

مدل‌سازی تصمیم‌گیری گروه‌های کشاورزی دشت سگزی برای تعیین نوع کشت براساس مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره

محمد سعدی مسگری - دانشیار سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیر
فرشاد امیراصلانی - استادیار سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
سید کاظم علوی‌پناه - استاد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
مرضیه عسکری شهید* - دانشجوی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۳/۰۶

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۲۱

چکیده

تصمیم‌گیری، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین وظایف مدیریت است و تحقق اهداف سازمانی، به کیفیت آن بستگی دارد. در مناطق کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی، ناشی از تصمیم‌گیری کشاورزان است و تصمیم‌گیری در این زمینه، تأثیر بسیاری بر این سیستم می‌گذارد. به‌طور متقابل، رخدادهای مختلف زیست‌محیطی، بر تصمیم‌ها و رفتار آینده انسان تأثیر مستقیم می‌گذارند؛ بنابراین، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، متأثر از پیچیدگی‌های ناشی از تعامل انسان و محیط است. در این صورت، شناسایی عوامل مؤثر محیطی و اجتماعی - اقتصادی در تصمیم‌گیری و درک چگونگی بازخورد تغییر کاربری اراضی در محیط (ناشی از تغییر آن در طولانی‌مدت)، چالشی کلیدی برای مدل‌سازی این تعاملات در مدیریت پایدار زمین محسوب می‌شود. در این پژوهش، مدل‌سازی تصمیم‌گیری کشاورز برای تعیین نوع کشت، با استفاده از مدل M-Logit در منطقه سگزی، با به‌کارگیری مدل مبتنی بر عامل ارائه می‌شود. بدین منظور ابتدا ساختار معیشتی منطقه برای نمایش ناهمگنی حاکم بر رفتار فردی مشخص می‌شود. سپس با استفاده از مدل M-Logit، عوامل مؤثر و میزان تأثیر آن‌ها بر تصمیم‌گیری، بسته به نوع معیشت فرد شناسایی می‌شود. در نهایت، با محاسبه بردار، انتخاب‌های انواع کشت برای هر کشاورز، شبیه‌سازی و در مدل عامل مینا، با استفاده از قانون تناسب تصادفی نوع کشت انتخاب می‌شود. این پژوهش، با بررسی عوامل مؤثر مدل M-Logit در هر گروه معیشتی و هر نوع کشت نشان می‌دهد که با توجه به شرایط حساس منطقه و خطر بیابان‌زایی، عوامل محیطی از جمله عوامل شیمیایی خاک، به‌همراه عوامل درآمدی، نقش مؤثرتری در تعیین انواع کشت دارند.

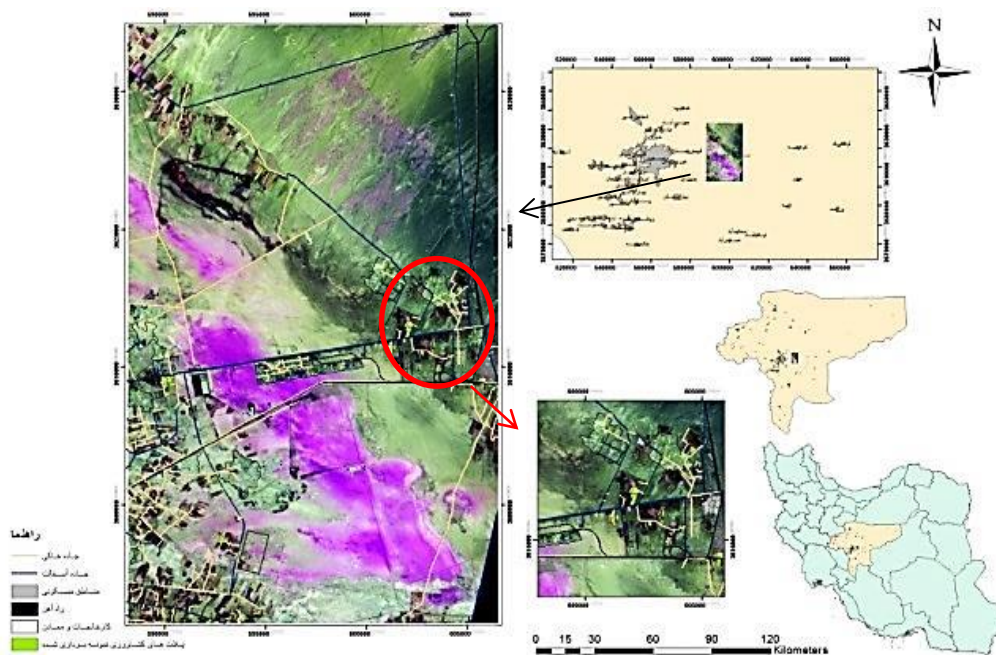
کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تصمیم‌گیری، تغییرات کاربری و پوشش اراضی، رگرسیون لجستیک چندمتغیره، مدل عامل مینا.

مقدمه

تصمیم‌گیری، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین وظایف مدیریت است و تحقق اهداف یک مجموعه، به کیفیت آن بستگی دارد (آن، ۲۰۱۲). به‌طور کلی، تغییرات پوشش و کاربری اراضی^۱ در نواحی روستایی، با تغییر نوع کشت در بخش کشاورزی ارتباط مستقیم دارد. در مناطق کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی، اغلب از تصمیم‌گیری جامع کشاورزان حاصل می‌شود (والبونیا و دیگران، ۲۰۰۸). هر سیستم کشاورزی، بسته به شرایط محیطی، رفتاری متفاوت نشان می‌دهد (کبری و دیگران، ۲۰۰۳) که رفتارها و تصمیم‌های نامتجانس انسانی را انعکاس می‌دهد. این‌گونه ناهماهنگی‌ها، نه تنها به‌خودی‌خود بر پیچیدگی رفتارهای انسانی مؤثر است (لئو و دیگران، ۲۰۰۷؛ سیمون، ۱۹۵۵؛ روکیچ، ۱۹۶۸؛ آجنز، ۱۹۹۱)، بلکه بر عوامل داخلی شبیه مالکیت زمین، ساختار خانواده، منابع اقتصادی و فنی نیز تأثیر می‌گذارد (گاسون، ۱۹۷۳؛ ایلبری، ۱۹۷۸؛ ایونس، ۱۹۸۹؛ ویلوك، ۱۹۹۹؛ نولر، ۲۰۰۷)؛ بنابراین، می‌توان گفت بشر با تصمیم‌گیری، تأثیر بسیاری بر سیستم‌های طبیعی می‌گذارد. از سوی دیگر، افزایش رخدادهای مختلف زیست‌محیطی، بر تصمیم‌ها و رفتار آینده انسان تأثیر مستقیم دارد (آن، ۲۰۱۲). در واقع، چالش کلیدی برای مدل‌سازی تعامل انسان و محیط^۲ در مدیریت پایدار زمین، به‌ویژه در مناطق کشاورزی، شناسایی عوامل مؤثر محیطی و اجتماعی-اقتصادی بر تصمیم‌گیری و درک چگونگی بازخورد تغییر کاربری اراضی در محیط، ناشی از تغییر آن در طولانی‌مدت است (لی و دیگران، ۲۰۱۰). بدین منظور، برای ارزیابی، نظارت و مدیریت بهتر تغییرات محیط و نمایش مشکل‌ها، به تحلیلی یکپارچه از عوامل ایجاد و شبیه‌سازی دنیای واقعی نیازمندیم. در این پژوهش، با توجه به پیچیدگی‌های مؤلفه تصمیم‌گیری مدل‌های عامل‌مبنا^۳ در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی، برای تعیین عوامل مؤثر اجتماعی، اقتصادی و محیطی، از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره M-Logit و برای پیاده‌سازی عقلانیت محدودشده^۴ در تصمیم‌گیری فردبه‌فرد عامل کشاورز، از قانون تناسب نسبی^۵ استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه، دشت سگری با مساحتی در حدود ۴۰ هزار هکتار، در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان قرار دارد و به‌دلیل تأثیرپذیری شدید از کویر مرکزی، دارای اقلیم فراخشک و خشک است. مراکز مهم سکونتی، شامل شهر سگری همراه با شش روستاست. شرایط طبیعی خاص و نحوه عملکرد در محیط، مانند برداشت بی‌رویه و نادرست از پوشش گیاهی و خاک سطحی دشت (معادن گچ)- که به‌صورت غیراصولی صورت گرفته است- زمینه فرسودگی و تخریب محیط را فراهم ساخته و بر تصمیم کشاورز- که خود متأثر از عوامل محیطی و اجتماعی و اقتصادی بسیار است- تأثیر گذاشته است. کشت اصلی مردم دشت سگری، براساس پژوهش‌های میدانی، در نیمه اول سال کشتی (اول مهر تا پایان خرداد) گندم، جو، یونجه و سبزیجات است که به‌شدت از شوری خاک و افت آب در این منطقه تأثیر می‌پذیرد (شکل ۱).

در این مطالعه، با توجه به شرایط خاص محیطی منطقه و همچنین قرارگرفتن آن در معرض بیابان‌زایی، علاوه بر عوامل اقتصادی، اجتماعی، تأثیر عوامل شیمیایی و فیزیکی خاک، با استفاده از پروفیل‌های خاک تهیه‌شده از منطقه، همراه با تأثیر سایر عوامل محیطی بر روند تصمیم‌گیری کشاورز بررسی شد و درنهایت، نقشه کاربری اراضی کشاورزی (تعیین نوع کشت) تهیه شد.

1. Land use /cover, LULC
2. Integrated Environment-Human
3. Agent based model
4. bounded rational
5. Proportional random rules



شکل ۱. موقعیت دشت سگزی در استان

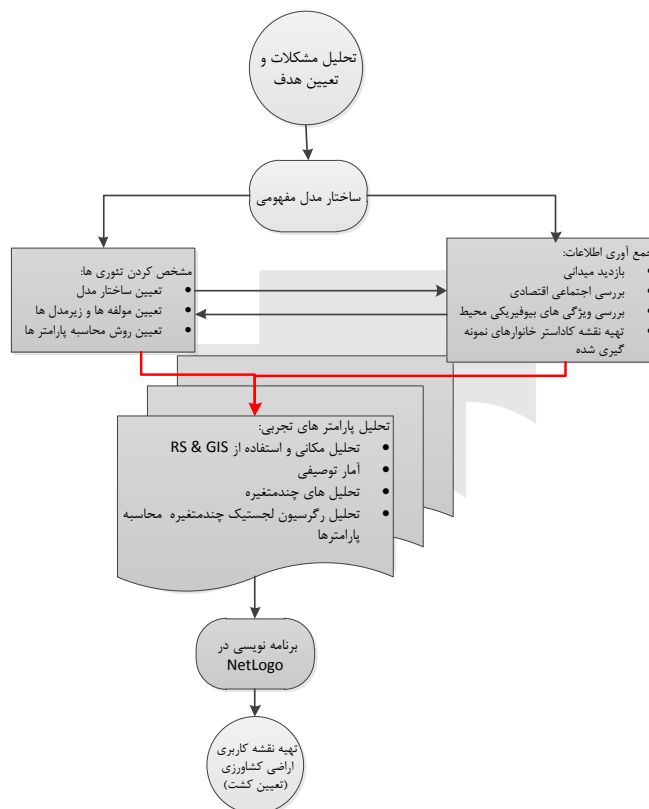
مبانی نظری

در چند دهه اخیر، رشد سریعی از مدل‌های مبتنی بر عامل^۱، برای شبیه‌سازی کاربری اراضی مشاهده شده است (متیو و دیگران، ۲۰۰۷). مدل مبتنی بر عامل یا عامل مینا، یکی از مدل‌های محاسباتی برای شبیه‌سازی کنش‌ها و تعاملات عوامل مسئول، با توجه به ارزیابی تأثیر آن‌ها بر سیستم، به‌عنوان یک مجموعه کلی است (گریم و دیگران، ۲۰۰۵). این مدل شامل عناصر نظریه بازی‌ها، سیستم‌های پیچیده، شواهد، جامعه‌شناسی محاسباتی، سیستم‌های چندعامله و برنامه‌نویسی تکاملی است (گریم و دیگران، ۲۰۰۵). در شبیه‌سازی مدل‌ها در تعامل انسان و محیط، باید مدل‌های عامل مینا به‌صورت مدل‌های مبتنی بر فرد^۲ در نظر گرفته شوند (گریم و دیگران، ۲۰۰۵)؛ زیرا تعریف افراد در مدل‌های IBM ساده‌تر از مدل‌های مستقل در مدل‌های ABM برای شبیه‌سازی است. همچنین مدل عامل مینا، میکرومقیاس است (گوستافسون و دیگران، ۲۰۱۰) که عملیات و تعامل عوامل متعدد را همزمان شبیه‌سازی می‌کند و امکان پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده را فراهم می‌سازد (نیازی و دیگران، ۲۰۱۱). به‌عبارتی، بازخورد تعاملات عامل‌ها در سطح میکرو، به‌صورت رخداد پدیده در سطح ماکرو دیده می‌شود؛ بنابراین، دو اصل محوری در شبیه‌سازی تعامل انسان و محیط، با مدل‌های عامل مینا باید مدنظر قرار گیرد: ۱. اصل کلیدی تعیین قوانین رفتاری ساده در سطح میکرو برای تولید رفتارهای پیچیده در سطح ماکرو که با نام KISS^۳ شناخته شده است و ۲. بزرگ‌تر بودن کل از مجموع تمام بخش‌ها (شاینگ و دیگران، ۱۹۷۱). اغلب مدل‌های مبتنی بر عامل ABM، براساس مؤلفه‌های ۱. عوامل متعدد در مقیاس‌های مختلف، ۲. فناوری هوشمند تصمیم‌گیری، ۳. قوانین یادگیری یا فرایندهای تطبیقی، ۴. توپولوژی تعامل و ۵. محیط غیرعامل تعریف می‌شوند (گریم و دیگران، ۲۰۰۵). مؤلفه تصمیم‌گیری، در واقع نقش موتور را در شبیه‌سازی بازی می‌کند و به‌عنوان هسته‌ای‌ترین جزء مدل شناخته می‌شود (لی، ۲۰۰۵). به‌طور معمول، تصمیم‌گیری عامل‌های فردی در شبیه‌سازی ABM، از قانون عقلانیت محدودشده پیروی می‌کند (لی و دیگران، ۲۰۰۸). عقلانیت محدودشده، مفهومی است که برپایه محدودیت اطلاعاتی افراد عقلایی، محدودیت روان‌شناختی ذهن افراد

1. Agent Based Model
2. Individual Based Model (IBM)
3. Keep it simple, stupid

و همچنین محدودیت زمان برای تصمیم‌گیری بنا نهاده می‌شود (رایسنس، ۱۹۹۸)؛ بنابراین، اقدام عامل‌ها در برابر آنچه آن‌ها به‌عنوان منافع خود مانند تولیدمثل، سود اقتصادی و وضعیت اجتماعی درک می‌کنند، با استفاده از فناوری هوشمند یا قوانین تصمیم‌گیری ساده تصور می‌شوند (بنابویو و دیگران، ۲۰۰۲).

تاکنون در ایران، پژوهشی در زمینه مدل‌سازی عامل‌مبنا از تعامل انسان با محیط، انجام نشده است، اما می‌توان در این زمینه، از پژوهش‌های خارجی یاد کرد. برای مدل‌سازی تصمیم‌گیری کاربری اراضی در چشم‌انداز کشاورزی سنتی مدیترانه (میلینگتون و دیگران، ۲۰۰۸)، عامل‌ها به دو گروه عامل‌های تجاری و عامل‌های سنتی، با روش‌های متفاوت در تصمیم‌گیری طبقه‌بندی می‌شوند. عامل تجاری به دنبال سودآوری، شرایط بازار، اجاره‌بهای زمین و حمل‌ونقل را در نظر می‌گیرد؛ درحالی‌که در عامل سنتی - که مربوط به کشاورزان پاره‌وقت یا سنتی است - کشاورزان زمین‌هایشان را بیشتر به‌دلیل عوامل فرهنگی، با توجه به عوامل اقتصادی مدیریت می‌کنند. مدل LUCITA^۱ (دیدمن و دیگران، ۲۰۰۴)، رفتار خانوارهای کشاورز را براساس راهبرد تصمیم‌گیری هوشمند شبیه‌سازی می‌کند و کیفیت سوخت، نوع امرار معاش، ویژگی‌های خانگی و کیفیت خاک را به‌عنوان عوامل کلیدی در فرایندهای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد. در مدل CLUES (والبونیا و دیگران، ۲۰۰۸)، از اطلاعات هزینه ثابت و پایدار، برای تعدیل احتمالات پارامترهای برآوردشده استفاده می‌شود (پارکر و دیگران، ۲۰۰۸). در مدل‌های کاربری اراضی در آمازون برزیل، بیشتر بر مدارهای سرمایه‌گذاری مربوط به نیروی کار در دسترس و همچنین چرخه زندگی خانوارها تمرکز شده است (دیدمن و دیگران، ۲۰۰۴؛ والکر و دیگران، ۲۰۰۲). لی (۲۰۰۵) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره، عوامل مؤثر را در تصمیم‌گیری شناسایی کرد و تغییرات کاربری اراضی در منطقه ویتنام را با استفاده از مدل عامل‌مبنا شبیه‌سازی کرد. در این پژوهش نیز با توجه به ساختار معیشتی حاکم و همچنین ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی، با در نظر گرفتن موقعیت مکانی و محیطی منطقه، مدل‌سازی تصمیم‌گیری کشاورزان برای تعیین نوع کشت، براساس مدل مفهومی زیر شبیه‌سازی شد.



شکل ۲. مدل مفهومی مدل‌سازی تصمیم‌گیری

روش پژوهش

از ویژگی‌های کلیدی سیستم‌های انسان و محیط در مدل‌سازی تصمیم‌گیری کاربری اراضی کشاورزی، ناهمگنی و نبود تجانس در سیستم‌های اجتماعی اقتصادی و محیط در اختیار افراد است که سبب اتخاذ تصمیم‌های متفاوت می‌شود. برای نمایش نامتجانسی و ناهمگنی در ساختار اجتماعی-اقتصادی، باید ساختار معیشتی منطقه مشخص شود. بدین منظور، از ۰/۱ جمعیت کشاورز^۱ منطقه، با ۴۰ خانوار مصاحبه شد و نقشه کاداستر نمونه تصادفی، با استفاده از ابزار GPS و با توجه به نوع کشت آن، به صورت نقشه‌های وکتور، از طریق نرم‌افزار ArcGIS ver.10 آماده شد.

برای تعیین ساختار معیشتی حاکم بر دشت سگزی، از معیارهای مؤثر پژوهش‌های مشابه در جهان (لی، ۲۰۰۵؛ شیندلر، ۲۰۰۹) استفاده می‌شود؛ بنابراین، سه گروه عامل در این بررسی مدنظر قرار دارند (جدول ۱):

۱. چهار متغیر منابع انسانی برای نمایش ویژگی‌های اجتماعی خانواده: تعداد، سطح تحصیلات، توانایی استخدام نیروی کار در قالب داشتن یا نداشتن وابستگی خانوادگی؛

۲. سه متغیر منابع زمینی برای بیان ویژگی‌های طبیعی، شامل مساحت کل زمین‌های تحت تصرف خانواده کشاورز، مساحت زمین‌های زیرکشت، مساحت زمین تحت تصرف به‌ازای هر فرد خانواده؛

۳. دو متغیر میزان درآمد سالیانه خانواده و درآمد سالیانه به‌ازای هر فرد، به‌عنوان مشخصه اقتصادی خانواده. برای کاهش پردازش‌های اضافی و تعیین عوامل کلیدی در ساختار معیشتی، به‌جای استفاده از ۱۶ متغیر ذکر شده در جدول ۱، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ استفاده شد. هدف از استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، کاهش متغیرهای اصلی به زیرمجموعه‌های کوچک‌تر است (کمپبل و دیگران، ۲۰۰۲) که ترکیبی خطی، از متغیرهای اصلی برای محاسبه حداکثر اطلاعات به‌شمار می‌رود (لی، ۲۰۰۵).

جدول ۱. متغیرهای بالقوه برای نمایش ساختار و راهبرد خانوارها در دشت سگزی

متغیر	توضیحات
H _{edu}	سطح تحصیلات سرپرست خانوار: ۱ نشان‌دهنده سطح سواد بالاتر از ابتدایی و ۰ به‌معنای بی‌سوادی است
H _{size}	تعداد افراد خانوار
H _{labor}	نیروی کار در دسترس خانواده (تعداد کارگران خانواده)
H _{depend}	نسبت وابستگی (تعداد نیروی کار وابسته به خانواده)
H _{holding}	کل زمین‌های تحت تصرف خانواده (h)
H _{cultivate}	زمین زیرکشت خانواده (h)
H _{income}	درآمد کل سالیانه خانواده (میلیون تومان)
H _{inAlfalfa}	درصد درآمد حاصل از کشت یونجه
H _{inGrain}	درصد درآمد حاصل از کشت جو
H _{inWheat}	درصد درآمد حاصل از کشت گندم
H _{inOther}	درصد درآمد حاصل از فعالیت‌های غیرکشاورزی
H _{livestock}	درصد درآمد حاصل از پرورش دام
H _{inOtherC}	درصد درآمد از محصولات متفرقه
H _{holding/pers}	زمین‌های تحت تصرف خانواده به‌ازای هر فرد (h/person)
H _{cultivate/pers}	زمین‌های زیرکشت خانواده به‌ازای هر فرد (h/person)
H _{income/pers}	درآمد کل خانواده به‌ازای هر فرد (میلیون تومان)

منبع: لی، ۲۰۰۵

۱. جمعیت کشاورزان منطقه، براساس داده‌های سازمان آمار، ۴۰۰ خانوار برآورد شد.

مؤلفه‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$PC_i = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad i = 1, 2, \dots, 16$$

X_1, X_2, \dots, X_n متغیرهای اولیه استاندارد شده و b_1, b_2, \dots, b_n پارامترهای وزنی هستند. مؤلفه اول PC1، بیشترین اطلاعات ممکن را شامل می‌شود. پس از محاسبه مؤلفه‌ها، هریک از آن‌ها با توجه به بیشترین سهم متغیرهای اولیه در تشکیل آن‌ها تعریف می‌شوند. در مرحله بعد، از روش خوشه‌بندی K-Means برای تعیین ساختار معیشتی حاکم بر نمونه استفاده می‌شود. خوشه‌بندی K-Means، روشی غیرسلسله‌مراتبی و دارای خوشه‌های جدا برای حداقل کردن واریانس‌های درون هر خوشه و حداکثر کردن فاصله بین خوشه‌ای است (کینتیق، ۱۹۸۲). پس از تحلیل توصیفی گروه‌های مشخص شده، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره^۱ که مدل M-Logit نیز نامیده می‌شود، عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری (تعیین نوع کشت)، بسته به گروه معیشتی آن کشاورز و براساس پایگاه داده مبتنی بر کرت (نقشه‌های کاداستر) تعیین می‌شود. مدل رگرسیون لجستیک، از مدل‌های معمول تابع حداکثر سود است (کیتامورا و دیگران، ۱۹۹۷؛ ویو، ۱۹۹۸). در این قسمت، برای هر خانوار کشاورز h ، با استفاده از مدل M-Logit بردار تصمیم $[P_{ij}]_{ij}$ تعریف می‌شود. محاسبه بردار تصمیم، با استفاده از تابع سود V_{hij} برای کرت z نوع کشت i از طریق عامل h صورت می‌گیرد. تابع سود برای هر نوع کشت، تابعی خطی از عوامل محیطی و انسانی است ($X_a \in A$) که اهمیت بسیار دارد (لی، ۲۰۰۵):

$$V_{hij} = \sum_a \beta_a X_a = [\beta_a]_a \times [X_a]_a$$

در رابطه بالا، X_a عوامل محیطی و انسانی و β_a ضرایب اولویت یا به عبارتی وزن‌های تخصیص یافته به هر فاکتور X_a برای عامل خانوار h است که به روش حداکثر احتمالات برای هر گروه عامل خانوار در نرم‌افزار SPSS 19 برآورد شده است. عامل خانوار در هر کرت z ، با M گزینه برای تصمیم‌گیری نوع کشت مواجه است. با توجه به اینکه مؤلفه‌های تصادفی تابع سود، از توزیع گامبل پیروی می‌کنند (داشتنلسون و دیگران، ۲۰۰۴)، می‌توان احتمال انتخاب گزینه i از M مجموعه نوع کشت را مطابق با رگرسیون لجستیک چندمتغیره به شکل زیر تعریف کرد (لی، ۲۰۰۵).

$$P_{hij}(\text{choice } i) = P(V_i \geq \max_{K \in M, K \neq i} [V_K]) = \frac{\exp(V_{hij})}{\sum_{i=1}^M \exp(V_{ij})}, \quad \text{with} \quad \sum_{i=1}^M P_{ij} = 1$$

با توجه به بردار احتمالات انتخاب $[P_{hij}]_{i \in M}$ ، عامل خانوار در نهایت، یکی از گزینه‌های مجموعه M تایی از نوع کشت‌ها را مطابق با فرایند انتخاب اولویت‌بندی شده انتخاب می‌کند. بدین صورت که مقادیر بردار احتمالات $[P_{hij}]_{i \in M}$ از صعودی به نزولی مرتب می‌شوند.

فرایند کلی انتخاب، با مراحل زیر صورت می‌گیرد:

الف) بردار احتمالات انتخاب، از صعودی به نزولی اولویت‌بندی می‌شود و بردار اولویت‌بندی شده را تشکیل می‌دهد $[P_{hij}]_{i \in M}$, ordered

ب) بدین ترتیب، مؤلفه اول بردار اولویت‌بندی شده، ماکزیمم احتمال انتخاب $Phij|i_{\max}$ را دربرمی‌گیرد. در اینجا برای انتخاب نهایی نوع کشت، از قانون تناسب تصادفی استفاده می‌شود (لی، ۲۰۰۵).

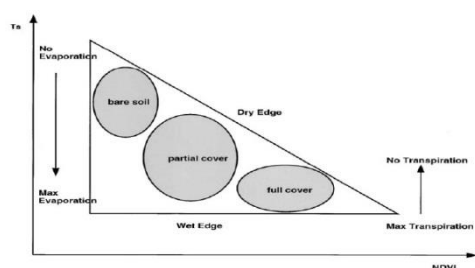
$$c \text{ choice } i_{\text{final}} = \begin{cases} \text{true} & \text{if } q \leq P_{hij} | i_{\max} \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases} \quad q \in (0,1)$$

در اینجا، q عددی تصادفی و شناور بین صفر و یک است.

ج) اگر $P_{hij|max}$ بزرگ‌تر باشد، خانوار ماکزیمم احتمال را انتخاب می‌کند. در غیر این صورت، به سراغ دومین گزینه می‌رود. با این روش می‌توان از عقلانیت محدود شده برای انتخاب نوع کشت توسط کشاورز استفاده کرد؛ به طوری که به کشاورز شناس انتخاب سایر گزینه‌ها- که ممکن است بهترین گزینه نباشند- را می‌دهد.

برای پیاده‌سازی مدل M-Logit در هر گروه معیشتی، باید متغیرهای وابسته و مستقل مشخص شوند. متغیر وابسته در مدل M-Logit، گزینه‌های نوع کشت (چهار گزینه گندم، جو، یونجه و سایر محصولات) برای انتخاب توسط خانوار کشاورز h است (جدول ۲). متغیرهای مستقل، شامل دو گروه ویژگی‌های زیست‌محیطی (مبتنی بر کرت) و ویژگی‌های اجتماعی- اقتصادی خانوارهای کشاورز هستند (جدول ۲). متغیرهای زیست‌محیطی، تمام عواملی هستند که بنا به شرایط منطقه، بر تصمیم کشاورز اثر می‌گذارند. این متغیرها شامل میزان افت آب‌های زیرزمینی ($P_{groundwater}$)، عوامل EC (P_{EC})، SAR (P_{SAR}) و PH (P_{PH}) خاک برای دستیابی به کیفیت خاک و میزان شوری آن در منطقه و عامل شیب (P_{slope}) برای تعیین سرعت جریان‌های سطحی و زیرسطحی به منظور نمایش پتانسیل فرسایش خاک و شاخص رطوبت خاک (P_{wet}) است.

در این پژوهش، از شاخص خشکسالی دما- پوشش گیاهی^۱ برای سنجش میزان رطوبت خاک استفاده شد (P_{wet}). برای محاسبه آن، نمودار پراکنش بین دمای سطح زمین^۲ و شاخص NDVI^۳، معمولاً تشکیل فضای مثلثی یا دوزنقه‌ای می‌دهند (گنو و دیگران، ۲۰۱۱) که با استفاده از این مثلث، شاخص TVDI از معادله زیر محاسبه می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. تشکیل مثلث NDVI/LST

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}}$$

$$LST_{min} = a + bNDVI$$

$$LST_{max} = a' + b'NDVI$$

ضرایب لبه مرطوب و لبه خشک، به ترتیب با a, b و a', b' نشان داده می‌شوند. LST_{min} حداقل دمای سطح را در مثلثی که از NDVI متناظر هر پیکسل محاسبه می‌شود، نشان می‌دهد که معرف لبه مرطوب^۴ است. LST_{max} حداکثر دمای سطح را در مثلثی که از NDVI متناظر هر پیکسل محاسبه می‌شود، نشان می‌دهد که معرف لبه خشک^۵ است (سنتهلت و دیگران، ۲۰۰۲). شاخص NDVI حاصل از باندهای قرمز و مادون قرمز به ترتیب نزدیک به باندهای ۴ و ۵ سنجنده OLI و شاخص LST حاصل از روش تک‌پنجره‌ای^۶ با استفاده از باند حرارتی ۱۰ سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ محاسبه شد و از پراکنش این دو شاخص و به دست آوردن ضرایب a, b و a', b' ، TVDI محاسبه شد و به عنوان شاخص رطوبت خاک (P_{wet}) به کار رفت. محاسبه TVDI در محیط نرم‌افزار Matlab 2012 انجام شد.

شایان ذکر است که ارزش هریک از این عوامل در کرت‌های کشاورزی خانوارها، براساس مقدار میانگین ارزش پیکسل‌های (30×30 m) درون کرت‌ها تهیه می‌شود و تأثیر آن بر پیش‌بینی تصمیم کشاورز در نظر گرفته می‌شود.

1. Temperature Vegetation Dry Index (TVDI)
2. Land Surface Temperature
3. Normalized Different Vegetation Index
4. Wet edge
5. Dry edge
6. Mono window

جدول ۲. فهرست متغیرهای مورد استفاده در مدل M-Logit برای انتخاب‌های کاربری اراضی

متغیر	توضیحات	منبع	ماژول مربوطه
متغیر وابسته: انتخاب کاربری اراضی توسط خانوارها P_{use}	۱ بیان‌کننده کاربری جو؛ ۲ برای گندم؛ ۳ برای یونجه؛ ۴ برای محصولات متفرقه و ۵ برای زمین‌های رها شده است.	مصاحبه + مشاهده‌های زمینی	محیط
متغیرهای مستقل: ویژگی‌های مهم کرت‌ها			
P_{EC}	میزان شوری خاک	با GIS (درون‌یابی مقادیر پروفیل خاک)	محیط
P_{SAR}	نسبت جذب سدیم	با GIS (درون‌یابی مقادیر پروفیل خاک)	محیط
P_{PH}	میزان PH خاک	با GIS (درون‌یابی مقادیر پروفیل خاک)	محیط
P_{Wet}	میزان رطوبت خاک	با RS (محاسبه TVDI)	محیط
$P_{groundwater}$	افت آب‌های زیرزمینی	با GIS (درون‌یابی مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سازمان آب منطقه‌ای)	محیط
P_{Slope}	شیب زمین	با GIS (محاسبه از DEM)	محیط
متغیرهای مستقل: ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی خانوارها			
H_{edu}	سطح تحصیلات سرپرست خانوار؛ ۱ نشان‌دهنده سطح سواد بیشتر از مدارس ابتدایی و راهنمایی و ۰ نشان‌دهنده بی‌سوادی است	مصاحبه	خانوار
H_{size}	تعداد افراد خانوار	مصاحبه	خانوار
H_{labor}	نیروی کار در دسترس برای خانواده (تعداد کارگران خانواده)	مصاحبه	خانوار
H_{depend}	نسبت وابستگی (تعداد وابستگی تقسیم بر نیروی کار)	مصاحبه	خانوار
$H_{holding/pers}$	زمین‌های متعلق به خانواده به‌ازای هر فرد (h/person)	مصاحبه	خانوار
$H_{cultivate/pers}$	زمین‌های زیر کشت خانواده به‌ازای هر فرد (h/person)	مصاحبه	خانوار
$H_{income/pers}$	درآمد کل خانواده به‌ازای هر فرد (میلیون تومان)	مصاحبه	خانوار

منبع: لی، ۲۰۰۵

بحث و یافته‌ها

برای تعیین ساختار معیشتی منطقه، با استفاده از PCA مؤلفه‌ها با بردار ویژه کمتر از یک، مؤلفه‌هایی با مقدار ویژه بیشتر از یک و دارای حداکثر اطلاعات شناسایی شدند (شکل ۳)؛ بنابراین، پنج مؤلفه اول - که ۷۷/۴ درصد از کل واریانس را دربرمی‌گیرند - انتخاب شدند. در جدول ۳، میزان سهم هر یک از متغیرها در تشکیل هر یک از مؤلفه‌های اصلی مشخص می‌شود. در ساخت مؤلفه اول ($PC1$)، متغیرهای زمین زیر کشت ($H_{cultivate} = ۰/۹۲۵$) و زمین هر مالک ($۰/۹۱۱$) $H_{holding}$ ، بیشترین میزان را به‌خود اختصاص داده است؛ بنابراین، این مؤلفه بیانگر متغیرهای مربوط به زمین است. برای سایر مؤلفه‌ها به‌ترتیب برای مؤلفه دوم ($PC2$)، عوامل درآمد غیرکشاورزی ($H_{inothor} = ۰/۸۴۳$) و درآمد کل کشاورز ($H_{income} = ۰/۷۳۶$) و درآمد به‌ازای هر فرد خانواده ($H_{income/pers} = ۰/۷۱۶$)، برای مؤلفه سوم ($PC3$)، عامل تعداد افراد خانوار ($H_{size} = ۰/۸۳۳$)، برای مؤلفه چهارم ($PC4$)، عوامل درآمد حاصل از کشاورزی شامل کاشت جو ($H_{inGrain} = ۰/۷۷۳$)

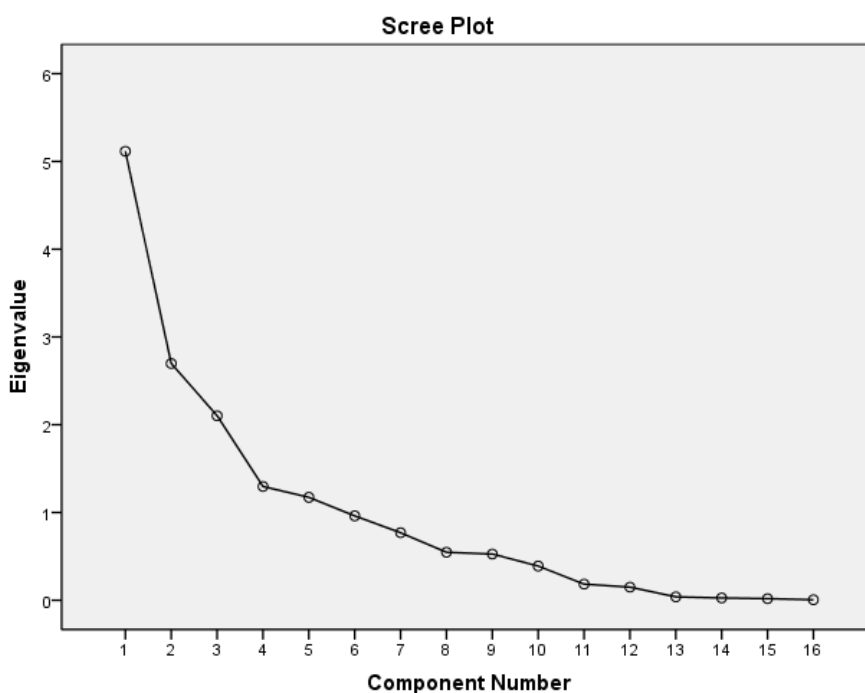
و کاشت یونجه ($H_{inAlfalfa} = ۰/۵۷۹$) و درنهایت، برای مؤلفه پنجم (PC5)، متغیر درآمد حاصل از کشت گندم ($۰/۸۹۸$) = $H_{inWheat}$)، بیشترین وزن‌ها را دارند؛ بنابراین، می‌توان مؤلفه دوم را به‌عنوان عامل درآمدهای غیرکشاورزی و مؤلفه‌های سوم، چهارم و پنجم را به‌ترتیب، تعداد افراد خانوار، درآمد حاصل از کشت جو و گندم معرفی کرد.

جدول ۳. میزان تأثیر هریک از عوامل در تشکیل مؤلفه

درآمد غیرکشاورزی (۱۶/۸۶)	تعداد افراد خانوار (۱۳/۱۴)	درآمد کشت جو (۸/۱)	درآمد کشت گندم (۷/۳۲)	زمین (۳۱/۹۷)	
۰/۲۶۸	۰/۷۲۹	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲	۰/۱۸۸	H_{age}
۰/۰۳۵	۰/۸۳۳	۰/۱۲۵	۰/۰۸۲	۰/۰۶۸	H_{size}
۰/۰۹۲	۰/۴۴۳	۰/۰۶۵	۰/۲۰۱	۰/۶۶۹	H_{labar}
۰/۱۵۹	۰/۲۱۱	۰/۰۲۶	۰/۳۱۶	۰/۷۳۹	H_{depend}
۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۲	۰/۲۰۵	۰/۹۱۱	$H_{holding}$
۰/۰۳۱	۰/۱	۰/۰۶۸	۰/۰۹۸	۰/۹۲۵	$H_{cultivate}$
۰/۷۳۶	۰/۲۱۱	۰/۳۵۴	۰/۱۴۶	۰/۴۰۹	H_{income}
۰/۱۶۱	۰/۰۷۷	۰/۵۷۹	۰/۰۱۲	۰/۰۹	$H_{inAlfalfa}$
۰/۲۰۶	۰/۲۹۸	۰/۷۷۳	۰/۰۳۴	۰/۰۹۸	$H_{inGrain}$
۰/۱۴۵	۰/۱۱۸	۰/۰۰۴	۰/۸۹۸	۰/۰۲۸	$H_{inWheat}$
۰/۸۴۳	۰/۱۲۱	۰/۰۶۵	۰/۰۱۲۲	۰/۳۶۴	$H_{inOther}$
۰/۴۷۴	۰/۲۹۱	۰/۶۹۵	۰/۱۹۴	۰/۳۳۷	$H_{livestock}$
۰/۲۴۸	۰/۴۷۴	۰/۴۵۶	۰/۲۴۱	۰/۰۷۴	$H_{inOtherC}$
۰/۰۸۱	۰/۲۴۰	۰/۰۹۵	۰/۲۳۷	۰/۸۵۳	$H_{holding/pers}$
۰/۷۱۶	۰/۰۷۷	۰/۲۸۸	۰/۰۴۴	۰/۴۶۱	$H_{income/pers}$
۰/۰۲۱	۰/۱۰۴	۰/۰۲۶	۰/۰۶۳	۰/۹۵۳	$H_{cultivate/pers}$

منبع: نگارندگان

پس از تعیین مؤلفه‌ها با استفاده از خوشه‌بندی K-means، سه گروه مشخص شدند که با استفاده از ویژگی‌ها و آمار توصیفی هر گروه، ساختار معیشتی حاکم بر منطقه به‌صورت زیر تعیین شد.

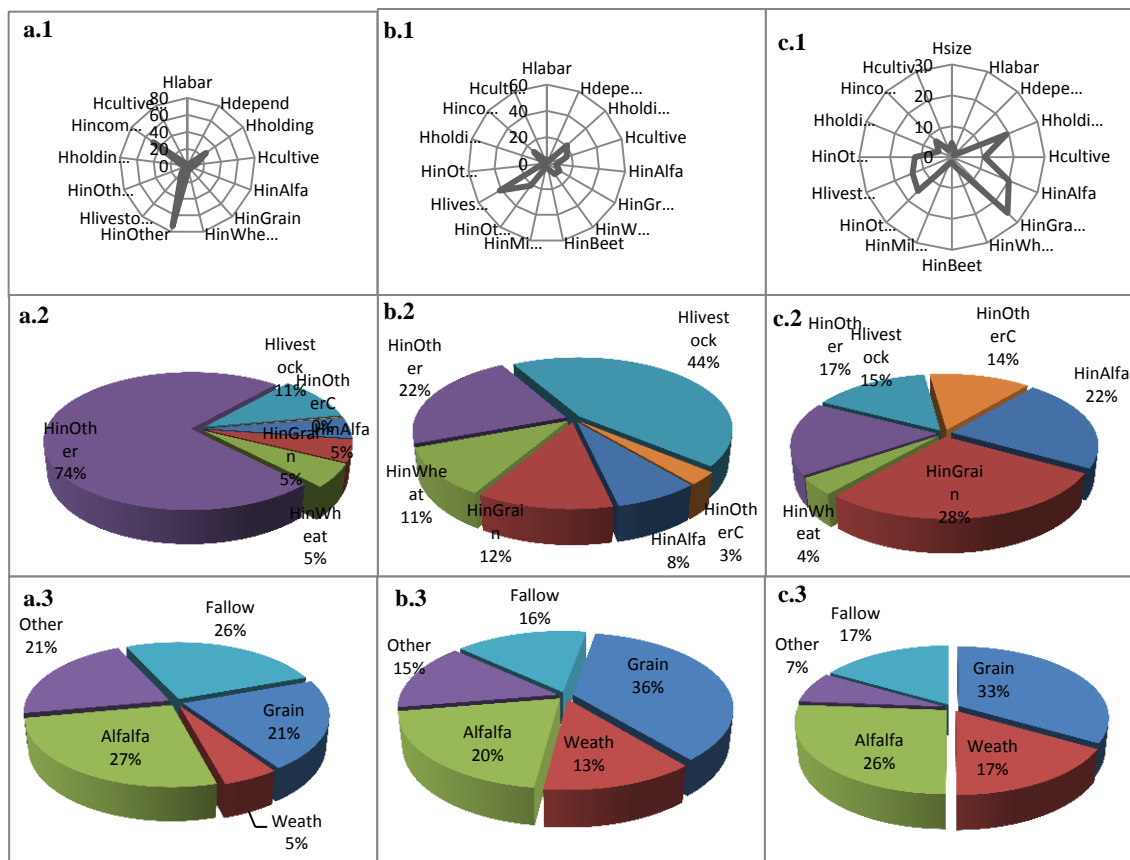


شکل ۴. شیب ملایم منحنی برای مقادیر کمتر از حد ویژه و داشتن حداکثر اطلاعات در مؤلفه‌هایی با مقدار ویژه

I خانواده‌های نوع

II خانواده‌های نوع

III خانواده‌های نوع



شکل ۵. «a.1, b.1, c.1» شاخص‌های کلیدی انواع معیشت سه گروه خانوار؛ «a.2, b.2, c.2» ترکیبات درآمدی و راهبردهای مختلف معیشتی سه گروه خانواده؛ «a.3, b.3, c.3» ترکیبات کاربری اراضی سه نوع خانواده

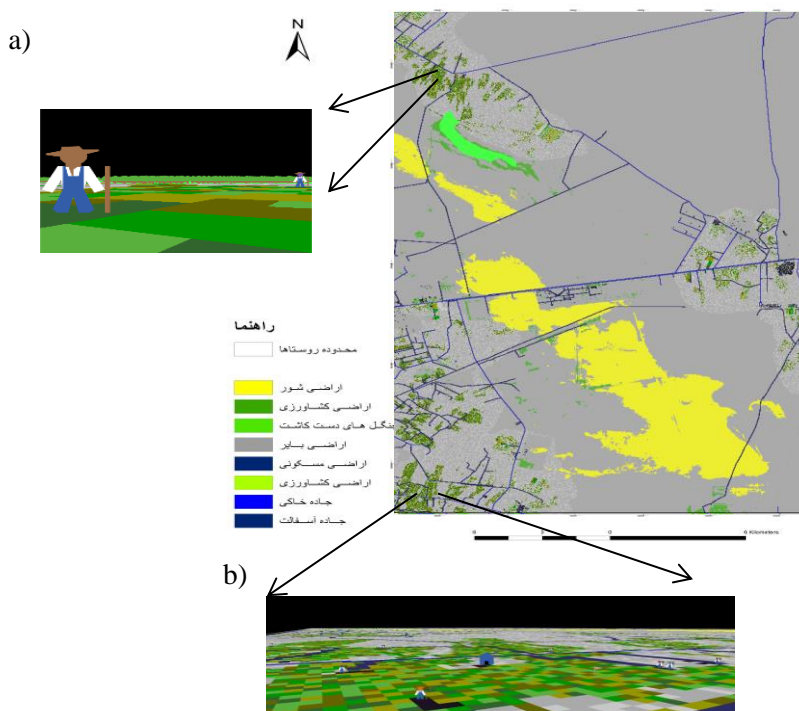
خانواده‌های گروه I، با توجه به دیاگرام رادار^۱ در شکل ۵.a.۱، در مقایسه با دو گروه دیگر، درآمد بالاتر و زمین‌های بیشتر دارند. بخش اعظم درآمد (۷۴ درصد) خانوارهای گروه I که حدود ۱۲ درصد از جمعیت نمونه‌گیری را تشکیل می‌دهد، با توجه به شکل ۵.a.۲ از درآمدهای غیرکشاورزی حاصل شده است. درمورد دیگران، سهم عمده‌ای از زمین‌های تحت تصرف، بدون استفاده رها شده است (شکل ۵.a.۳). خانواده‌های گروه II- که ۵۲ درصد از جمعیت نمونه را تشکیل می‌دهند- با توجه به دیاگرام راداری در شکل، ۵.b.۱ سطح مالی متوسط و زمین کمتری در مقایسه با گروه I دارند و بخش اعظم درآمد آن‌ها، از نگهداری دام (۴۴ درصد) به‌روش سنتی است. دیاگرام راداری خانواده‌های گروه III با ۳۵ درصد از جمعیت نمونه، حاکی از ضعیف‌تر بودن وضعیت مالی این گروه در مقایسه با دو گروه دیگر است (شکل ۵.c.۱). معیشت این نوع خانواده، بیشتر وابسته به کشاورزی، به‌ویژه کشت جو (۲۸ درصد) است که بیشترین نسبت زمین‌های کشت‌شده به کل زمین‌های تحت تصرف را دارد (شکل ۵.c.۱). در مجموع، خانواده‌های گروه I وضعیت مالی خوب و مناسب دارند و اغلب از قشر صنعتی منطقه (معدن‌دار، کارخانه‌دار، کارگاه‌دار، دارنده دامپروری صنعتی و...) و ساکن کلان‌شهرها هستند. درحالی‌که گروه II، سطح درآمدی متوسط از کشاورزی و دام و گروه III، سطح درآمدی ضعیف دارند. در گروه دوم، بیشترین درآمد از کشت جو است.

1. Radar diagram

در این مرحله، با پیاده‌سازی مدل M-Logit، عوامل مؤثر و میزان تأثیر آن‌ها (مقدار B_1 ها) برای محاسبه تابع سود و بردار احتمالات در تصمیم‌گیری کشاورز با توجه به ساختار معیشت با سطح معناداری ۰/۰۵ و ۰/۱ شناسایی شدند. آزمون کای اسکوئر مدل در گروه I، با سطح ۰/۰۵ معناداری خوبی ($P < ۰/۵$) را نشان می‌دهد (جدول ۴). در این گروه، مقدار ضریب R^2 ناگلکرک^۱ - که شاخص نسبت احتمال نیز نامیده می‌شود - ۰/۸۸ است. بدین معنا که ۸۸ درصد از کل تغییرات احتمال انتخاب کاربری اراضی، از طریق متغیرها قابل تبیین است. همچنین این مدل در این گروه، قدرت پیش‌بینی خوبی دارد؛ به طوری که از طریق آن می‌توان انتخاب گزینه‌های جو، گندم، یونجه، محصولات متفرقه و گزینه آیش را به ترتیب برای ۹۰، ۹۰، ۶۰، ۵۰ و ۸۰ درصد از نمونه به درستی پیش‌بینی کرد. با توجه به جدول ۴، از متغیرهای مؤثر بر تصمیم‌گیری در گروه اول برحسب نوع کشت، عوامل $H_{\text{holding_per}}(-)$ ، $P_{\text{EC}}(-)$ و $P_{\text{slope}}(-)$ برای کشت جو و گندم، $H_{\text{age}}(-)$ ، $H_{\text{holding_per}}(+)$ ، $P_{\text{wet}}(+)$ و $P_{\text{slope}}(-)$ در کشت یونجه و $H_{\text{age}}(-)$ ، $H_{\text{holding_per}}(+)$ ، $P_{\text{wet}}(+)$ و $P_{\text{EC}}(-)$ در کشت‌های متفرقه مؤثرند. شایان ذکر است که علامت داخل پرانتز، جهت تأثیر این عوامل را بیان می‌کند.

آزمون کای اسکوئر مدل M-logit در گروه II نیز سطح معنادار ($P < ۰/۵$) مناسبی را نشان می‌دهد. ضریب R^2 ناگلکرک در این گروه ۰/۶۷۷ است و کشت‌های جو، گندم، یونجه، محصولات متفرقه و زمین‌های رها شده، به ترتیب ۷۰، ۳۳/۳، ۱۴/۳، ۸۰ و ۴۵/۵ درصد از نمونه را به درستی پیش‌بینی می‌کنند. برای انتخاب کشت‌های جو، گندم و یونجه، عوامل مؤثر $H_{\text{age}}(+)$ ، $H_{\text{labor}}(-)$ ، $H_{\text{depend}}(+)$ ، $H_{\text{cultivate_per}}(+)$ ، $P_{\text{SAR}}(-)$ ، $P_{\text{PH}}(+)$ و $H_{\text{edu}=0}(-)$ هستند. برای کشت‌های متفرقه، $H_{\text{age}}(+)$ ، $H_{\text{labor}}(-)$ ، $H_{\text{depend}}(+)$ ، $H_{\text{cultivate_per}}(+)$ ، $P_{\text{EC}}(-)$ ، $P_{\text{groundwater}}(-)$ و $P_{\text{slope}}(-)$ تأثیرگذار تشخیص داده شدند. با پیاده‌سازی مدل M-Logit در گروه III، سطح بسیار معناداری ($P < ۰/۵$) نمایش داده شد. قدرت پیش‌بینی درست این مدل تجربی برای کاربری‌های جو، گندم، یونجه، محصولات متفرقه و زمین‌های رها شده به ترتیب ۷۰، ۷۲/۷، ۹۵، ۹۰ و ۹۶ درصد از نمونه است. عامل مؤثر در انتخاب نوع کشت کشاورزان گروه III در کشت جو $P_{\text{Slope}}(+)$ ، $P_{\text{EC}}(-)$ و $P_{\text{wet}}(+)$ در کشت گندم $H_{\text{income/pers}}(+)$ ، $P_{\text{EC}}(-)$ ، $P_{\text{Slope}}(-)$ و $P_{\text{wet}}(+)$ در کشت یونجه $P_{\text{EC}}(-)$ ، $P_{\text{Slope}}(-)$ و $P_{\text{wet}}(+)$ است. تأثیر عامل شیب، تقریباً در تمام انواع کشت‌ها در سه گروه (در صورت مؤثر بودن) منفی است که با فرضیه مسطح بودن زمین برای کشت هم‌راستا است.

عامل محیطی مؤثر در گروه‌های I و II، شوری و در گروه III شوری، نسبت جذب سدیمی و میزان اسیدیته خاک است. با توجه به حساسیت منطقه به بیابان‌زایی، همان‌طور که انتظار می‌رود، عوامل شیمیایی خاک، نقش مؤثری در تعیین انواع کشت دارند. پس از تعیین عوامل مؤثر و محاسبه ضرایب B، این ضرایب به صورت پایگاه داده وارد محیط نرم‌افزار Netlogo ver 5.0.5 شدند. سپس بردار احتمالات برای هر سرپرست خانوار کشاورز، شبیه‌سازی و محاسبه شد و با استفاده از قانون متناسب تصادفی، تصمیم نهایی کشاورز تعیین شد. شکل ۶ نقشه خروجی حاصل از شبیه‌سازی انواع کشت‌ها را در دشت سگزی نمایش می‌دهد. در شکل a و b، رنگ‌های مختلف انواع کشت‌ها را نشان می‌دهند؛ به طوری که سبز پررنگ معرف کشت یونجه، سبز کم‌رنگ نمایانگر محصولات متفرقه، قهوه‌ای نشان‌دهنده گندم و زرد نماینده کشت جو است.



شکل ۶. نقشه خروجی از مدل؛ شکل‌های a و b بزرگنمایی از شبیه‌سازی سبزی پرننگ = یونجه، سبزی کم‌رنگ = محصولات متفرقه، قهوه‌ای = گندم، زرد = جو

نتیجه‌گیری

در این مقاله، با مدل‌سازی تصمیم‌گیری کشاورز با محوریت استفاده از مدل M-Logit برای محاسبه بردار احتمالات در مدل عامل‌مبنا، نقش مؤثر و حیاتی ویژگی‌های شیمیایی خاک در تصمیم‌گیری کشاورزان دشت سگزی نمایش داده شد. با توجه به تفاوت عوامل مؤثر در هر گروه و برای هر نوع کشت می‌توان نتیجه گرفت که در گروه I با توجه به سطح درآمد بالا و بیشترین کسب درآمد از فعالیت‌های غیرکشاورزی، متغیر میزان درآمد سالیانه برای هر فرد، تأثیری منفی بر تصمیم‌گیری کشاورز برای انتخاب کاربری اراضی دارد و کسب درآمد بیشتر، به رغبت کمتر به کشاورزی در این منطقه منجر می‌شود. در گروه II، با توجه به استفاده عمده از روش‌های سنتی کشاورزی، سالمندان تمایل بیشتری به کشت جو به‌روش سنتی دارند و به‌علت نیروی کار گران‌قیمت و بالابودن دستمزد کارگران، تمایل به استفاده از نیروی کار خانوادگی بسیار بیشتر است. بی‌سوادی افراد، تأثیری منفی بر کشت و استفاده از روش‌های صنعتی کشاورزی دارد. آنچه از تحلیل تأثیر Ph می‌توان استنباط کرد این است که خاک این منطقه اسیدی است و هرچه Ph بیشتر باشد، خاک مرغوب‌تر و اسیدیته آن کمتر است. از سوی دیگر، روشن است که هرچه شوری کرت‌های کشاورزی کمتر باشد، محصولات کشاورزی بازدهی بالاتری دارند و افزایش شوری، سبب کاهش محصولات کشاورزی می‌شود. از طرفی روشن است که متغیرهای مؤثر محیطی در این گروه مانند Ph و EC، در این منطقه قابل‌اندازه‌گیری و درک مستقیم توسط کشاورز عامی نیستند، اما کشاورز می‌تواند این عوامل را به‌صورت تجربی بسنجد و از عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری باشد. محصولات کشاورزی، معمولاً در مناطقی با شیب ملایم کشت می‌شوند و هرچه شیب بیشتر باشد، خاک بیشتر در معرض فرسایش قرار می‌گیرد و مرغوبیت خود را از دست می‌دهد. میزان افت آب‌های زیرزمینی که در اینجا با متغیر $P_{\text{groundwater}}$ نشان داده می‌شود، از عوامل بسیار مؤثر ($P < 0/5$) بر کشت محصولات متفرقه است که کاهش محصولات با افزایش افت آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد. از آنجاکه کشاورزان گروه III، زمین‌های کمتر و سطح درآمد پایین‌تر از دو گروه دیگر دارند، پارامترهای محیطی، بیشترین تأثیر را بر تصمیم‌گیری کشاورزان در این گروه نشان می‌دهند که با توجه به

بیشترین سهم کشاورزی در کسب درآمد در این گروه در مقایسه با دو گروه دیگر، چنین نتیجه‌ای قابل‌انتظار است. در این پژوهش، با مدل‌سازی تصمیم‌گیری و نمایش تأثیر عوامل شیمیایی و فیزیکی خاک بر تصمیم‌گیری با توجه به موقعیت راهبردی منطقه در استان اصفهان و سیاست پایداری کشاورزی در این منطقه و تلاش برای جلوگیری از متروکه‌شدن روستاها، می‌توان برنامه و مدیریت مناسبی در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در آینده ارائه داد.

جدول ۴. پارامترهای برآوردشده برای گروه I (تعداد کرت‌ها = ۱۹)

کاربری اراضی a	جو		گندم		یونجه		محصولات متفرقه	
	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error	B
عدد ثابت	۱۶/۲۱۱	-۰/۵۴۷	۲۵/۸۰۱	-۱/۷۲۱	۲۴/۸۵۷	-۰/۰۵۱	۲۹/۷۳۳	-۰/۰۵۱
H _{age}	۵۴/۰۹۹	-۰/۸۹۷	۸۰/۱۶۵	-۳/۳۸۲	۸۴/۵۸۳	*-۰/۰۰۶	۱/۹۸۱	*-۰/۰۰۶
H _{holding_per}	۸/۷۸۸	*-۲۰/۷۱۳	۲۵۳/۶۸۹	*-۲۰/۵۲	۱۱/۷۷۳	*-۰/۰۶۴	۳/۶۳۴	*-۰/۰۶۴
H _{income_per}	۷۶/۴۳۵	-۶/۱۱۶	۱۸۶/۵۸۸	-۵۹/۳۷۳	۱۱۹/۵۶۵	-۰/۶۱۷	۱۴۲/۸۴۰	-۰/۶۱۷
H _{cultive_pers}	۰/۰۰۰	۲۴/۸۰۲	۵۰۹/۶۹۶	۲۲۶/۸۷۲	۰/۰۰۰	-۳/۳۱۷	۰/۰۰۰	-۳/۳۱۷
P _{EC}	۱۰/۹۰۴	*-۶/۲۷	۲۷/۵۰۴	*-۲۲/۳۵	۱۶/۵۶۸	*-۰/۳۴۷	۰/۶۵۰	*-۰/۳۴۷
P _{wet}	۲/۱۱۶	-۲/۸۷۲	۳/۴۴۶	-۲/۰۷۳	۱/۹۲۴	*-۱/۸۴۷	۱/۸۶۳	*-۱/۸۴۷
P _{Slope}	۱/۶۹۰	*-۱/۷۱۳	۳/۴۹۹	*-۲/۶۶۸	۱/۱۶۵	*-۰/۵۰۷	۱/۰۵۸	*-۰/۵۰۷

ارزیابی صحت مدل:

آزمون نسبت احتمال (آزمون کای اسکوئر): $P = ۰/۰۰۵ \text{ df} = ۲۸ \text{ } ۳۴/۴۹۸$

کاربری اراضی	درصد صحیح پیش‌بینی
جو	۹۰
گندم	۹۰
یونجه	۶۰
محصولات متفرقه	۵۰
زمین‌های رهاشده	۸۰
درصد کل	۷۳/۷

Pseudo R-Square	
Cox and Snell	۰/۸۳۷
Nagelkerke	۰/۸۸۰
McFadden	۰/۶۰۰

a. طبقه مرجع زمین‌های رهاشده انتخاب شده است.
b. * و ** نشان‌دهنده سطح معناداری به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۱ است.

منبع: نگارندگان

جدول ۵. پارامترهای گروه II (تعداد کرت‌ها = ۶۹)

کاربری اراضی a	جو		گندم		یونجه		محصولات متفرقه	
	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error	B
عدد ثابت	۸/۰۳۵	*۱۸/۲۸۵	۱۶/۶۴۶	۸/۳۲۲	۸/۰۴۵	*۱۷/۸۸۸	۹/۳۷۸	-۰/۵۳۴
H _{age}	۸/۶۹۵	*۱۸/۷۸۲	*۲۱/۵۱۰	۸/۹۷۸	۸/۷۰۰	*۱۸/۸۲۸	۹/۰۰۰	۱۴/۵۵۸
H _{labar}	۷/۰۲۵	*-۱۳/۲۴۹	-۱۴/۴۶۳	۷/۳۸۸	۷/۰۳۸	*-۱۳/۱۲۷	۹/۷۲۳	*-۱۹/۱۹۰
H _{depend}	۲۳/۰۵۶	*۵۱/۲۱۱	*۵۱/۶۱۶	۲۳/۱۸۴	*۵۰/۱۷۴	*۵۰/۱۷۴	۲۵/۷۴۲	*۵۶/۲۳۹
H _{holding_per}	۱۳/۹۸۴	-۲۲/۸۷۸	-۱۴/۳۴۱	۱۶/۱۷۰	-۲۳/۰۶۴	-۲۳/۰۶۴	۴۲/۴۵۸	*-۷۰/۸۲۳
H _{cultive_pers}	۲۱/۳۱۶	*۵۰/۷۹۴	۲۲/۸۲۳	۳۰/۹۵۹	*۵/۷۱۲	*۵/۷۱۲	۵۲/۴۹۶	*۱۱۰/۵۸۸
P _{EC}	۴/۹۷۴	۴/۹۹۲	-۷/۶۵۳	۵/۱۴۷	۴/۹۸۴	۵/۷۴۳	۹/۰۹۳	*-۱۵/۱۳۰
P _{Slope}	۰/۵۲۴	-۰/۳۹۶	-۰/۲۱۶	۰/۷۰۱	-۰/۵۱۰	۰/۰۴۰	۱/۲۲۴	*-۲/۰۳۶
P _{groundwater}	۱/۰۷۲	-۰/۷۴۸	۱/۶۶۲	۲/۷۱۲	۱/۱۰۴	۱/۲۳۷	۵/۱۵۹	*۱۰/۸۰۰
P _{SAR}	۴/۵۷۲	*-۹/۳۳۱	*-۸/۵۵۳	۴/۸۴۴	۴/۵۷۹	-۹/۷۲۳	۵/۰۱۰	-۰/۴۳۶
P _{PH}	۲/۷۱۹	*۵/۰۷۸	*۶/۲۲۶	۵/۴۵۷	۲/۷۳۷	*۵/۳۶۷	۲/۸۲۷	-۱/۵۰۱
[H _{edu=0}]	۴/۱۳۹	*-۷/۹۸۲	*-۱۱/۳۲۱	۴/۸۵۸	۴/۱۶۴	*-۸/۴۱۳	۸/۵۳۰	۳/۳۹۵

ارزیابی صحت مدل:

آزمون نسبت احتمال (آزمون کای اسکوئر): $P = ۰/۰۳۸ \text{ df} = ۵۲ \text{ } ۷۱/۴۳۵$

ادامه جدول ۵. پارامترهای گروه II (تعداد کرت‌ها = ۶۹)

Pseudo R-Square	
Cox and Snell	۰/۶۴۵
Nagelkerke	۰/۶۷۷
McFadden	۰/۳۳۸

کاربری اراضی	درصد صحیح پیش‌بینی
جو	۶۸
گندم	۳۳/۳
یونجه	۱۴/۳
محصولات متفرقه	۸۰
زمین‌های رهاشده	۴۵/۵
درصد کل	۵۰/۷

c. طبقه مرجع، زمین‌های رهاشده انتخاب شده است.

d. * و ** نشان‌دهنده سطح معناداری به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۱ است.

منبع: نگارندگان

جدول ۶. پارامترهای برآوردشده برای گروه III (تعداد کرت‌ها = ۴۲)

کاربری اراضی a	جو		گندم		یونجه		محصولات متفرقه	
	B	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error	B	Std. Error
عدد ثابت	-۳۴۷/۹۲۰	۴۵۹/۲۴۴	-۴۴۶/۵۶۹	۴۷۹/۶۲۰	-۴۱۰/۵۴۶	۴۶۹/۷۶۴	-۴۶۲/۴۹۷	۷۵۱/۶۲۶
H _{income_per}	-۵۰۹/۱۸۸	۴۶۳/۵۷۸	*۱۵۰۵/۸۱	۷۴۷/۴۸۱	-۱۲۵/۵۴	۶۳۱/۸۱۰	-۴۲۴/۸۶۷	۱۰۱۴/۵۷۰
P _{wet}	*۴۵/۸۵۵	۲۰/۶۳۹	*-۵۴/۵۷۴	۲۳/۰۹۹	*-۴۳/۶۴۴	۲۰/۰۷۳	-۵/۱۸۰	۴/۱۸۱
P _{Slope}	*۱۲/۴۸۰-	۲/۷۴۰	*۱۱/۹۵۴	۵/۲۸۸	۴/۷۱۰	۲/۸۸۶	**۶/۱۹۱	۳/۲۹۶
P _{EC}	**۴۱۲/۴۶۷-	۲۴۹/۰۹۳	**۵۰۳/۴	۲۷۵/۶۸۸	**۶۰۲/۶۹	۳۰۹/۶۹۱	**۵۴۱/۰۵۵	۲۸۲/۲۸۶

ارزیابی صحت مدل:

آزمون نسبت احتمال (آزمون کای اسکور): $P=0/000, df=52, 104/402$

کاربری اراضی	درصد صحیح پیش‌بینی
جو	۷۰
گندم	۷۲/۷
یونجه	۹۵
محصولات متفرقه	۹۰
زمین‌های رهاشده	۹۶
درصد کل	۸۵/۷

Pseudo R-Square	
Cox and Snell	۰/۹۱۷
Nagelkerke	۰/۹۶۲
McFadden	۰/۸۱۲

e. طبقه مرجع زمین‌های رهاشده انتخاب شده است.

f. * و ** نشان‌دهنده سطح معناداری به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۱ است.

منبع: نگارندگان

منابع

1. Ajzen, I., 1991, The theory of planned behavior, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 50, No. 2, PP. 179-211.
2. An, L. and López-Carr, D., 2012, Understanding Human Decisions in Coupled Natural and Human Systems, *Ecological Modeling*, No. 229, PP. 1-4.
3. Bebbington, A., 1999, Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty, *World Development*, Vol. 27, No. 12, PP. 2021-2044.
4. Bonabeau, E., 2002, Agent-based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 99, No. 3, PP. 7280-7287.
5. Brown, D. G., Riolo, R. and Robinson, D. T. and M. North W., 2005, Spatial Process and Data Models: Toward Integration of Agent-based Models and GIS, *Journal of Geographical Systems*, Vol. 7, No. 1, PP. 25-47.
6. Bui, D., 2003, Land Use Systems and Erosion in the Uplands of The Central Coast, Vietnam, *Environment, Development and Sustainability*, No. 5, PP. 461-476.
7. Campbell, B., J. A., et al., 2002, Assessing the Performance of Natural Resource Systems, *Conservation Ecology*, Vol. 5, No. 2, PP. 22.
8. Crawford, T. W., Messina, J. P., Manson, S. M. and O'Sullivan D., 2005, Complexity Science, Complex Systems, and Land-use Research, *Environment and Planning, B: Planning and Design*, Vol. 32, No. 6, PP. 792-798.
9. Entwisle, B., Malanson, G. R. R., Rindfuss and S. J., 2008, An Agent-based model of household Dynamics and Land use change, *Journal of Land Use Science*, Vol. 3, No. 73-93.
10. Evans, N. J. and Ilbery W., 1989, A Conceptual Framework for Investigating Farm-based Accommodation and Tourism in Britain, *Journal of Rural Studies*, Vol. 5, No. 3, PP. 257-266.
11. Farrington, J., Carney, D. and Ashley, C., 1999, Sustainable Livelihoods in Practice: Early Applications of Concepts in Rural Areas, Overseas Development Institute, London.
12. Gao, Z., Gao, W. and Chang, B., 2011, Integrating Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and Regional Water Stress Index (RWSI) for Drought Assessment with the Aid of LANDSAT TM/ETM+ images, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 13, No. 3, PP. 495-503.
13. Gasson, R., 1973, Goals and Values of Farmers, *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 24, No. 3, PP. 521-542.
14. Gustafsson, L. and Sternad, M., 2010, Consistent Micro, Macro and State-based Population Modeling, *Mathematical Biosciences*, Vol. 225, No. 2, PP. 94-107.
15. Grimm, V., Railsback, B. and Steven, F., 2005, Individual-based Modeling and Ecology, Princeton University Press, Vol. 25, No. 2, PP. 485-497.
16. Grimm, V., et al., 2005, Pattern-oriented Modeling of Agent-based Complex Systems: Lessons from Ecology, *Science*, Vol. 310, No. 5750, PP. 987-991.
17. Ilbery, B. W., 1978, Agricultural Decision-making a Behavioural Perspective, *Progress in Human Geography*, Vol. 2, No. 3, PP. 448-466.
18. Janssen, M. A. and Ostrom, E., 2006, Empirically-based, Agent-based Models, *Ecology and Society*, Vol. 11, No. 2, PP. 37-50.
19. Janssen, M. A., Walker, B. H., Langridge, J. and Abel, N., 2000, An Adaptive Agent Model for Analyzing Co-evolution of Management and Policies in a Complex Rangeland System, *Ecological Modeling*, Vol. 131, No. 2, PP. 249-268.
20. Kintigh, K. W. and Ammerman, A. J., 1982, Heuristic Approaches to Spatial Analysis in Archaeology, *American Antiquity*, Vol. 47, No. 1, PP. 31-63.

21. Knowler, D. and Bradshaw, B., 2007, Farmers' Adoption of Conservation Agriculture: A Review and Synthesis of Recent Research, *Food Policy*, Vol. 32, No. 1, PP. 25-48.
22. Köbrich, C., Rehman, T. and Khan, M., 2003, Typification of Farming Systems for Constructing Representative Farm Models: Two Illustrations of the Application of Multi-variate Analyses in Chile and Pakistan, *Agricultural Systems*, Vol. 76, No. 1, PP. 141-157.
23. Koczberski, G., Gibson K. and Curry, G. N., 2001, Improving Productivity of the Small Holder Oil Palm Sector in Papua New Guinea: A Socio-economic Study of the Hoskins and Popondetta Schemes, Australian National University, Research School of Pacific and Asian Studies.
24. Lambin, E. F., Geist, H. J. and Lepers E., 2003, Dynamics of Land-use and Land-cover Change in Tropical Regions, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 28, No. 1, PP. 205-241.
25. Le, Q. B., 2005, Ecology and Development Series, No. 29, 2005 Implementation for an Upland Watershed in the Central Coast of Vietnam.
26. Le, Q. B., Park, S. J. and Vlek, P. L. G., 2010, Land Use Dynamic Simulator (LUDAS): A Multi-agent System Model for Simulating Spatio-temporal Dynamics of Coupled Human-Landscape System, *Ecological Informatics*, Vol. 5, No. 3, PP. 203-221.
27. Le, Q. B., Park, S. J., Vlek, P. L. G. and Cremers, A. B., 2008, Land-Use Dynamic Simulator (LUDAS): A Multi-agent System Model for Simulating Spatio-temporal Dynamics of Coupled Human-landscape System. I. Structure and Theoretical Specification, *Ecological Informatics*, Vol. 3, No. 2, PP. 135-153.
28. Li, H., Li, C., Lin, Y. and Lei, Y., 2010, Surface Temperature Correction in TVDI to Evaluate Soil Moisture over a Large Area, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, Vol. 8, No. 3 & 4, PP. 1141-1145.
29. Le, Q. B. and Feitosa F. F., 2012, Comparison of Two Common Empirical Methods to Model Land-Use Choices in a Multi-Agent System Simulation of Landscape Transition: Implication for a Hybrid Approach.
30. Liu, J., et al., 2007, Complexity of Coupled Human and Natural Systems, *Science*, Vol. 317, No. 5844, PP. 1513-1516.
31. Matthews, R. B., et al., 2007, Agent-based Land-use Models: A Review of Applications, *Landscape Ecology*, Vol. 22, No. 10, PP. 1447-1479.
32. Müller, D., 2003, Land-use Change in the Central Highlands of Vietnam: A Spatial Econometric model Combining Satellite Imagery and Village Survey Data, *Agricultural Economics*, Vol. 27, No. 3, PP. 333-354.
33. Nelson, G., De Pinto, A., Harris V., Stone, S., 2004, Land Use and Road Improvements: A Spatial Perspective, *International Regional Science Review*, Vol. 27, No. 3, PP. 297-325.
34. Niazi, M., Hussain, A., 2011, Agent-based Computing from Multi-agent Systems to Agent-Based Models: A Visual Survey", *Scientometrics (Springer)*, Vol. 89, No. 2, PP. 479-499.
35. Niknam, T., Taherianfard, E., Pourjafarian, N. and Roustaa, A., 2011, An Efficient Hybrid Algorithm-based on Modified Imperialist Competitive Algorithm and K-Means for Data Clustering, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 24, No. 2, PP. 306-317. (*In Persian*).
36. Parker, D. C., et al., 2003, Multi-agent Systems for the Simulation of Land-use and Land-cover Change: A Review, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 93, No. 2, PP. 314-337.
37. Robinson, D. T., et al., 2007, Comparison of Empirical Methods for Building Agent-based Models in Land Use Science, *Journal of Land Use Science*, Vol. 2, No. 1, PP. 31-55.
38. Rokeach, M., 1968, A Theory of Organization and Change Within Value-Attitude Systems 1, *Journal of Social*, Vol. 24, No. 1, PP. 13-33.
39. Rubinstein, A., 1998, Modeling Bounded Rationality, MIT Press.
40. Sandholt, I., Rasmussen K. and Andersen, J., 2002, A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 79, No. 2, PP. 213-224.

41. Sawyer, R. K., 2003, Artificial Societies Multiagent Systems and the Micro-Macro Link in Sociological Theory, Sociological Methods and Research, Vol. 31, No. 3, PP. 325-363.
42. Schelling, T. C., 1971, Dynamic Models of Segregation, Journal of Mathematical Sociology, Vol. 1, No. 2, PP. 143-186.
43. Simon, H. A., 1955, A Behavioral Model of Rational Choice, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 69, 1, PP. 99-118.
44. Willock, J., et al., 1999, The Role of Attitudes and Objectives in Farmer Decision Making: Business and Environmentally-Oriented Behavior in Scotland, Journal of Agricultural Economics, Vol. 50, No. 2, PP. 286-303.
45. Wu, F., 1998, An Experiment on the Generic Polycentricity of Urban Growth in a Cellular Automatic City, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 25, No. 5, PP. 731-752.