (مرکبات و انبه) در کشور ویتنام، معیارهای اصلی شامل معیار اقتصادی با وزن ۰/۶۳۴ و معیار اجتماعی با وزن ۰/۰۸۶ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین اولویت در منطقه مورد مطالعه، می‌باشند (۷). نتایج مطالعه، تجزیه و تحلیل معیارهای مورد نیاز در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت موز در کشور ویتنام نشان داد معیارهای بارندگی و زهکشی با وزن ۰/۲۵۶ توأم‌اً دارای بیش‌ترین اهمیت و معیار اسیدیته خاک دارای کم‌ترین اهمیت در منطقه مورد مطالعه، می‌باشند (۱۳).

خرما به‌عنوان یک محصول استراتژیک و یک ثروت بالقوه، نقش قابل‌توجهی در اقتصاد کشور و به‌ویژه اقتصاد کشاورزان مناطق محروم دارد و زندگی بسیاری از مردم مناطق جنوب کشور به کاشت و پرورش خرما وابسته است. همچنین خرما رقیب کبکاب از مهم‌ترین ارقام تجاری بومی استان بوشهر است که با شرایط اقلیمی شهرستان‌های دشتستان و تنگستان سازگار بوده و کاشت آن در این مناطق انجام می‌شود. این رقم، حدود ۸۰ درصد کل تولید خرما استان بوشهر را شامل می‌شود (۱۷).

یکی از راه‌های شناسایی ظرفیت تولید اراضی و انتخاب کاربری متناسب با آن، ارزیابی تناسب اراضی

سودآوری ناخالص، فاصله تا بازار فروش، دسترسی به شبکه آب، عواقب زیست‌محیطی فیزیکی و عواقب زیست‌محیطی شیمیایی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد معیار تناسب اقلیم با وزن نسبی ۰/۳۳۸ بیش‌ترین درجه اهمیت و معیار فاصله تا بازار فروش با وزن نسبی ۰/۰۲۴ کم‌ترین درجه اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. در این پژوهش، نرخ سازگاری ۰/۰۹ گزارش گردید (۳۰). نتایج مطالعه شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای تأثیرگذار بر کشت زیتون در استان فارس، با روش تحلیل سلسله‌مراتبی، نشان داد در بین عوامل اقلیمی: معیارهای بارش سالیانه، درجه-روزهای رشد (GDD)، ساعات آفتابی، دمای سالیانه، دمای سردترین ماه سال (ژانویه) و رطوبت نسبی و در بین عوامل زمینی: معیارهای ارتفاع، شیب و درجه شیب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد زیتون در منطقه مورد مطالعه بوده و در مکان‌یابی کشت زیتون در این منطقه، باید به این عوامل اهمیت زیادی داده شود (۱۲). به‌منظور شناسایی مناطق مستعد کشت پسته در دشت مختاران شهرستان بیرجند، معیارهای مؤثر بر تولید شامل متوسط حداقل دمای سالیانه، متوسط حداکثر دمای سالیانه، ارتفاع، شیب، عمق خاک، شوری آب آبیاری و نوع کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج ارزیابی ضریب اهمیت معیارها به روش تحلیل سلسله‌مراتبی، بیش‌ترین وزن را معیار عمق خاک به خود اختصاص داده است. بنابراین توصیه گردید در انتخاب اراضی مستعد برای کشت پسته، بیش‌ترین اهمیت به عمق خاک داده شود (۸). جوزی و مرادی‌مجد (۲۰۱۲) با هدف ارزیابی شرایط رویشگاهی منطقه ابوالحسن شهرستان دزفول برای کاشت انار، گزارش دادند اقلیم با وزن نسبی ۰/۴۳۱ دارای بیش‌ترین اهمیت و معیارهای فیزیوگرافی، منابع آب و خاک به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۲۸۶، ۰/۲۰۸ و ۰/۰۷۱ در رتبه‌های بعدی

برای کاشت نخل خرماي رقم کبکاب در استان بوشهر با استفاده از روش AHP انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، شهرستان‌های دشتستان (بخش مرکزی - سعدآباد - شبانکاره) و تنگستان (بخش مرکزی) در استان بوشهر به عنوان یکی از استان‌های مهم تولید خرما در کشور با بیشترین سطح زیر کشت خرماي رقم کبکاب (در حدود ۲۵۰۰۰ هکتار) انتخاب گردید. موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.

است که برای انجام آن، باید، ابتدا معیارهای اقلیمی و خصوصیات خاک تأثیرگذار در تولید خرما، شناسایی و درجه اهمیت آن‌ها مشخص گردد. با توجه به این که تاکنون در زمینه تعیین درجه اهمیت و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در تولید محصول خرما و یا ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما، پژوهشی صورت نگرفته و از طرفی معیارهای مؤثر در ارزیابی فراوان بوده و بعضاً دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، بنابراین این پژوهش با هدف، شناسایی و تعیین درجه اهمیت و وزن معیارهای مؤثر در تولید محصول خرما و در نهایت تعیین کلاس‌های کیفی تناسب اراضی

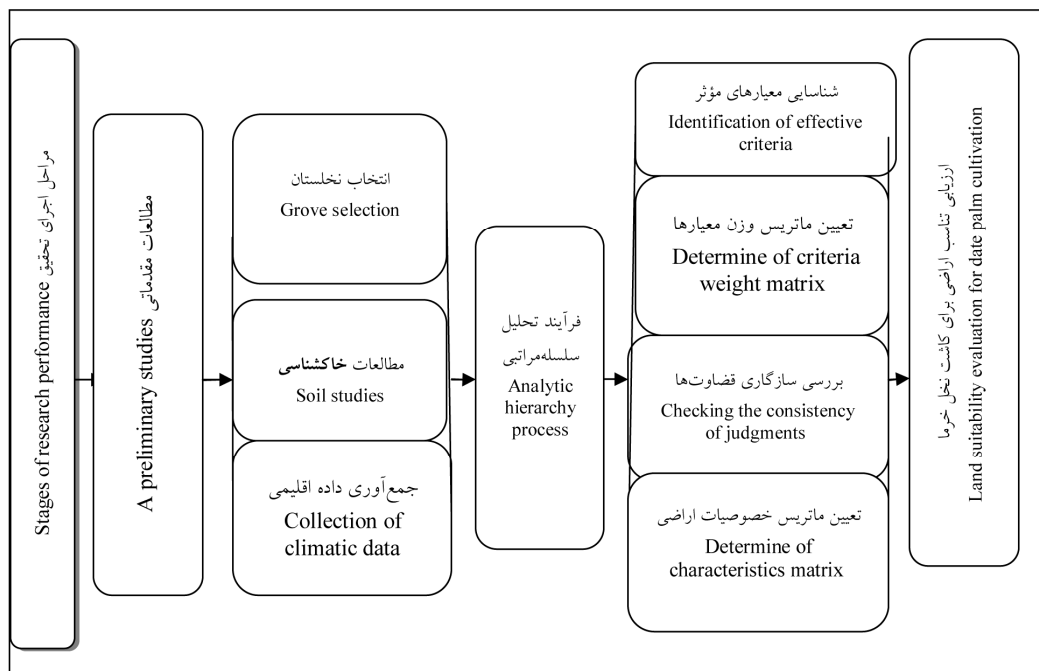


شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه.

Figure 1. Location of studied area.

آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. حداقل دما در زمستان حدود ۶ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن در فصل گرما حدود ۴۰ الی ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمای میانگین سالانه آن حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. مراحل اجرای پژوهش: مراحل اجرای پژوهش که به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده، به شرح زیر است:

شهرستان دشتستان: این شهرستان ۷۲ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. مطابق با آمار طولانی‌مدت هواشناسی، دمای دشتستان بین ۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد در طول سال متغیر است و متوسط درجه حرارت سالیانه هوا ۲۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. شهرستان تنگستان: این شهرستان به مرکزیت شهر اهرم، ۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا دارد. شهر اهرم دارای



شکل ۲- مراحل اجرای پژوهش.

Figure 2. Stages of research performance.

ایستگاه برازجان) برای یک دوره ۲۰ ساله از طریق سازمان هواشناسی تهیه گردید. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی: این فرآیند در چهار مرحله انجام گردید:

الف- شناسایی عوامل مؤثر: در این مرحله، بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از مطالعه و بررسی منابع علمی (۲۶ و ۳۵) و نتایج حاصل از مطالعات خاکشناسی در مناطق مورد مطالعه، عوامل تأثیرگذار بر تولید محصول خرما، رقم کبکاب، شامل زیرمعیارهای اقلیمی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شناسایی و انتخاب شدند. انتخاب این زیرمعیارها بر اساس نیازهای رویشی نخل خرما انجام گرفت.

ب- تعیین ماتریس وزن زیرمعیارها (W): به‌منظور تعیین وزن زیرمعیارها و نشان دادن میزان تأثیر هر یک از آنها بر ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما، ابتدا ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارها تهیه گردید. سپس بر اساس جدول امتیازدهی به عوامل بر اساس برتری، ارائه‌شده توسط ساعتی (جدول ۱)،

مطالعات مقدماتی: با توجه به اهداف مطالعه، پس از بازدیدهای صحرائی، تعداد ۵۹ نقطه مطالعاتی (نخلستان‌های دارای خرما، رقم کبکاب) در استان بوشهر انتخاب شدند. سپس در هر نقطه یک خاک‌رخ تا عمق ۱/۵ متری حفر و تشریح (۲۹) گردید. به‌منظور انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی، از هر افق خاک‌رخ، یک نمونه برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی طبق دستورالعمل‌های استاندارد آزمایشگاهی روی آنها انجام گردید. بافت خاک به روش هیدرومتر (۵)، واکنش خاک (pH) در گل اشباع (۲۳)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره گل اشباع (۲۳)، کربن آلی به روش اکسایش تر (۳۳)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیترا با سود (۲۰)، گچ به روش استون (۲۵) و پتاسیم قابل‌جذب به روش استات آمونیم ۱ مولار با $pH=7$ (۱۵) تعیین شدند. همچنین آمار و اطلاعات هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک منطقه

(۲۷). اقدام به درجه‌بندی نسبی برتری‌ها برای هر دو زیرمعیار گردید. پس از تعیین درجه اهمیت زیرمعیارهای مؤثر در رشد نخل خرما، در مرحله بعد اقدام به محاسبه اوزان نسبی زیرمعیارها در نرم‌افزار اکسل گردید.

اهمیت هر زیرمعیار و برتری آن نسبت به دیگر زیرمعیارها توسط کارشناسان خبره مؤسسه تحقیقات خرما تعیین گردید. در روش مقایسات زوجی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و بر اساس مقیاس ۹ نقطه‌ای

جدول ۱- امتیازدهی به عوامل بر اساس برتری به صورت مقایسات زوجی.

Table 1. The Saaty scale was used for pairwise comparison matrix (Saaty, 1980).

شدت اهمیت Intensity of importance	تعریف Definition
1	اهمیت برابر Equal importance
2	اهمیت برابر تا متوسط Equal to moderate importance
3	اهمیت متوسط Moderate importance
4	اهمیت متوسط تا قوی Moderate to strong importance
5	اهمیت قوی Strong importance
6	اهمیت قوی تا خیلی قوی Strong to very strong importance
7	اهمیت خیلی قوی Very strong importance
8	اهمیت خیلی قوی تا به شدت قوی Very to extremely importance
9	اهمیت به شدت قوی Extreme importance

مراحل محاسبه اوزان نسبی زیرمعیارها عبارتند از: (۱) مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسات زوجی با هم جمع شدند. (۲) هر مؤلفه در ماتریس مقایسات زوجی را بر جمع ستون‌های خودش تقسیم کرده تا ماتریس نرمال شود (جمع هر ستون در ماتریس نرمال برابر یک است). (۳) مقدار میانگین حسابی عناصر در هر سطر از ماتریس نرمال محاسبه شد. این مقادیر متوسط، تعیین‌کننده وزن نسبی زیرمعیارهای موردنظر است (۴).

مراحل محاسبه اوزان نسبی زیرمعیارها عبارتند از: (۱) مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسات زوجی با هم جمع شدند. (۲) هر مؤلفه در ماتریس مقایسات زوجی را بر جمع ستون‌های خودش تقسیم کرده تا ماتریس نرمال شود (جمع هر ستون در ماتریس نرمال برابر یک است). (۳) مقدار میانگین حسابی عناصر در هر سطر از ماتریس نرمال محاسبه شد. این مقادیر متوسط، تعیین‌کننده وزن نسبی زیرمعیارهای موردنظر است (۴).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (1)$$

که در آن، n تعداد عوامل مؤثر بر کاشت نخل خرما و λ متوسط بردار پایداری.

ج- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها: یکی از برتری‌های تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت زیرمعیارها است. در این روش برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص پایداری به شاخص تصادفی هم بعد آن ماتریس، شاخص مناسبی برای

1- Consistency Ratio (CR)

2- Consistency Index (CI)

تقسیم شاخص پایداری به شاخص تصادفی^۳ حاصل گردید (رابطه ۲).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

که در آن، CI شاخص پایداری و RI شاخص تصادفی، که با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول ۲ (استاندارد) استخراج گردید.

برای محاسبه متوسط بردار پایداری (λ)، ابتدا ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی (وزن نسبی) ضرب کرده، تا بردار جدیدی به نام بردار مجموع وزنی^۱ به دست آید. سپس عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم تا بردار پایداری^۲ حاصل گردد. در نهایت متوسط بردار پایداری (λ) محاسبه گردید. نرخ سازگاری از

جدول ۲- شاخص تصادفی.

Table 2. Random Index (Bowen, 1993).

Number of effective factors	تعداد عوامل مؤثر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random Index (R.I.)	شاخص تصادفی	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$E = \sum W \times C \quad (3)$$

در مرحله بعد به منظور تعیین کلاس تناسب اراضی بر اساس شاخص اراضی، اقدام به محاسبه شاخص ارزیابی گردید.

برای محاسبه شاخص اراضی^۵ از روی ماتریس تناسب به شرح زیر اقدام گردید:

مرحله اول: استاندارد کردن یا نرمالیز کردن ماتریس تناسب (E).

ماتریس تناسب نرمال شده به کمک رابطه ۴، محاسبه گردید (۳۲).

$$= \text{ماتریس } E \text{ نرمال شده} \quad (4)$$

$$\frac{\sum W_i \times \text{Score}_i}{\sum \sum W_i \times \text{Score}_i}$$

مرحله دوم: متوسط ماکزیمم و منیمم مقادیر عددی شاخص برای هر کلاس تناسب اراضی از روی جدول ۳ و به کمک رابطه ۵ محاسبه گردید.

د- تعیین ماتریس خصوصیات اراضی (C): ابتدا با استفاده از اطلاعات تشریح خاکرخها، میانگین وزنی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک آنها، بر اساس راهنمای سائیس و همکاران (۱۹۹۱) محاسبه گردید (۳۱). سپس مقادیر نمره^۴ استاندارد خصوصیات اراضی برای هر کدام از کلاسهای تناسب، براساس درجات اختصاص داده شده به هر کلاس بر اساس جداول نیازهای رویشی نخل خرما، با بهره گیری از نظریه مجموعههای کلاسیک محاسبه و در ماتریس خصوصیات اراضی قرار داده شد (۳۴).

ارزیابی تناسب اراضی: با در اختیار داشتن ماتریس وزن زیرمعیار (W) و ماتریس خصوصیات اراضی (C)، اقدام به محاسبه ماتریس تناسب (E) برای هر کدام از خاکرخهای خاک گردید. ماتریس تناسب از ضرب ماتریس وزن زیرمعیار (W) در ماتریس خصوصیات اراضی (C)، به دست می آید (رابطه ۳).

- 1- Weighted Sum Vector
- 2- Consistency Vector
- 3- Random Index (RI)
- 4 - Score

جدول ۳- مقادیر شاخص اراضی برای کلاس‌های مختلف تناسب.

Table 3. Amounts of land Index for different suitability classes (Givi, 2003).

Land suitability classes کلاس‌های تناسب اراضی	شاخص اراضی Land Index
S ₁ (خیلی مناسب Very suitable)	۷۵-۱۰۰
S ₂ (نسبتاً مناسب Moderately suitable)	۵۰-۷۵
S ₃ (تناسب بحرانی Marginally suitable)	۲۵-۵۰
N (نامناسب Non suitable)	۰-۲۵

مقدار متناظر آن در ماتریس تناسب نرمال شده، به کمک رابطه ۶ ضرب گردید و با محاسبه مجموع آن به کمک رابطه ۷، شاخص اراضی برای هر خاکرخ تعیین شد.

$$\text{Average} = \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2} \quad (5)$$

مرحله سوم: مقدار متوسط ماکزیمم و منیمم مقادیر عددی شاخص برای هر کلاس تناسب اراضی در

(۶) ماتریس تناسب نرمال شده × متوسط مقادیر عددی شاخص = شاخص اراضی برای هر کلاس تناسب

(۷) مجموع شاخص اراضی برای کلاس‌های تناسب = شاخص اراضی برای هر خاکرخ

گل‌دهی و رسیدگی میوه، مجموع نیاز گرمایی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی میوه، میانگین رطوبت نسبی سیکل رشد و تشکیل میوه، میانگین ساعات آفتابی و تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه طی سیکل رشد (۲۶ و ۳۵). همچنین نتایج بررسی منابع علمی و انجام مطالعه خاکشناسی در مناطق مورد مطالعه، برای شناسایی زیرمعیارهای مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر تولید خرما، نشان داد مهم‌ترین این زیرمعیارها، عبارتند از: بافت خاک، میزان آهک، میزان گچ، اسیدیته، میزان کربن آلی، میزان پتاسیم قابل جذب، شوری و قلیائیت (نسبت جذب سدیم) (۲۶ و ۳۵). نتایج مربوط به تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و تعیین برتری نسبی زیرمعیارهای اقلیمی در جدول ۴ و نتایج مربوط به ماتریس مقایسات زوجی و تعیین برتری نسبی زیرمعیارهای خاک در جدول ۵ آورده شده است.

در نهایت بر اساس شاخص اراضی مربوط به هر خاکرخ، کلاس تناسب نهایی نخلستان مربوطه، تعیین گردید.

بررسی صحت برآورد روش ارزیابی تناسب اراضی: به‌منظور ارزیابی صحت و دقت روش به‌کار گرفته شده، همبستگی بین عملکرد اندازه‌گیری شده (تولید واقعی) و شاخص اراضی با استفاده از نرم‌افزار MINITAB 14 تعیین گردید. معمولاً اگر همبستگی بالایی بین این دو متغیر وجود داشته باشد، می‌توان ادعا کرد که روش ارزیابی مورد استفاده، قابل قبول می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه منابع علمی در خصوص شناسایی زیرمعیارهای اقلیمی مؤثر بر تولید خرما، نشان داد مهم‌ترین این زیرمعیارها عبارتند از: تعداد روزهای بارندگی بیش از ۵ میلی‌متر در مرحله رسیدگی میوه، طول فصل خشک، میانگین دمای سیکل رشد،

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی و برتری نسبی زیرمعیارهای اقلیمی برای تولید خرما.

Table 4. Pairwise comparison matrix for assessing the relative importance of climatic subcriteria for Date production.

زیرمعیارهای اقلیمی Climatic subcriteria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	1	7	0.5	0.2	0.44	0.2	1	2	1	7.31
B	0.14	1	0.14	0.2	0.2	0.125	0.2	0.16	0.2	1
C	2	7	1	0.79	1	1	1	0.24	1	7.31
D	5	5	1.26	1	1.59	1	2.62	2	1	9
E	2.29	5	1	0.63	1	1	2	0.19	1	8
F	5	8	1	1	1	1	1.81	1.5	1	8.6
G	1	5	1	0.38	0.5	0.55	1	0.5	1	8
H	0.5	6	4.21	0.5	5.19	0.63	2	1	1	5.2
I	1	5	1	1	1	1	1	1	1	7.6
J	0.14	1	0.14	0.11	0.125	0.11	1.25	0.19	0.13	1

A= طول فصل خشک Length of dry season, B= تعداد روزهای با شاخص بارندگی بیش از ۵ میلی‌متر در مرحله رسیدگی میوه, C= میانگین دما سیکل رشد (°C) Number of days with precipitation index > 5 mm/day: repining period, D= میانگین دما مرحله گلدهی (°C) Average daily temperature (°C) of vegetative cycle, E= میانگین دما مرحله رسیدگی میوه (°C) Average daily temperature during the flowering period (°C), F= مجموع نیاز گرمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی میوه, Average daily temperature (°C) at repining stage, G= Thermal index: heat during the period of flowering, fruit formation and repining period, H= میانگین رطوبت نسبی مرحله تشکیل میوه, Mean RH (%) during the vegetative cycle, I= میانگین ساعات آفتابی, Mean RH (%) during the fruit formation period, J= تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه > 5 m/s. Number of months where the wind speed is > 5 m/s.

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی و برتری نسبی زیرمعیارهای خاک برای تولید خرما.

Table 5. Pairwise comparison matrix for assessing the relative importance of soil subcriteria for Date production.

زیرمعیارهای خاک Soil subcriteria	K	L	M	N	O	P	Q	R
K	1	1	4	3	3	2	2	0.5
L	1	1	2	1	2	2	0.25	0.38
M	0.25	0.5	1	0.5	0.25	0.33	0.2	0.5
N	0.33	1	2	1	2	2.62	0.2	0.33
O	0.33	0.5	4	0.25	1	3	0.23	0.33
P	0.5	0.5	3	0.5	0.33	1	0.2	0.5
Q	0.5	4	5	5	4.3	5	1	1
R	2	2.62	2	3	3	2	1	1

K= بافت خاک Soil texture, L= میزان آهک CaCO₃, M= میزان گچ Gypsum, N= اسیدیته Acidity, O= کربن آلی Organic carbon, P= پتاسیم قابل جذب Available potassium, Q= شوری EC و R= قلیائیت SAR.

جوانه‌زنی دانه‌های گرده و سرعت رشد لوله گرده، نقش حیاتی در میزان تلقیح گل و تشکیل میوه ایفا می‌نماید و در واقع دما در این مرحله از رشد نخل، از حساسیت زیادی برخوردار است (۳۶). بر اساس منابع علمی، اگر متوسط درجه حرارات روزانه طی دوره گل‌دهی نخل خرما، کم‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد، میوه نشینی متوقف می‌شود. میوه‌نشینی مناسب و مطلوب زمانی رخ می‌دهد که متوسط درجه حرارات روزانه طی دوره گل‌دهی بین ۲۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد باشد و با کاهش متوسط درجه حرارات روزانه به ۱۸ درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر، میزان آن کاهش می‌یابد (۹، ۲۴، ۲۶ و ۳۵). همچنین نتایج نشان داد، زیرمعیار تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه طی سیکل رشد امتیاز پائینی نسبت به سایر زیرمعیارها به خود اختصاص داده است. علت آن می‌تواند به این دلیل باشد که در مناطق خرماخیز، به‌ندرت میانگین سرعت باد در طی سیکل رشد بیش از ۵ متر بر ثانیه می‌گردد. نتایج مطالعات انجام شده در زمینه شرایط اقلیمی مناطق تولید خرما در دنیا، نیز بیانگر این موضوع می‌باشد (۲۶ و ۳۵). نتایج حاصل از محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای خاک در ستون آخر جدول ۷ آورده شده است.

در مرحله بعد اقدام به محاسبه اوزان نسبی زیرمعیارها گردید. نتایج حاصل از محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای اقلیمی در ستون آخر جدول ۶ آورده شده است. همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، بر اساس نظر کارشناسان، بیش‌ترین درجه اهمیت را میانگین دما در مرحله گل‌دهی با وزن نسبی ۰/۱۶۱ به خود اختصاص داده و این یعنی در ارزیابی مکان مناسب کشت نخل خرما، بیش‌ترین اهمیت از نظر زیرمعیارهای اقلیمی به میانگین دما در مرحله گل‌دهی داده می‌شود. زیرمعیار تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه طی سیکل رشد با وزن نسبی ۰/۰۸ در رتبه آخر قرار دارد. بر اساس نتایج این پژوهش، دما و به‌خصوص دما در طی مرحله گل‌دهی در مکان‌یابی محل کاشت نخل خرما از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. علت این امر می‌تواند به این دلیل باشد که نخل خرما بومی مناطق دارای آب و هوای گرم و خشک است و رشد نخل در نقاطی میسر است که دارای زمستان معتدل و تابستان طولانی گرم و خشک برای رسیدن میوه باشد (۳۶). همچنین دما، مهم‌ترین فاکتور محیطی تأثیرگذار در کاشت نخل خرما است (۹). در نخل خرما، دما طی دوره گل‌دهی (زمان گرده‌افشانی) با تأثیر بر میزان

جدول ۶- محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای اقلیمی مؤثر بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی.

Table 6. Weight of climatic effective subcriteria based on AHP method.

زیرمعیارهای اقلیمی Climatic subcriteria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	وزن نسبی Relative weight
A	0.055	0.139	0.044	0.034	0.036	0.03	0.077	0.22	0.118	0.115	0.087
B	0.007	0.02	0.012	0.034	0.016	0.018	0.015	0.018	0.024	0.015	0.018
C	0.11	0.14	0.088	0.133	0.081	0.149	0.077	0.026	0.118	0.115	0.104
D	0.275	0.1	0.11	0.169	0.13	0.149	0.202	0.022	0.118	0.141	0.161
E	0.125	0.1	0.088	0.106	0.081	0.149	0.154	0.02	0.118	0.125	0.093
F	0.275	0.159	0.088	0.169	0.081	0.149	0.14	0.174	0.118	0.135	0.149
G	0.055	0.1	0.088	0.064	0.04	0.082	0.077	0.055	0.118	0.125	0.08
H	0.027	0.12	0.37	0.084	0.425	0.094	0.154	0.11	0.118	0.081	0.158
I	0.055	0.1	0.088	0.169	0.081	0.149	0.077	0.11	0.118	0.119	0.107
J	0.007	0.12	0.12	0.018	0.01	0.016	0.009	0.021	0.015	0.015	0.014

* حروف A, B, C و... ذیل جدول ۴ تعریف شده‌اند.

.....*

جدول ۷- محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای خاک بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی.

Table 7. Weight of soil subcriteria based on AHP method.

زیرمعیارهای خاک Soil subcriteria	K	L	M	N	O	P	Q	R	وزن نسبی Relative weight
K	0.075	0.048	0.111	0.22	0.165	0.105	0.066	0.132	0.115
L	0.075	0.048	0.055	0.073	0.109	0.105	0.083	0.1	0.081
M	0.018	0.023	0.028	0.036	0.013	0.017	0.066	0.132	0.041
N	0.024	0.048	0.055	0.073	0.109	0.137	0.066	0.087	0.074
O	0.024	0.023	0.111	0.18	0.054	0.157	0.076	0.087	0.089
P	0.037	0.023	0.083	0.036	0.18	0.052	0.066	0.132	0.055
Q	0.374	0.191	0.138	0.367	0.236	0.265	0.333	0.265	0.270
R	0.015	0.125	0.055	0.22	0.165	0.105	0.333	0.265	0.177

* حروف K, L, M و...، ذیل جدول ۵ تعریف شده‌اند.

* -----

شیب کاهش عملکرد ۳/۶ است. یعنی به‌ازای هر واحد افزایش شوری بیش از آستانه تحمل، ۳/۶ درصد از محصول کاهش می‌یابد (۱۸). پژمان (۲۰۰۷) گزارش نمود شوری خاک به‌میزان ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد نخل خرما خواهد شد (۲۴). صلاح و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند، شوری خاک به‌میزان ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب باعث کاهش ۴۰ و ۶۰ درصدی عملکرد نخل خرما می‌گردد (۲۶). همچنین پائین بودن امتیاز گچ خاک، می‌تواند به این علت باشد که این زیرمعیار، تولید خرما را در منطقه مورد مطالعه کمتر تحت‌تأثیر خود قرار داده است. امامی و همکاران (۱۹۶۷) با انجام پژوهش در کشور تونس رشد و نمو و عملکرد مطلوب نخل خرما در خاک‌های گچی را گزارش نمودند (۱).

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها: برای بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده، ابتدا بردار مجموع وزنی محاسبه گردید. نتایج مربوط به مقادیر بردار مجموع وزنی برای زیرمعیارهای اقلیمی در جدول ۸ ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۷، بیش‌ترین درجه اهمیت را شوری با وزن نسبی ۰/۲۷۰ به خود اختصاص داده و این یعنی در ارزیابی مکان مناسب کاشت نخل خرما رقم کبکاب، بیش‌ترین اهمیت از نظر خصوصیات خاک به شوری داده می‌شود. زیرمعیارهای قلیائیت، بافت، میزان کربن آلی، میزان آهک خاک، اسیدیته و میزان پتاسیم قابل‌جذب در مراحل بعدی از لحاظ اهمیت قرار دارند. میزان گچ خاک، کم‌ترین اهمیت در بین زیرمعیارهای خاکی تأثیرگذار در انتخاب مکان مناسب کاشت نخل خرما به خود اختصاص داده است. بالا بودن امتیاز شوری خاک می‌تواند به این علت باشد که خاک اغلب نخلستان‌های مورد مطالعه دارای محدودیت شوری بوده و میزان شوری در آن‌ها بالا است و این شوری زیاد می‌تواند تولید خرما را تحت‌تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد گردد. مس و هوفمان (۱۹۷۷) با جمع‌آوری اطلاعات از نقاط مختلف جهان، جدولی برای آستانه تحمل شوری محصولات مختلف ارائه دادند. بر اساس این جدول، آستانه تحمل شوری خاک برای محصول خرما ۴ دسی‌زیمنس بر متر و

جدول ۸- مقادیر بردار مجموع وزنی برای زیرمعیارهای اقلیمی.

Table 8. Amounts of weighted sum vector for climatic subcriteria.

زیرمعیارهای اقلیمی Climatic subcriteria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	وزن نسبی Relative weight	بردار مجموع وزنی Weighted sum vector
A	1	7	0.5	0.2	0.44	0.2	1	2	1	7.31	0.087	0.988
B	0.14	1	0.14	0.2	0.2	0.125	0.2	0.16	0.2	1	0.018	0.193
C	2	7	1	0.79	1	1	1	0.24	1	7.31	0.104	1.11
D	5	5	1.26	1	1.59	1	2.62	2	1	9	0.161	1.89
E	2.29	5	1	0.63	1	1	2	0.19	1	8	0.093	1.16
F	5	8	1	1	1	1	1.81	1.5	1	8.6	0.149	1.72
G	1	5	1	0.38	0.5	0.55	1	0.5	1	8	0.08	0.864
H	0.5	6	4.21	0.5	5.19	0.63	2	1	1	5.2	0.158	1.75
I	1	5	1	1	1	1	1	1	1	7.6	0.107	1.15
J	0.14	1	0.14	0.11	0.125	0.11	1.25	0.19	0.13	1	0.014	0.16

مرحله سوم با توجه به مقادیر بردار پایداری (جدول ۹)، اقدام به محاسبه متوسط بردار پایداری، شاخص پایداری و نرخ سازگاری برای زیرمعیارهای اقلیمی به صورت زیر گردید:

در مرحله دوم، مقادیر بردار پایداری برای هر یک از زیرمعیارهای اقلیمی، از تقسیم نمودن مقدار بردار مجموع وزنی هر زیرمعیار بر وزن نسبی آن محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۹ آورده شده است. در

$$\lambda = (11.35 + 10.71 + 10.72 + 11.74 + 12.49 + 11.58 + 10.81 + 11.1 + 10.75 + 11.46) \div 10 = 11.27$$

$$CI = (11.27 - 10) \div (10 - 1) = 0.141$$

$$CR = 0.141 \div 1.49 = 0.09$$

همچنین نتایج مربوط به مقادیر بردار مجموع وزنی برای زیرمعیارهای خاک در جدول ۱۰ ارائه شده است.

همانطور که مشاهده می شود مقدار و نرخ سازگاری برای زیرمعیارهای اقلیمی برابر ۰/۰۹ محاسبه گردید که کم تر از ۰/۱ است. در نتیجه وزنهای محاسبه شده، صحیح بوده و در ارزیابی تناسب اراضی به کار گرفته می شود.

جدول ۹- مقادیر بردار پایداری برای زیرمعیارهای اقلیمی.

Table 9. Amounts of consistency vector for climatic subcriteria.

زیرمعیارهای اقلیمی Climatic subcriteria	بردار مجموع وزنی Weighted sum vector	وزن نسبی Relative weight	بردار پایداری Consistency vector
A	0.988	0.087	11.35
B	0.193	0.018	10.71
C	1.11	0.104	10.72
D	1.89	0.161	11.74
E	1.16	0.093	12.49
F	1.72	0.149	11.58
G	0.864	0.08	10.81
H	1.75	0.158	11.1
I	1.15	0.107	10.75
J	0.16	0.014	11.46

جدول ۱۰- مقادیر بردار مجموع وزنی برای زیرمعیارهای خاک.

Table 10. Amounts of weighted sum vector for soil subcriteria.

زیرمعیارهای خاک Soil subcriteria	K	L	M	N	O	P	Q	R	وزن نسبی Relative weight	بردار مجموع وزنی Weighted sum vector
K	1	1	4	3	3	2	0.2	0.5	0.115	1.1
L	1	1	2	1	2	2	0.25	0.38	0.081	0.775
M	0.25	0.5	1	0.5	0.25	0.33	0.2	0.5	0.041	0.330
N	0.33	1	2	1	2	2.62	0.2	0.33	0.074	0.709
O	0.33	0.5	4	0.25	1	3	0.23	0.33	0.089	0.635
P	0.5	0.5	3	0.5	0.33	1	0.2	0.5	0.055	0.484
Q	0.5	4	5	5	4.3	5	1	1	0.27	2.58
R	2	2.62	2	3	3	2	1	1	0.177	1.57

همچنین با توجه به مقادیر بردار پایداری (جدول ۱۱)، اقدام به محاسبه متوسط بردار پایداری، شاخص پایداری و نرخ سازگاری برای زیرمعیارهای خاک به صورت زیر گردید:

سپس، مقادیر بردار پایداری برای هر یک از زیرمعیارهای خاک، از تقسیم نمودن مقدار بردار مجموع وزنی هر زیرمعیار بر وزن نسبی آن محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱۱ آورده شده است.

$$\lambda = (9.58 + 9.56 + 8.05 + 9.59 + 7.14 + 8.81 + 9.55 + 8.87) \div 8 = 8.89$$

$$CI = (8.89 - 8) \div (8 - 1) = 0.128$$

$$CR = 0.128 \div 1.41 = 0.09$$

مقدار و نرخ سازگاری برای زیرمعیارهای خاک برابر ۰/۰۹ بوده و کمتر از ۰/۱ است. در نتیجه وزنهای محاسبه شده، صحیح بوده و در ارزیابی تناسب اراضی به کار گرفته می‌شود.

جدول ۱۱- مقادیر بردار پایداری برای زیرمعیارهای خاک.

Table 11. Amounts of consistency vector for soil subcriteria.

زیرمعیارهای خاک Soil subcriteria	بردار مجموع وزنی Weighted sum vector	وزن نسبی Relative weight	بردار پایداری Consistency vector
K	1.1	0.115	9.58
L	0.775	0.081	9.56
M	0.33	0.041	8.05
N	0.709	0.074	9.59
O	0.635	0.089	7.14
P	0.484	0.055	8.81
Q	2.58	0.27	9.55
R	1.57	0.177	8.87

می‌گردد. بافت خاک‌ها منطقه نیز از لومی رسی تا لوم متغیر می‌باشد.

همچنین نتایج مربوط به ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما در استان بوشهر در جدول ۱۳ ارائه شده است.

ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرماي رقم کبکاب: نتایج مربوط به توصیف آماری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ۵۹ نوع خاک مورد مطالعه در جدول ۱۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مشکل شوری، قلیائیت و حاصلخیزی از مشکلات عمده خاک نخلستان‌های منطقه محسوب

جدول ۱۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه.

Table 12. Some physical and chemical characteristics of the studies soils.

ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	تعداد نمونه Number of sample	واحد Unit	پارامتر Parameter
40.3	11	27	66.45	12.7	59	(%)	شن Sand
30.2	6.9	22.7	41.66	11.78	59	(%)	رس Clay
66.1	5.26	7.49	39.05	4.11	59	(ds m ⁻¹)	شوری EC
60.1	5.89	9.43	36.7	4.41	59	-	قلیائیت SAR
19.8	0.08	0.43	0.65	0.25	59	(%)	کربن آلی Organic carbon
1.8	0.14	7.71	8	7.4	59	-	اسیدیته pH
6.35	3.33	52.35	58.78	45.88	59	(%)	آهک CaCO ₃
36.53	0.38	1.04	1.99	0.56	59	(%)	گچ Gypsum
12	18.95	157.7	194.2	126	59	(mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available potassium

جدول ۱۳- ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما.

Table 13. Land suitability evaluation for date palm planting.

ارزیابی تناسب اراضی Land suitability evaluation			شماره خاکرخ NO. of profile	شماره ردیف NO. of row
کلاس تناسب اراضی Land suitability class	شاخص اراضی Land index	عملکرد اندازه‌گیری شده Measured yield		
S ₁	80.2	7215	1	1
S ₁	80.2	7098	2	2
S ₁	78.8	6435	3	3
S ₁	79.9	6630	4	4
S ₁	78.3	5896	5	5
S ₁	82.1	7605	6	6
S ₁	80.2	7800	7	7
S ₁	79.6	6357	8	8
S ₁	79.2	6825	9	9
S ₁	75.7	5612	10	10
S ₂	67.4	4641	11	11
S ₁	79.4	7254	12	12
S ₂	73.8	6084	13	13
S ₁	78.8	6162	14	14
S ₁	79.4	7059	15	15
S ₂	71.4	5655	16	16
S ₁	79	7293	17	17

ادامه جدول ۱۳-

Continue Table 13.

ارزیابی تناسب اراضی Land suitability evaluation			شماره خاکرخ NO. of profile	شماره ردیف NO. of row
کلاس تناسب اراضی Land suitability class	شاخص اراضی Land index	عملکرد اندازه گیری شده Measured yield		
S ₂	66.4	4018	18	18
S ₂	68.2	5304	19	19
S ₂	79.5	7605	20	20
S ₂	72.8	6045	21	21
S ₂	70.9	5889	22	22
S ₂	71.6	5889	23	23
S ₂	71.9	5694	24	24
S ₂	72.5	6006	25	25
S ₁	78.3	6603	26	26
S ₂	71.8	5655	27	27
S ₂	71.6	5421	28	28
S ₂	71.8	4992	29	29
S ₁	79.4	9477	30	30
S ₁	77.1	6942	31	31
S ₁	77.1	6708	32	32
S ₁	78.3	6532	33	33
S ₁	81.6	7917	34	34
S ₁	80	7488	35	35
S ₁	80.2	7098	36	36
S ₁	79.5	7137	37	37
S ₁	81	6942	38	38
S ₁	78.6	6396	39	39
S ₁	76.5	7644	40	40
S ₁	79.5	7956	41	41
S ₁	80.2	8190	42	42
S ₁	80.2	7683	43	43
S ₁	81.6	8073	44	44
S ₁	81.6	7644	45	45
S ₁	81.1	7098	46	46
S ₁	81.1	6123	47	47
S ₁	75.9	6045	48	48
S ₁	79.4	6201	49	49
S ₁	78	8151	71	50
S ₁	79.5	7722	72	51
S ₁	80.2	7839	73	52
S ₁	80.2	7488	74	53
S ₁	79.5	6864	75	54
S ₁	80	7020	76	55
S ₁	78.6	5772	77	56
S ₁	80.2	6942	78	57
S ₂	74.3	5947	79	58
S ₁	79.4	7059	80	59

تناسب اراضی برای کشت درختان میوه شامل شامل موز، پاپایا، انبه، آناناس، مرکبات و ... استفاده نمودند. نتایج نشان داد اراضی مورد مطالعه از نظر اقلیمی برای کاشت این درختان میوه مناسب بوده و فقط دارای محدودیت ناشی از حاصلخیزی خاک می‌باشند (۲۲).

ارزیابی صحت و دقت روش ارزیابی به‌کار گرفته شده در تعیین کلاس‌های تناسب اراضی: نتایج تجزیه آماری همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه‌شده با استفاده از روش AHP و عملکرد اندازه‌گیری‌شده نخل خرما در مناطق مورد مطالعه در جدول ۱۴ نشان داده شده است. بررسی جدول مذکور نشان می‌دهد همبستگی بالایی بین شاخص اراضی محاسبه شده و عملکرد اندازه‌گیری‌شده وجود دارد و این همبستگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. که این نشان‌دهنده صحت روش ارزیابی به‌کار گرفته شده می‌باشد.

این نتایج نشان می‌دهد مناطق مورد مطالعه در استان بوشهر برای کاشت نخل خرما بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی در کلاس‌های تناسب S_1 و S_2 قرار می‌گیرند. نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است. یغمائیان‌مهبادی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ارزیابی تناسب اراضی در استان اصفهان گزارش کردند بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی، واحدهای اراضی دارای درجه تناسب خیلی‌زیاد S_1 برای کشت یونجه می‌باشند (۳۴). نیوین و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی در کشور ویتنام با کاربرد روش ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی، شاخص اراضی و کلاس‌های تناسب برای کشت کائوچو تعیین نمودند. نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی نشان داد اراضی منطقه برای کشت کائوچو اغلب در کلاس S_1 قرار می‌گیرند (۲۱). اولسگان و جولوس (۲۰۱۵) در کشور نیجریه، روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین

جدول ۱۴- نتایج تجزیه آماری همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد اندازه‌گیری‌شده نخل خرما در مناطق مورد مطالعه.

Table 14. Results of statistical analysis of the correlation between land index and measured date palm yield in studied area.

احتمال P	مقادیر جدول فراوانی F	ضریب همبستگی R^2	معادله رگرسیون Regression equation
0.000	131.9**	61.5	yield = -55.6 + 1.27 land index

** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

** Significant at 1% level of probability.

گل‌دهی، بیش‌ترین اهمیت داده شود. نتایج بررسی و مطالعه منابع علمی نیز بیانگر این موضوع می‌باشد که دمای مرحله گل‌دهی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی است که تأثیر زیادی در میزان تلقیح گل به عهده داشته و از این نظر، نقش حیاتی را در میزان تشکیل میوه در نخل خرما ایفا می‌نماید. همچنین نتایج نشان داد در بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد در بین عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر تولید خرما، زیرمعیار میانگین دمای مرحله گل‌دهی با وزن نسبی ۰/۱۶۱ بالاترین درجه اهمیت را به خود اختصاص داده است. بنابراین توصیه می‌شود در انتخاب مکان مناسب کاشت نخل خرما به عامل دما و به‌خصوص دما در طی مرحله

عامل شوری، اهمیت و توجه زیادی داده شود و در صورت وجود شوری بالا قبل از اقدام به کاشت نخل خرما، نسبت به اصلاح خاک اقدام گردد. همچنین نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استفاده از روش AHP، نشان می‌دهد ۷۵ درصد مناطق مورد مطالعه در استان بوشهر برای کاشت نخل خرما خیلی مناسب بوده و در کلاس تناسب S_1 و ۲۵ درصد نسبتاً مناسب بوده و در کلاس تناسب S_2 قرار می‌گیرند.

خاکی مؤثر بر تولید خرما، شوری با وزن نسبی ۰/۲۷ بالاترین درجه اهمیت را به خود اختصاص داده است. در منابع علمی نیز به ویژگی شوری خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نیازهای رویشی نخل خرما توجه زیادی شده است. به‌طوری‌که نخل خرما هر چند از نظر شوری جزء گیاهان مقاوم محسوب می‌شود اما میزان شوری زیاد خاک می‌تواند کاهش شدید عملکرد را باعث گردد. بنابراین توصیه می‌شود در انتخاب مکان مناسب کاشت نخل خرما به

منابع

1. Amami, S.E., Baldy, C., and Pouget, M.J. 1967. Rénovation d'une palmeraie littorale ancienne. Etude de remises en culture intensive. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie 40. P 160-164, In: J.M. Hodgson and P.J. Loveland (Eds.), Gypsiferous Soils in the World. FAO, Rome.
2. Attua, E.M., and Fisher, J.B. 2010. Land suitability assessment for Pineapple production in the Akwapim south district, Ghana: A GIS-MultiCriteria Approach. Ghana J. Geograph. 2: 47-83.
3. Bahmani, A.A. 2010. Determination and ranking of buying criteria of wood composites in Golestan province using analytical hierarchy process (AHP). M.Sc. Thesis of Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
4. Basiri Dehkordi, H., Naderi Khorasgani, M., and Mohammadi, J. 2013. Landslide hazard zonation using AHP model and GIS technique in the city Ardal (QC) using analytic hierarchy process. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water Soil Sci. 69: 73-83. (In Persian)
5. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.
6. Bown, W.M. 1993. AHP, Multiple Criteria Evaluation, In: R.E. Klosterman, R.K. Brail and E.G. Bossard (Eds.), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, New Brunswick: Center for Urban Policy Research, 487p.
7. Chuong, H.V. 2011. Land suitability analysis and evaluation for production of fruit trees using GIS technology. J. Sci. Hue Univ. 67: 13-22.
8. Fallsolyman, M., Hajipour, M., and Sadeghi, H.A. 2014. Performance comparison of multi- index decision making (TOPSIS-AHP) for suitable site selection cultivation planting of Pistachio in Mokhtaran plain of Birjand in GIS environment. J. Geograph. Sci. 13: 31. 133-155. (In Persian)
9. FAO. 1978. Report on the agro-ecological zones project. 1: Methodology and results for Africa. World Soil Resources Report. No. 48. FAO, Rome, 158p.
10. Ghodsipour, S.H. 2002. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amirkabir University Press, Iran, 266p. (In Persian)
11. Givi, J. 2003. Physical land suitability evaluation for agricultural and horticultural crops. Bulletin technical No. 1015. Soil & water research institute. Agricultural research, education and extension organization. Ministry of jahad – e – agriculture, 100p. (In Persian)
12. Hejazizadeh, Z., Saligheh, M., Balyani, Y., Hoseini, S.M., and Mahotchi, M.H. 2013. Olive cultivation location using climate and land parameters analytic hierarchy process: A case study in Fars province. J. Geograph. Sci. 30: 171-190. (In Persian)

13. Hang, L.T.T., and Nguyen, T.L. 2012. Multicriteria analysis for Land Suitability Assessment for "Gia Lun" Banana in Nam Dong District, Thua Thien hue province, Vietnam. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. Gottingen, Germany, September 19-21.
14. Jozi, A., and Moradimajd, N. 2012. Evaluation of capability in Bolhasan Dezfol habitat for *Punica Granatum* using MADM method. *J. Agric. Sci.* 22: 1. 25-40. (In Persian)
15. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P 225-246, In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of American, Madison, WI, USA.
16. Malczewski, J. 1999. *GIS and multi-criteria decision analysis*. John Wiley & Sons Inc. New York, 408p.
17. Marashi, S.S., Rakhodaie, E., Ghasemi, R.A., Behseresht, R., and Garshasbi, M.R. 2013. Study on the adaptability and determination of quantitative and qualitative fruit characteristics of date cultivars in Tabas region. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension organization. Date Palm and Tropical Fruits Research Institution of Iran, 133p. (In Persian)
18. Mass, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE.* 103: 115-134.
19. Mohammadrezaei, N., Pazira, E., Sokoti, R., and Ahmadi, A. 2014. Land suitability evaluation for Wheat cultivation by Fuzzy-AHP, Fuzzy- Simul theory approach as compared with parametric method in the southern plain of Urmia. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences.* 3: 112-117.
20. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. P 181-197, In: A.L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy.* Monger 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
21. Nguyen, T.T., Verdoodt, A., Tran, V.Y., Delbecque, N., Tran, T.C., and Van Rast, E. 2015. Design of a GIS and Multi-criteria based land evaluation procedure for sustainable land-use planning at the regional level. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 200: 1-11.
22. Olusegun, A.J., and Julius, A.O. 2015. Land evaluation and management of an ultisols for fruit crops production in South Southern Nigeria. *J. Global Biosci.* 4: 4. 1982-1989.
23. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1992. *Methods of Soil Analysis. II. Physical and Properties.* SSSA Pub. Madison, 1750p.
24. Pezhman, H. 2007. *Guide for date palm (plantation, cultivation, Harvesting).* Educational Technology Services Bureau. Iran, 266p. (In Persian)
25. USDA Soil Survey Staff. 1972. *Soil survey laboratory method and procedures for collecting soil samples.* Report No.1, 63p.
26. Salah, A., Van Ranst, E., and Hisham, E. 2001. Land suitability assessment for date palm cultivation in the eastern Nile delta, Egypt using an automated land evaluation system (ALES) and GIS. *Second International Conference on Date Palm.* 25-27 March. Al-Ain. UAE.
27. Saaty, T.L. 1980. *The analytic hierarchy process.* McGraw Hill, New York, USA, 346p.
28. Sarmadian, F., Keshavarzi, A., Iqbal, M., Zahedi, G., Javadikia, H., and Ogunkunle, A. 2015. Towards a new framework for land suitability evaluation: Application of matter element quantifier-based Multi-Criteria Decision Analysis. *Current Science Perspectives,* 1: 41-50.
29. Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. 2012. *Field book for describing and sampling soils.* Version 3. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 300p.
30. Shahrokh, V., Ayoubi, S., and Jalalian, A. 2013. Land suitability evaluation for greenhouse of Cucumber in comparison with alternative plantations in Mobarakeh- Zarrinshahr district using AHP. *J. Sci. Technol. Greenhouse Cul.* 9: 1-12. (In Persian)

31. Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. Land evaluation, Part I: Principles in land evaluation and crop production calculations. Agricultural Publication. No. 7. GADC, Brussels, Belgium, 274p.
32. Van Ranst, E., Tang, H., Groenemans, R., and Sinthurahat, S. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. *Geoderma*. 70: 1-19.
33. Wakley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid method in soil analysis. 1. *Experimental. Soil Science*. 79: 459-465.
34. Yaghmaeian Mahabadi, N., Givi, J., Naderi Khorasgani, M., Mohammadi, J., and Poch Claret, R.M. 2012. Land suitability evaluation for alfaalfa and barley based on FAO and Fuzzy multi-criteria approaches in Iranian arid region. *Desert*. 17: 77-89.
35. Zaid, A. 1999. Date palm cultivation. FAO, Rome, 287p.
36. Zaid, A., and Aris- Jimenez, E.J. 2002. FAO plant production and protection paper. No. 156.



Land suitability evaluation for date palm (*Phoenix dactylifera L. cv Kabkob*) planting in Boushehr province using analytical hierarchy process (AHP)

*H. Dialami¹, J. Givi², M. Naderi Khorasgani², R. Taghizadeh Mehrjardi³
and M. Ahmadpour Borazjani⁴

¹Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, ³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Ardakan, ⁴Assistant Prof., Dept. of Agricultural Economics, University of Zabol
Received: 10/01/2016; Accepted: 04/15/2017

Abstract

Background and Objectives: One of the ways to identification of land production capacity and appropriate use choice with that is land evaluation performance. For this purpose must first climatic criteria and soil characteristics affecting the production to be identified. Also, considering to diversity and inequality in importance degree of criteria, ranking of them is essential. This research aim to identification, ranking of effective criteria in date production and land suitability evaluation for planting of Date palm *cv Kabkob* in Boushehr province, using analytical hierarchy process (AHP) carried out.

Materials and Methods: At first, climatic subcriteria and soil physical and chemical characteristics affecting date production were identified by literature review and soil studies in studied area. Then, pairwise comparison matrix was made over analytical hierarchy process and the relative importance degree of these subcriteria was determined by excellent experts. In the weight calculation step, the approximation method was used to produce a relative weight of each of subcriteria. Then this subcriteria, based on their relative weight, ranked. Finally, land suitability evaluation for planting of date palm *cv Kabkob* in studied area of Boushehr province, using AHP approach, carried out.

Results: The result showed that the most important of climatic subcriteria affecting date palm production including to length of dry season, number of days with precipitation index > 5 mm/day in repining period, average daily temperature (°C) at vegetative cycle, flowering and repining stage, heat requirement sum during the period of flowering, fruit formation and repining period, mean RH during the vegetative cycle and fruit formation period, insulation mean (n) and number of months where the wind speed is > 5 m/s during vegetative cycle. Also the result of climatic subcriteria ranking by using AHP approach showed that, temperature mean in flowering stage and numbers of months of year with wind speed mean more than 5 m/s in vegetative cycle stage with relative weights 0.161 and 0.08 have the highest and the lowest importance degree, respectively. The result showed that the most important of soil physical and chemical characteristics affecting date palm production were identified by literature review and soil studies in studied area including to soil texture, calcium carbonate content, gypsum content, acidity, organic carbon, available potassium, soil salinity (EC) and alkalinity (SAR). Base on the result of soil subcriteria ranking, soil salinity (EC) and gypsum content with relative weights 0.27 and 0.041 have the highest and the lowest importance degree, respectively. Also the result of land suitability evaluation showed that 75 percents of studied area in Boushehr province are very suitable and 25 percents are moderately suitable for planting of date palm *cv Kabkob*.

Conclusion: According to the results of this research, is recommended for suitable site selection for date palm planting to temperature mean in flowering stage and soil salinity, much attention and importance to be given.

Keywords: Date palm, Land suitability, AHP, Ranking

* Corresponding Author; Email: dialamy-s@yahoo.com

