اقتصادکشاورزی و توسعه، سال شانزدهم، شماره ٦٤، زمستان١٣٨٧

اندازه گیری ریسک کشت محصولات زراعی در استان همدان با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی تحت شرایط ریسک و نبود قطعیت

دکتر نعمت الله اکبری*، مهدی زاهدی کیوان**، منصور زاهدی کیوان***

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۲۴

چکیده

در پژوهش حاضر به کمک مدلهای برنامه‌ریزی تصادفی- که قادر به دخالت دادن شرایط ریسک و نبود قطعیت در جوابهای نهایی مسئله است - مناسبترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شامل گندم، جو، ذرت، چغندرقند، سیب‌زمینی و دانه‌های‌روغنی در استان همدان با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ تعیین و در نهایت جوابهای به دست آمده از این تکنیکها مقایسه شده است. تکنیکهای مورد استفاده در این پژوهش برنامه‌ریزی خطی معمولی، برنامه‌ریزی غیرخطی و برنامه‌ریزی موتاد هستند. نتایج حاکی است که محصولات گندم آبی، چغندرقند و سیب‌زمینی پرریسک‌ترین و آفتابگردان کم‌ریسک‌ترین

* دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان (نویسنده مسئول)
e-mail:nemata44@yahoo.com

**دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان
e-mail:mehdiqman@yahoo.com

*** کارشناس ارشد و مسئول حفظ‌نباتات استان همدان

محصول زراعی استانند. همچنین گندم دیم محصولی است که نسبت به ریسک واکنشی نشان نمی‌دهد. به بیان دیگر باید گفت که این محصول، محصولی با درجهٔ ریسک پذیری خنثی است. ذرت و جو نیز محصولاتی هستند که کشت آنها در بخش زراعی استان توصیه نمی‌گردد. همچنین جوابهای مدل برنامه‌ریزی درجه دوم (غیر خطی) و موتاد مشابه یکدیگر می باشد.

طبقه‌بندی JEL: C6, C61, Q1

کلیدواژه‌ها:

الگوی بهینه کشت، ریسک و نبود قطعیت، محصولات زراعی، برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه ریزی موتاد

مقدمه

کشاورزی فرایندی است که هرلحظه از زمان با مسئله ریسک و نبود قطعیت همراه است. برای مثال بسیاری ازمسائل و امورکشاورزی با طبیعت و محیط اطراف رابطه مستقیمی دارد.کاهش بارشهای جوی،سرمای شدید و یخبندان ،خشکسالی و شیوع بیماریهای گیاهی وآفات نباتی تنها بخش کوچکی از ریسکهایی است که کشاورزان در طول دوران کاری خود باآنها روبه‌رو هستند. بنابراین، کشاورزی ماهیتی وابسته به طبیعت دارد. از سوی دیگر بسیاری از این بلایای طبیعی تحت کنترل کشاورز نیست که این نیز به خودی خود بر حجم انبوه مشکلات و موانع پیش روی کشاورزان می افزاید. بازار نیز تأثیر زیادی در کشاورزی دارد. نوسانهای قیمت محصولات کشاورزی در اختیار کشاورزان نیست و به وسیله عواملی خارج از کنترل آنها تعیین می شود(دبرتین[1]،۱۳۷۶).

1.Debertin

کشاورزان در کشورهای در حال توسعه (مانند ایران) نسبت به همتایان خود در کشورهای توسعه یافته به دلیل عدم استفاده کامل و درست از تجهیزات و فناوریهای نوین تولید، نبود نظام مناسب قیمتگذاری محصولات، کمبود صنایع تبدیلی، بسته بندی و سردخانه‌های مجهز و مناسب برای نگهداری محصولات کشاورزی، نبود سیستم حمل و نقل مناسب به منظور انتقال محصولات از مراکز تولید به مراکز مصرف و بسیاری عوامل و شرایط دیگر با ریسک و نبود قطعیت بیشتری روبه‌رویند(حسن شاهی،۱۳۸۵). تعیین الگوی بهینه کشت با توجه به منابع در دسترس و در نظر گرفتن شرایط ریسک و نبود قطعیت بخش کشاورزی می تواند کشاورزان، مدیران و برنامه‌ریزان اقتصادی را در انتخاب نوع محصولات و میزان سطوح کشت آنها یاری‌دهد و بدینوسیله ضمن حداکثر استفاده از منابع موجود می توان تا حدودی زیادی به کاهش خسارات احتمالی به بخش کشاورزی کمک نمود(Hazell, 1982). در این میان مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی(مانند: برنامه ریزی خطی) می تواند ابزار مناسبی برای انتخاب الگوی کشت مناسب باشد(کوپاهی،۱۳۶۵)؛ اما چشمپوشی از تأثیر ریسک در درآمد کشاورزان در مدلهای برنامه‌ریزی بخش کشاورزی اغلب موجد نتایج غیر قابل قبولی شده و سیاستگذاری بر اساس نتایج به‌دست آمده را با مشکل مواجه ساخته است.

مدل برنامه ریزی خطی معمولی یکی از مهمترین، ساده‌ترین و در عین حال پرکاربردترین مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی می باشد، اما این مدل قادر به دخالت دادن شرایط ریسک و نبود قطعیت در جوابهای نهایی خود نیست. بدین منظور طی سالهای اخیر مدلهای متعددی ارائه گردیده است که قادرند شرایط ریسک و نبود قطعیت را در جوابهای نهایی خود لحاظ نمایند. این دسته از مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی را اصطلاحاً مدلهای برنامه‌ریزی تصادفی می نامند(Hazell and et al.,1986).

برخی از مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در مورد آثار واردکردن شرایط ریسک و نبود قطعیت در مدلهای تعیین الگوی بهینه کشت به شرح زیرند:

برینک و مک کارل (Brink and Mccarl,1978) در مطالعه‌ای به بررسی اینکه آیا در نظر گرفتن ریسک در مدلهای برنامه‌ریزی به پیش بینی رفتار واقعی در انتخاب الگوی کشت کمک می کند یا خیر،پرداختند. آنها به این منظور از مدل برنامه‌ریزی موتاد استفاده کردند. نتایج نشان داد که امکان مبادله میان ریسک و بازده مورد انتظار از طریق تابع مطلوبیتِ $E(U) = E - \phi s$ میسر می شود.

شورل و ارون (Schurle and Erven,1979) حساسیت مرزهای کارایی را – که با استفاده از مدل موتاد برای تعدادی از مزارع ایالت اوهایو به دست آوردند – مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها برای ساختن مدل از داده‌هایی استفاده کردند که طی ۸ سال متوالی از سه مزرعه جمع آوری شده بود.نتایج مطالعه آنان نشان داد که تنوع، اثر مهمی روی ریسک و بازده دارد. همچنین طرحهای زراعی متنوعتر، میزان بازده و ریسک کمتر دارند.

هازل (Hazell, 1971) در مقاله‌ای یک روش خطی ارائه نمود که برای حل مدل برنامه‌ریزی تصادفی درجه دوم (این تکنیک برای وارد نمودن ریسک در ضرایب تابع هدف به‌کار گرفته شده و غیر خطی است) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل خطی ارائه شده – که به مدل برنامه‌ریزی موتاد شهرت دارد – تقریب بسیار مناسبی برای جوابهای مدل غیر خطی برنامه‌ریزی تصادفی درجه دوم ارائه می نماید.

هازل و همکاران (Hazell and et al., 1986) در مطالعه‌ای اهمیت تجربی تلفیق ریسک و رفتار ریسک‌پذیری را بررسی کردند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که وقتی ضریب ریسک گریزی بیشتر از صفر در مدل لحاظ شود ($\phi \geq 0$)، بهبود آشکاری در پیش‌بینی‌مدل‌پدید می‌آید و بهترین جواب در ضریب ریسک گریزی معادل با ۱/۵ خواهد بود.

کهخا (Kehkha, 2005) به کمک برنامه ریزی موتاد به بررسی و تحلیل ریسک کشت محصولات زراعی در دو شهرستان رامجرد و سرپنیران از توابع استان فارس پرداخته است . نتایج حاصل حکایت از این دارد که تغییرات سود ناخالص یا درآمد، تأثیر بسیار مهمی در الگوی کشت محصولات دارد و این تغییرات روی کشاورزان مختلف و مناطقی با شرایط

گوناگون مختلف می باشد. به علاوه الگوی بهینه مزرعه هایی که تعداد بیشتری محصول دارند (تنوع کشت) دارای بازده پایین‌تر است، اما درجه اطمینان پذیری بالاتری دارد.

ترکمانی و کلایی (۱۳۷۸) تأثیر ریسک را در الگوی بهره‌برداران کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی موتاد و تارگت موتاد مشخص ساختند. نتایج نشان داد که با افزایش ریسک، الگوی برنامه‌ریزی توأم با مخاطره نسبت به برنامه‌ریزی خطی معمولی، به جایگزین کردن محصولات دارای بازده بالاتر به جای دیگر محصولات تمایل پیدا می کند.

کلایی(۱۳۸۰) در مقاله ای به بررسی الگوی بهینه در مزارع نمونه در منطقه زرقان استان فارس پرداخته است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که به طور کلی افزایش پارامترهای الگو موجب جایگزینی محصولاتِ با درآمد ناخالص و نوسانهای قیمت بیشتر (مانند پیاز) به جای محصولات دارای بازده ناخالص و نوسانهای قیمت کمتر شده است.

عزیزی و ترکمانی(۱۳۸۱) با استفاده از برنامه‌ریزی موتاد، چهار گونه عمده درخت راش، ممرز، بلوط و توسکا در استان گیلان را با استفاده از روش موتاد مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می دهد که با افزایش درآمد انتظاری، سطح زیر کشت بلوط و توسکا کاهش می‌یابد.

حسن شاهی(۱۳۸۵) با به کارگیری دو مدل برنامه ریزی تارگت موتاد و موتاد پیشرفته طی سالهای زراعی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ در شهرستان ارسنجان الگوی بهینه کشت محصولات منطقه را تعیین کرد و نشان داد که با تغییر پارامتر ضریب ریسک، ضمن ثابت ماندن سود ناخالص و ریسک درآمدی، ترکیب کشت نیز تغییر می کند.در این مطالعه ذرت و گوجه فرنگی بیش از همه از تغییر ضریب ریسک متأثرمی‌شوند. همچنین مدل موتاد پیشرفته نسبت به مدل موتاد- هدف، الگوهای زراعی کم ریسک‌تر را به کشاورزان ارائه می دهد.

با نگاهی به آمار و ارقام بخش کشاورزی کشور مشاهده می گردد که استان همدان یکی از استانهای مهم تولید کننده محصولات زراعی در سطح کشور می باشد. براساس آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی کشور، استان همدان ۶/۲۹ درصد از کل تولید گندم،

۴/۹۹درصد از کل تولید محصول جو، ۶/۵ درصد از کل تولید چغندرقند،۳/۵ درصد از کل تولید دانه های روغنی، ۲/۸ درصد از کل تولید ذرت و ۱۱/۳درصد از کل تولید سیب زمینی کشور را به خود اختصاص داده است. اما از سویی اقلیم خاص این استان و بروز نوسانهای شدید آب و هوایی (خشکسالی و سرمازدگی) و قیمت فروش محصولات در سالهای اخیر منجر به سردرگمی کشاورزان و مدیران بخش کشاورزی در انتخاب محصول مناسب برای کشت در مزارع این استان گردیده است. سؤال اساسی در پژوهش حاضر این است که مناسبترین الگوی کشت محصولات زراعی با لحاظ شرایط ریسک و نبود قطعیت در استان همدان چیست؟ به عبارت دیگر کم ریسک ترین و پر ریسک ترین محصولات زراعی استان همدان کدامند؟

روش تحقیق

در حالت بهینه‌سازی، بر اثر وجود شرایط ریسک و نبود اطمینان، اصول و روشهای استاندارد بهینه‌سازی فرو می‌ریزد؛ زیرا دراین شرایط به جای تعیین مقادیر دقیق متغیرهای داده و ستانده، فقط می‌توان دامنه‌ای یا احتمالی برای یک مقدار معین ارائه کرد. اجزای ریسک در تابع تولید را با نوشتن معادله سود بهترمی توان درک کرد. بر این اساس تابع سود یا بازده خالص هر محصول را می توان از رابطه ۱ محاسبه نمود:

(۱)

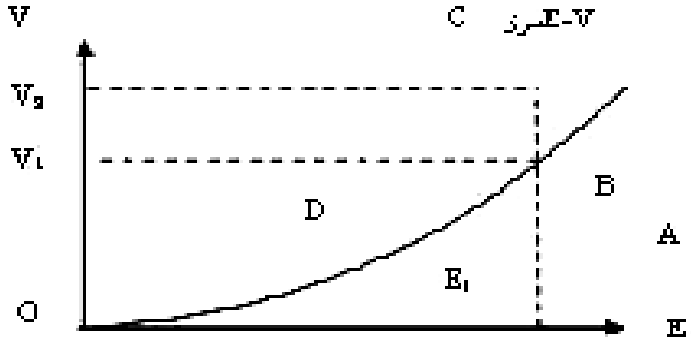
$$\pi = p_y y - \sum p_i x_i - F$$

که در این رابطه π بازده خالص یا سود محصول مورد نظر، p_y قیمت فروش محصول،y میزان عملکردیا تولید محصول می‌باشد.p_i نیز قیمت نهاده iام است که در تولید محصول به کار گرفته می‌شود و x_i هم میزان نهاده iام می‌باشد که برای تولید محصول مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین در این رابطه F معرف هزینه‌های ثابت مراحل تولید محصول است.اگر فرض شودکه هدف کشاورز حداکثر کردن سود یا بازده خالص خود باشد، در این صورت در

شرایط نبود قطعیت و ریسک پنج عامل وجود دارد که می‌توانند بر میزان سود یا بازده خالص کشاورز تأثیرگذار باشند. این ۵ عامل به ترتیب عبارتند از : P_y, y, P_i, x_i و F. هر یک از این عوامل به تنهایی و یا ترکیبی از آنها می تواند در شرایط ریسک و نبود قطعیت بر میزان سود و بازده کشاورز تأثیرگذار باشد(سانخایان،۱۳۷۵).

الگوی انتظار- پراکندگی(درآمد انتظاری- واریانس درآمد انتظاری) یا $(E-V)$ برای تبیین اینکه چرا مدیران همیشه برای حداکثر کردن سود تلاشی نمی‌کنند به وسیله نظریه‌پردازان تصمیم‌گیری نوین تکوین یافته است. کشاورزان به راستی ممکن است برای حداکثر کردن چیزی کوشش کنند، اما این چیزممکن است لزوماً سود نباشد. تجزیه و تحلیل $(E-V)$ با این فرض شروع می‌شود که کشاورز در جستجوی حداکثر کردن مطلوبیت است که این مطلوبیت تابعی از درآمد مورد انتظار و پراکندگی(واریانس) درآمد مورد انتظار می‌باشد. فرض بر این است که با افزایش درآمد مورد انتظار، مطلوبیت مدیر افزایش و با افزایش پراکندگی درآمد مورد انتظار مطلوبیت مدیر کاهش می یابد .این موضوع گویای آن است که یک بازده مورد انتظار بزرگتر به یک بازده مورد انتظار کوچکتر ترجیح داده می شود و یک پراکندگی کوچکتر بر یک پراکندگی بزرگتر ارجحیت دارد. برای به کار بردن این تجزیه و تحلیل ،پراکندگی درآمد مورد انتظار باید به عنوان مقیاس یا پیمانه برای ریسک مورد قبول قرار گیرد و بنابراین ، فرض شده است که مدیران (کشاورزان) ریسک گریزند.این مرز $(E - V)$ در مورد هر سطح ممکن درآمد مورد انتظار، حداقل ممکن پراکندگی(واریانس) مربوطه را نشان می دهد .با توجه به نمودار ۱، اگر مدیر خواهان درآمد مورد انتظار مساوی E_1 باشد، حداقل پراکندگی را که باید تحمل کند V_1 است. بنابراین با فرض معین (ثابت)بودن منابع موجود کشاورز، نقطه B درآمد موردانتظار و پراکندگی حاصل از یک برنامه بخصوص مزرعه را نشان می‌دهد(جان پی دال،۱۳۶۶).سایر نقاط بالای مرز E-V می تواند قابل حصول باشد؛ به این معنی که کشاورزمی‌تواند دارای منابعی برای تقبل برنامه‌های مزرعه‌ای با آن مقادیر

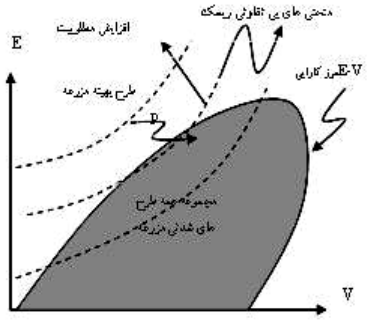
درآمد و پراکندگیهای بخصوص باشد، اما از آنجا که وی پراکندگی کمتر را به پراکندگی بیشتر ترجیح می‌دهد، برنامه مزرعه‌ای مرز مذکور را هرگز به کار نخواهد برد .وی ممکن است قادر به تولید در نقطه C باشد، اما انجام چنین کاری غیر عقلانی است؛ زیرا با فرض درآمد مورد انتظار مساوی E_1،V_1 به V_2مرجح است.



نمودار ۱

با توجه به نمودار ۲ می‌توان گفت که مرزE-V در مورد یک مزرعه بخصوص می‌تواند از نظر مفهوم تعیین شود به این طریق که درآمد مورد انتظار و پراکندگی آن درآمد در مورد همه برنامه‌های قابل حصول مزرعه محاسبه می شود و سپس نقاطی که حداقل پراکندگی را درمورد هر سطح درآمد مورد انتظار نشان می‌دهند، به یکدیگر متصل می‌شوند. مرز مزبور از مبدأ شروع می‌شود؛ زیرا حداقل در بلند مدت کشاورز می‌تواند با ریسک صفر نقدینه نگهداری کند. با داشتن فرضیات مربوط به ریسک گریزی تجزیه و تحلیل E-V، کشاورز همیشه برنامه روی مرز کارایی درآمد – پراکندگی مورد نظر را ترجیح می‌دهد، اما سطوح درآمد و پراکندگی زیر مرز را نمی‌توان به‌دست آورد. تجزیه و تحلیل E-V برای نشان دادن این موضوع به کار می‌رود که چرا کشاورزان یک منطقه معین با مجموعه‌های مشابه منابع، ترکیبات مختلف ستانده تولید می‌کنند.خط مرزی نشان داده شده در نمودار ۲ مبین مجموعه طرحهای کارای کشت محصولاتی است که در برابر تصمیم‌گیرنده ریسک گریز قرار دارد.

طرحی که در نمودار ۲ با نقطه P مشخص شده است، طرح بهینه می‌باشد، زیرا در آن نقطه V=0 است. باید توجه کرد که نقطه بهینه با تغییر مجموعه منحنیهای بی تفاوتی ریسک تغییر می‌کند (Hazell & et al., 1986).



نمودار۲

تکنیکهای برنامه‌ریزی مورد استفاده در این پژوهش برای تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منتخب استان به ترتیب: مدل برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی درجه دوم تصادفی و برنامه‌ریزی موتاد می‌باشند. دوره زمانی مورد مطالعه در این تحقیق سالهای زراعی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ است.آمار و اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از سایت اینترنتی وزارت جهادکشاورزی ایران، سازمان جهاد کشاورزی استان همدان و مراکز جهاد شهرستانهای این استان جمع‌آوری شده است.از آنجا که در الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی، همگنی بهره‌برداران مهم است و در این مطالعه جامعه آماری یک استان می‌باشد، لذا در به کارگیری اطلاعات و آمار مورد استفاده در تجزیه و تحلیل‌های مطالعه از مقادیر میانگین استفاده شده است. به عبارت ساده‌تر کلیه ضرایب مورداستفاده در مدلها متوسط مقادیر جمع‌آوری شده از اطلاعات و آمار مراکز مختلف جهاد استان (شامل: همدان، ملایر، نهاوند،تویسرکان، بهار و رزن) می‌باشند. در این تحقیق فرض شده است که عوامل مهم و اساسی ایجادکننده ریسک و نبود قطعیت در بخش زراعت استان همدان به نحوی سودخالص دریافتی کشاورزان را تحت تأثیر

قرار می‌دهند. برای مثال، خشکسالی، سرمازدگی، نوسانهای قیمت محصولات و ... به نحوی بر سطح کشت و میزان تولید محصولات و در نتیجه میزان سودکشاورزان تأثیرگذارند.مدل برنامه‌ریزی مناسب برای انجام این کار را می توان در رابطه ۲ مشاهده کرد (Hazell & et al ., 1986).

$$MinV = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} X_j X_k \sigma^{jk} \qquad (۲)$$

$$S.T.:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \overline{C}_j X_j = \lambda$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \le b_i (i = 1,2,...,m)$$

$$X_j \ge 0 (j = 1,2,...,n)$$

دراین مدل σ_{jk} معرف کواریانس مابین سود کسب شده از کشت یک هکتار از محصول j ام نسبت به محصول k ام می‌باشد. در صورتی که $j = k$ باشد، کواریانس به واریانس تبدیل می گردد. $\overline{C}_j$ معرف میانگین سود j امین محصول در دوره مورد بررسی و λ یک پارامتر ثابت و نشاندهنده بیشینه درآمد انتظاری قابل حصول از بنگاه است. رابطه ۲ یک مدل برنامه‌ریزی درجه دوم نسبت به متغیر X است، لذا مدل فوق را باید به کمک الگوریتم برنامه‌ریزی درجه دوم حل نمود. همچنین a_{ij} معرف ضرایب فنی مدل است و میزان استفاده از نهاده i ام برای یک هکتار از محصول j ام را نشان می دهد. b_i هم کل منبع i ام در دسترس بنگاه می باشد. از سوی دیگر $\sum_j \overline{C}_j X_j$ معرف مجموع میانگین سود انتظاری (E) و مساوی مجموعه‌ای از پارامترهای λ است. با تغییر λ در روی دامنه مورد قبول برای آن، مجموعه‌ای از جوابها حاصل می شود که با توجه به قیود مسئله، مینیمم واریانس مجموع سود الگوهای کشت را به تصمیم‌گیرندگان و مدیران این بخش ارائه می دهد. مقدار پارامتر λ از صفر تا E_{max} در حال تغییر بوده و قابل قبول می‌باشد. برای محاسبه E_{max} از

مسئله برنامه‌ریزی خطی استاندارد با توجه به قیود موجود در مسئله استفاده می‌شود. روش انجام کار به صورت رابطه ۳ می‌باشد (Hazell & et al., 1986).

$$
\begin{aligned}
&E_{max} = Max \sum_{j=1}^{n} \overline{C}_j X_j \\
&S.T: \\
&\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i (i = 1,2,...,m) \\
&X_j \geq 0 (j = 1,2,..,n)
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

با تغیر دادن مقدار λ در دامنه صفر تا E_{max} - که دامنه‌شدنی و مورد قبول‌است - و با نشاندن آن در معادله برنامه‌ریزی درجه دوم رابطه ۲، جوابهای متفاوتی برای E و V به دست آمد که همان مجموعه‌های کارایی $E-V$ و یا مرزکارایی طرحهای کشت محصولات می باشد. از آنجا مدل برنامه‌ریزی نشان داده شده در رابطه ۲ یک مدل غیر خطی می‌باشد و لذا حل آن می‌تواند پژوهشگران را با مشکل مواجه سازد، هازل در سال ۱۹۷۱ یک مدل برنامه‌ریزی تحت عنوان موتاد را معرفی نمود که ضمن خطی بودن، جوابهای آن در حقیقت تقریب مناسبی برای جوابهای مدل برنامه‌ریزی نشان داده در رابطه ۲ می‌باشند. فرم جبری این مدل را می توان در رابطه ۴ مشاهده نمود(همان منبع).

$$
\begin{aligned}
&Min \sum_{t} z_t \\
&S.T..: \\
&\sum_{t} (C_{jt} \quad \overline{C}_j) X_j + Z_t \geq 0 \\
&\sum_{j} \sum_{j} \overline{C}_j X_j = \lambda \\
&\sum_{t} a_{ij} X_j \leq b_i \\
&X_j, Z^{-}_t \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

در این رابطه $\sum_t Z_t^-$ معرف مجموع انحرافهای منفی درآمدهای زیر میانگین می‌باشد. همچنین متغیرهای تصمیم یا همان مجهولات مسئله در رابطه۴ عبارت از X_j و Z_t^- است که از حل مدل محاسبه می‌گردند. مدل برنامه‌ریزی موتاد، مجموع انحرافات منفی درآمدهای مزرعه از درآمد انتظاری (میانگین درآمدها) را مینیمم می‌سازد. در حقیقت برنامه‌ریزی موتاد یک روش تقریبی برنامه‌ریزی خطی برای حل مدل برنامه‌ریزی درجه دوم می‌باشد. امروزه به دلیل سادگی در محاسبه جواب مدلهای برنامه‌ریزی خطی، در مدلهای ریسک کشاورزی بیشتر از برنامه ریزی موتاد استفاده می‌شود (Hazell & et al., 1986).

هدف از به کارگیری تکنیکهای مورد بحث در این پژوهش دستیابی به بهترین الگوی کشت محصول با در نظر گرفتن قیود و محدودیتهای تولید در استان همدان و نیز توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت بخش کشاورزی دراین استان، به منظور دستیابی به بالاترین سطح درآمدی در بخش کشاورزی و یافتن پر ریسک ترین و کم ریسک ترین محصولات زراعی در این استان می باشد.در این پژوهش سطح زیر کشت مهمترین محصولات زراعی منتخب در استان به عنوان متغیرهای تصمیم مورداستفاده قرار گرفته است.این محصولات عبارتند از: گندم(آبی و دیم)، جو (آبی و دیم)، ذرت،آفتاب‌گردان، چغندرقند و سیب‌زمینی. همچنین مهمترین محدودیتهای پیش روی بخش زراعت استان عبارتند از:محدودیت زمین زراعی(آبی و دیم)، محدودیت آب، محدودیت سرمایه، محدودیت نیروی کار، محدودیت کود شیمیایی، محدودیت تراکتور، محدویت سموم دفع آفات نباتی، محدودیت غیر منفی بودن سطوح زیر کشت محصولات.

نتایج و بحث

به منظور حل مدل برنامه‌ریزی تصادفی درجه دو و موتاد نیاز به محاسبه مقدار بیشینه پارامتر سود انتظاری (λ) است که به کمک مدل برنامه ریزی خطی می توان مقدار آن را محاسبه نمود. نتایج به دست آمده از حل مدل برنامه ریزی خطی به صورت جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. نتایج حل مدل برنامه ریزی خطی برای محصولات زراعی منتخب استان همدان

قیمت سایه‌ای (میلیون ریال)	محدودیتها	هزینه فرصت (میلیون ریال)	جواب بهینه	الگوی کشت محصول (هکتار)
۰/۷۳۹۵	زمین آبی	-۰/۲۱۰۳	۰	گندم آبی (هکتار)
۰/۲۰۲۰	زمین دیم	۰	۵۰۷۶۴۶	گندم دیم (هکتار)
۰/۵۵۴۱	آب	۰	۶۶۲۰	جو آبی (هکتار)
۰/۱۲۰۵	سرمایه	-۰/۲۴	۰	جو دیم (هکتار)
۰	نیروی کار	-۰/۴۱۶	۰	ذرت (هکتار)
۰	کود	۰	۳۷۲۹۲۰	آفتابگردان (هکتار)
۰	سم	-۰/۲۱۳	۰	چغندر قند (هکتار)
۰	تراکتور	-۰/۵۱۴	۰	سیب زمینی(هکتار)
۰	مدیریت			
۰	تناوب	۱۷۷۱۱۲۸		درآمد انتظاری (λ) (میلیون ریال)

منبع: نتایج تحقیق

نتایج به دست آمده از مدل برنامه ریزی خطی برای بخش زراعت استان نشان می‌دهد که مناسبترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی به منظور دستیابی به بالاترین سطح از سود، با توجه به قیود و محدودیتهای پیش روی کشت، ۵۰۷۶۴۶ هکتار گندم دیم، ۶۶۲۰ هکتار جو آبی و ۳۷۲۹۲۰ هکتار آفتابگردان می‌باشد که این الگوی کشت سودی در حدود ۱۷۷۱۱۲۸ میلیون ریال نصیب بخش کشاورزی استان می‌نماید.

همچنین نگاهی به نتایج جدول ۱ نشان می‌دهدکه قیود و محدویتهای کلیدی و مهم در بخش زراعت استان عبارتند از: محدودیتهای زمین زراعی (آبی و دیم)، محدویت آب و محدودیت سرمایه که نقش بسیار مهمی در ساختار مدل و نحوه تعیین سطح زیر کشت محصولات در این استان دارند. نکته جالب توجهی که حل مدل برنامه‌ریزی خطی به دست می‌دهد، مفهومی تحت عنوان قیمت سایه‌ای[1] است. با نگاهی به جدول ۱ ملاحظه می شود که قیمت سایه‌ای برای محدودیتهای زمین زراعی آبی، زمین زراعی دیم، آب و سرمایه، به ترتیب ۰/۷۳۹۵، ۰/۲۰۲۰ , ۰/۵۵۴۱ و ۰/۱۲۰۵ میلیون ریال است. برای مثال اگر مدیریت زراعت استان بتواند میزان زمین زراعی آبی خود را یک هکتار افزایش دهد، مبلغ ۰/۷۳۹۵ میلیون ریال بر مجموع سود زراعی استان افزوده است. این تفسیر برای سایر محدودیتها نیز به همین نحوه صورت می‌پذیرد. باید گفت که قیمت سایه‌ای سایر محدودیتها صفر می‌باشد که این مطلب نشان می‌دهد افزایش در این محدودیتها با شرایط موجود و محدودیتهای مورد نظر، تأثیری در میزان سودهی بخش زراعت استان ندارد.

نکته دیگری که مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی، به خصوص مدل برنامه‌ریزی خطی به دست می دهند، مفهومی تحت عنوان هزینه فرصت[2] است. با نگاهی به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که هزینه فرصت برای محصولات گندم آبی، جو دیم، ذرت،چغندرقند و سیب‌زمینی به ترتیب ۰/۲۱۰۳-، ۰/۲۴-، ۰/۴۱۶- ,۰/۲۱۳ - و ۰/۵۱۴ میلیون ریال می‌باشد. برای مثال هزینه فرصت کشت یک هکتارگندم آبی‌در بخش زراعی استان برابر با ۰/۲۱۰۳- میلیون ریال

---

۱. قیمت سایه‌ای هر محدودیت نشاندهنده میزان بهبود در مقدار تابع هدف به ازای یک واحد افزایش در اعداد سمت راست محدودیتها (RHS) به شرطی است که سایر پارامترهای مدل بدون تغییر بماند (مهرگان ، ۱۳۸۴).

۲. هزینه فرصت به بالاترین عایدی گفته می شود که بر اثر تولید کالای خاصی به میزان معین، از دست رفته باشد. به بیان دیگر هزینه فرصت یک تصمیم ، ارزش مربوط به بهترین انتخاب است که بر اثر این تصمیم گیری از دست رفته است(مهرگان ،۱۳۸۴).

و بدین معناست که در صورت کشت یک هکتار از این محصول در چارچوب الگوی بهینه کشت، بخش زراعی استان به اندازه ۰/۲۱۰۳ میلیون ریال سود از دست می دهد.

با نگاهی به جدول ۱ همچنین ملاحظه می شود که مقدار پارامتر λ ممکن است از صفر تا ۱۷۷۱۱۲۸ میلیون ریال تغییر نماید. با حل مدلهای برنامه‌ریزی درجه دوم و موتاد ملاحظه می‌گردد که جوابهای حاصل از هر دو مدل با یکدیگر یکسان است. این جوابها را به ازای درآمد های انتظاری متفاوت (هشت سناریو)می‌توان در جدول ۲ مشاهده نمود.

جدول ۲. نتایج حاصل از حل مدل موتاد و برنامه ریزی درجه دوم برای محصولات زراعی استان همدان

الگوی کشت	سناریوی۱	سناریوی۲	سناریوی۳	سناریوی٤	سناریویه٥	سناریوی٦	سناریوی۷	سناریوی۸
درآمد انتظاری(میلیارد ریال)	۱۶۷۰۰۰۰	۱۶۸۰۰۰۰	۱۶۹۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰۰	۱۷۳۱۱۲۸	۱۷۵۱۱۲۸	۱۷۶۱۱۲۸	۱۷۷۱۱۲۸
ریسک(میلیارد ریال)	۳۱۶۲۴۶۲۶	۳۲۱۴۴۲۴۶	۳۲۶۶۸۷۲۷	۳۳۲۹۳۰۱۴	۳۵۳۰۸۵۴۷	۳۶۶۳۷۵۶۲	۳۷۳۱۰۹۶۹	۳۸۰۵۳۹۵۴
گندم آبی(هکتار)	۲۷۶۱۶۳	۲۵۳۰۳۶	۲۲۹۹۰۹	۲۰۲۹۵۰	۱۱۸۰۲۶	۶۳۴۶۲	۳۶۱۸۱	۵۳
گندم دیم(هکتار)	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶	۵۰۷۶۴۶
جو آبی(هکتار)	..	..	..	..	..	..	..	۶۶۱۹
جو دیم(هکتار)	..	.	.	.	.	.	.	.
ذرت(هکتار)		.	.	.	.	.	.	.
آفتاب‌گردان (هکتار)	.	.	.	۴۳۵۵۴	۱۹۰۵۳۰	۲۸۴۹۶۳	۳۳۲۱۷۹	۳۷۲۹۱۹
چغندر قند (هکتار)	۳۳۶۱۸	۹۰۳۲۲	۱۴۷۰۲۶	۱۳۳۰۳۵	۷۰۹۸۳	۳۱۱۱۳	۱۱۱۷۹	.
سیب زمینی(هکتار)	۶۹۷۵۷	۳۶۱۸۰	۲۶۰۴	.	.	.	.	.

منبع: نتایج تحقیق

بر پایه جدول ۲، در سطح درآمدهای انتظاری کمتر از ۱۶۹۰۰۰۰ میلیون ریال ($E \leq ۱۶۹۰۰۰۰$) الگوی کشت محصولات زراعی استان می تواند شامل گندم (آبی و دیم)، چغندرقند و سیب زمینی باشد که مقادیر سطوح زیرکشت هر یک از این محصولات را می‌توان در جدولهای ۱ و ۲ مشاهده نمود.از سوی دیگر با افزایش درآمد انتظاری به بیش از ۱۷۰۰۰۰۰ میلیون ریال و بالاتر، الگوی کشت سیب زمینی از طرحهای زراعی استان حذف می‌شود و جای خود را به محصول آفتابگردان می‌دهد که مقادیر سطح زیر کشت این محصول را نیز می‌توان در جدولهای ۱ و ۲ مشاهده کرد.

از سوی دیگر ملاحظه می‌گردد که با افزایش ریسک کشت محصولات زراعی استان همدان از۳۲۶۶۸۷۲۷/۰۹ میلیون ریال به بالا، سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، چغندرقند و سیب‌زمینی رو به کاهش و سطح زیر کشت محصول آفتابگردان رو به افزایش خواهد گذاشت. همچنین در سطوح مختلف درآمد و ریسک، سطح زیر کشت محصول گندم دیم ثابت باقی می ماند.

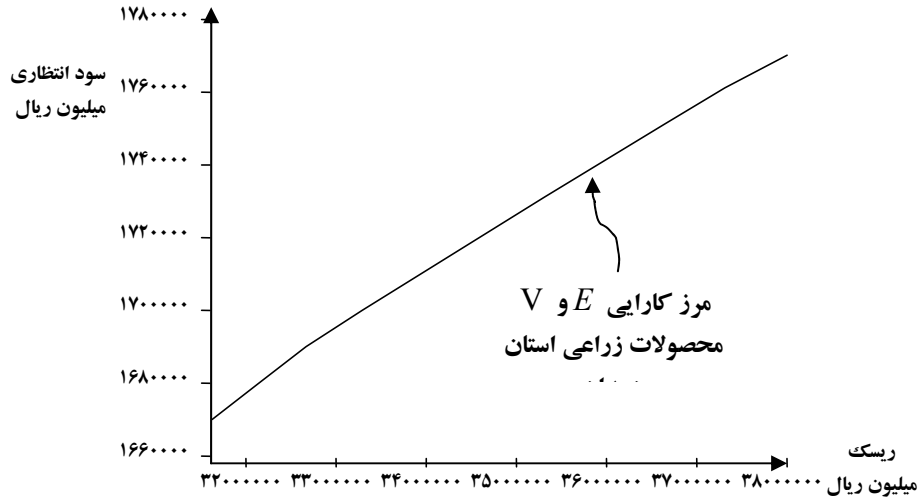
نتایج جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که در بالاترین سطح درآمدی، جواب مدلهای برنامه‌ریزی درجه دوم و موتاد با مدلهای برنامه‌ریزی خطی یکسان می‌باشد. این موضوع به این مفهوم است که مدل برنامه‌ریزی خطی بالاترین سطح ریسک ممکن را در جوابهای خود لحاظ می نماید و دارای انعطاف لازم نیست.

با استناد به جدول ۲ واضح است که در هر سطح درآمد و ریسک، محصولات جو (آبی و دیم) و ذرت در الگوی کشت محصولات استان همدان وارد نمی شوند.البته باید گفت که محصول جو در بالاترین سطح درآمدی و ریسک (۱۷۷۱۱۲۸ میلیون ریال) را می‌توان وارد الگوی کشت محصولات زراعی استان کرد.

با توجه به مطالب ذکر شده در بند پیشین می‌توان گفت که به طور کلی محصولات گندم آبی، چغندرقند و سیب‌زمینی پر ریسک‌ترین و از سویی آفتابگردان کم ریسک‌ترین محصولات زراعی استان می‌باشند. همچنین گندم دیم نسبت به ریسک واکنشی نشان نمی‌دهد؛

به بیان دیگر باید گفت که این محصول، محصولی با درجهٔ ریسک‌پذیری خنثی است. ذرت و جو نیز محصولاتی هستند که کشت آنها در بخش زراعی استان توصیه نمی‌گردد.

مرز کارایی کشت محصولات زراعی استان را می‌توان در نمودار ۳ مشاهده نمود. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش درجه ریسک‌پذیری، درآمد انتظاری نیز افزایش می‌یابد. به عبارت ساده‌تر این منحنی تا سطح درآمدی ۱۷۷۱۱۲۸ میلیون ریال تقریباً دارای شیب افزایشی است.



نمودار ۳. مرز کارایی E و V طرحهای مختلف کشت محصولات زراعی منتخب در استان همدان

با نگاهی به نمودار ۳ می‌توان رابطه میان درآمد انتظاری (E) و ریسک را در الگوی کشت محصولات زراعی استان براورد نمود که نتیجه را می توان در رابطه ۵ مشاهده کرد:

(۵)

$$E= ۳۹۹۶۵۸۰۶۱ + ۱۲۹۰/۳۹۵\,RISK - ۰/۰۰۵\,RISK^{۲}$$

(۲۱/۶۲) (۲۳/۴۴) (۳۰/۵) R^2=۰/۹۹ DW =۲/۱

همان‌طور که مشاهده می‌شود، رابطهٔ بین درآمد انتظاری و ریسک محصولات زراعی در استان همدان رابطه‌ای مثبت است. به عبارت ساده‌تر با افزایش ریسک محصولات

کشاورزی، کشاورزان استان تمایل به الگویی از محصولات زراعی دارند که بالاترین درآمد انتظاری(متوسط درآمد) را برای آنها به همراه داشته باشد. این محصولات عبارتند از: گندم(آبی و دیم) چغندرقند و آفتابگردان.

پیشنهادها

پیشنهادهای زیر را می‌توان با توجه به نتایج این تحقیق برای بخش زراعت استان همدان ارائه نمود:

۱. تشویق به استفاده از الگوی کشت محصولات زراعی کم ریسک مانند آفتابگردان در مواقعی که کشاورزان استان با شرایط ریسک و نبود قطعیت جدی در این بخش مواجهند.

۲. ترویج و تشویق کشاورزان به بیمه کردن محصولات کشاورزی به ویژه گندم، چغندرقند و سیب‌زمینی در این استان

۳. استفاده از الگوهای کشت جایگزین برای محصولاتی مانند جو و ذرت در مزارع زراعی استان

۴. گسترش چتر حمایتی بیمه به خصوص در مورد محصولات گندم، چغندر و سیب‌زمینی و کاهش حق بیمه آنها

۵. تلاش در جهت اعمال مکانیزاسیون و استفاده از سیستمهای آبیاری تحت فشار در بخش کشاورزی استان

منابع

۱. سانخایان، پی ال (۱۳۷۵)، درآمدی بر اقتصاد تولید کشاورزی، ترجمه نعمت‌الله اکبری و محسن رنانی، انتشارات هشت بهشت.

۲. ترکمانی، جواد و علی کلایی (۱۳۷۸)، تأثیر ریسک بر الگوی بهینه بهره‌برداران کشاورزی: روشهای برنامه‌ریزی ریاضی توأم با ریسک موتاد و تارگت موتاد، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال دهم، شماره ۲۵.

۳. حسن شاهی، مرتضی (۱۳۸۵)، تصمیم‌گیری زراعی تحت شرایط مخاطره (مطالعه موردی شهرستان ارسنجان)، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی وتوسعه، سال چهاردهم*، شماره۵۴.

۴. دبرتین، دیوید ال (۱۳۷۶)، اقتصاد تولید کشاورزی، ترجمه دکتر محمد قلی موسی‌ناد و دکتر رضا نجارزاده، انتشارات مؤسسه تحقیقات اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.

۵. دال،جان پی و فرانک ارزام (۱۳۶۶)، اقتصاد تولید، ترجمه محمد رضا ارسلان بد، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.

۶. عزیزی، جعفر و جواد ترکمانی (۱۳۸۱)، بهره‌برداری بهینه از جنگل با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی موتاد: مطالعه موردی استان گیلان، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال دهم ، شماره۳۹ .

۷. کلایی ، علی (۱۳۸۰)، استفاده از الگوی برنامه‌ریزی چند هدفی توأم با مخاطره برای بهبود کارایی هدفها والگوی بهینه کشت بهره برداران کشاورزی، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نهم ، شماره ۳۴ .*

۸. کوپاهی، مجید (۱۳۶۵)، کاربرد برنامه ریزی خطی در کشاورزی ، انتشارات دانشگاه تهران .

۹. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۴)، پژوهش عملیاتی(برنامه‌ریزی خطی و کاربردها)، نشر کتاب دانشگاهی تهران.

۱۰. وزارت جهاد کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات، بانک اطلاعات زراعت.

11. Hazell , P. B. R. & Roger, Norton, (1986) Mathematical

programming for economic analysis in agriculture, Macmillan Publishing Company.

12. Brink, L. and B.A. Maccarl (1978),The trade-off between expected return and risk among corn-belt crop farmers, *Am. J. of agri. Econ*., 60(2): 259-263.

13. Hazell, P.B.R.(1982), Application of risk preference estimation in farm household and agricultural sector models, *Amer. J. of Agr. Eco*., 64:384-390.

14. Hazell, P.B.R. (1971), A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty, *Am. J. of Agr. Econ*., 53: 53–62.

15. Kehkha, A.A. (2005), Agricultural risk analysis in the Fars province of Iran, *Agricultural and Resource Economic*, University of New England,Copy 2005 by, University of New England.

16. Schurle and D. Erven (1979), An application of MOTAD model to crop production in Ohayo, *Agri. Econ.,* 9(1): 15-35.