# دخالت دادن ریسک در برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی:

## کاربرد برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک

دکتر جواد ترکمانی

(استادیار بخش اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**چکیده:**

*برنامه‌ریزی خطی یکی از متدهای متداول برنامه‌ریزی ریاضی است که در چند دهه گذشته به طور وسیع برای تعیین برنامه بهینه در رشته‌های مختلف از جمله کشاورزی مورداستفاده قرارگرفته است. با این همه، این متد بر فرضهایی استوار است که می‌تواند کاربرد آن را به نحو قابل ملاحظه‌ای محدود کند.*

*در این مقاله، با توجه به اهمیت ریسک درکشاورزی، مدلی در چهارچوبه برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی توأم با ریسک برای تهیه برنامه بهینه بهره‌برداران کشاورزی ارائه شده*

***است. مدلهای گوناگون برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک معرفی شده و الگوی برنامه‌ریزی مطلوبیت انتظاری پارامتریک جهت تهیه برنامه مطلوب بهره‌برداران پیشنهاد شده است. از این متد می‌توان برای لحاظ کردن متغیرهای تصادفی در تابع هدف برنامه‌ریزی خطی و تخمین مجموعه کارای ارزش انتظاری - واریانس استفاده کرد. مطالعه جاری نشان داد که برنامه‌ریزی خطی تنها حالت خاصی از برنامه‌ریزی ریاضی توام با ریسک است پس منطقی به نظر می‌آید که با تعیین مجموعه کارای برنامه‌های بهینه، امکان انتخاب برنامه‌ای مناسب با خصوصیات اقتصادی - اجتماعی بهره‌بردار فراهم شود.***

**مقدمه:**

بنگاهها و موسسات مختلف اقتصادی به شکلهای مختلف با استفاده بهینه از منابعشان سروکار دارند. برنامه‌ریزی خطی یکی از متدهای متداول برنامه‌ریزی ریاضی است که در چند دهه گذشته به طور وسیع برای تعیین برنامه بهینه در رشته‌های مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. محققین اقتصاد کشاورزی از آلگوریتم برنامه‌ریزی خطی به عنوان ابزار تحقیقاتی برای تصمیمگیری در مورد مسائل کشاورزی گوناگونی در سطح مزرعه و بخش استفاده کرده‌اند. به باور هیزل و نورتن (۱۹۸۶)، این روش با وجود آنکه در سطح مزرعه متدی تجویزی یا هنجاری برای تعیین ترکیب بهینه گزینه‌های گوناگون است لیکن در تصمیمگیریهای بخشی می‌تواند، با مشخص کردن عکس‌العمل بهره‌برداران کشاورزی به تغییرات احتمالی در تصمیمات و سیاستهای اقتصاد کشاورزی، به عنوان مدلی اثباتی یا توصیفی نیز عمل کند.

فرم کلی یک مسأله برنامه‌ریزی خطی، با فرض حداکثر کردن درآمد خالص، را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

$$Z = c'x \qquad \text{حداکثر کنید}$$

مشروط به محدودیتهای خطی:

$$Ax\ (\leq = \geq) b$$

و محدودیت غیرمنفی:

$$x \geq 0$$

که در آن Z تابع هدف c بردار درآمدهای خالص گزینه‌های مختلف، x بردار سطح گزینه‌ها، A ماتریس ضرایب داده - ستانده‌ها و b بردار محدودیتهاست.

برنامه‌ریزی خطی، علاوه بر تعیین میزان مطلوب متغیرهای تصمیم، می‌تواند ارزش محصول نهایی یا قیمت سایه منابع مختلف را نیز محاسبه کند. اضافه بر آن پارامترهایی از جمله قیمت محصولات، هزینه تهیه هر واحد از نهاده‌ها، میزان محصولات و مقدار محدودیتهای مختلف می‌تواند به طوری منظم تغییر داده شود و مجموعه‌ای از جوابهای بهینه به وسیله برنامه‌ریزی خطی پارامتریک برای شرایط مختلف ایجاد کند.

با توجه به مزایای فوق، می‌توان ادعا کرد که برنامه‌ریزی خطی یکی از ساده‌ترین و متداولترین تکنیکهای برنامه‌ریزی است. با این همه این متد براساس فرضهایی بنا شده است که، درصورت عدم توجه کافی، به نحو قابل ملاحظه‌ای محدودکننده بوده و می‌تواند موجب ایجاد جوابهای غیرواقعی شود. براساس فرضهای تکنیک برنامه‌ریزی خطی، روابط و متغیرها باید خطی، افزایشی، تقسیم‌پذیر و معین یا یک ارزشی باشد. فرضهای فوق به طور مبسوطی در منابعی چون هدی (۱۹۵۴)، لی، مور و تایلور (۱۹۸۵) و هیزل و نورتن (۱۹۸۶) موردبحث و تحلیل قرار گرفته است. از فرض یک ارزشی بودن ضرایب یا انتظارات به عنوان غیرواقعیترین و، در نتیجه، محدودکننده‌ترین فرضهای فوق نام برده شده است. براساس این فرض کلیه ضرایب a، c و b با اطمینان کامل مشخص بوده و مقدارشان تغییر نمی‌کند. به عبارت دیگر در استفاده از برنامه‌ریزی خطی معمولی برای تهیه برنامه بهینه، بهره‌برداران افرادی بی‌تفاوت در مقابل ریسک متصور شده‌اند که، در بازار با رقابت کامل و در شرایط وجود اطمینان در مورد متغیرهای مختلف، هدفشان حداکثر کردن سود

است. این در حالی است که، شواهد روزافزونی در مورد وجود ریسک یا مخاطره در کشاورزی به دست آمده است (به طور مثال رجوع شود به اندرسن، دیلون و هاردکر ۱۹۷۷، ری ۱۹۷۷، باری ۱۹۸۴ و پتن، هاردکر و پندی ۱۹۸). بسیاری از مطالعات نشان داده که بهره‌برداران کشاورزی به دلایل گوناگون از جمله عدم‌کنترل بر عوامل جوی، آفات و امراض و وضعیت بازارهای عرضه و تقاضای محصولات و نهاده‌ها با ریسک مواجه است. به باور محققین اقتصاد کشاورزی از جمله اندرسن و همکاران (۱۹۷۷)، ری (۱۹۷۷)، کینگ و رابیسن (۱۹۸۴)، هیزل و نورتن (۱۹۸۶) و هاردکر، پندی و پتن (۱۹۹۱) تصمیمگیریهای اقتصاد کشاورزی، بویژه در کشورهای در حال توسعه، تحت‌تأثیر عوامل غیرقابل کنترل شامل متغیرهای تصادفی و عوامل غیرقابل پیشبینی قرار دارد. این عوامل با تأثیر بر فرایند تولید و متغیرهای مختلف می‌تواند موجب بی‌اعتباری تصمیمگیریها شود. پس منطقی است که در برنامه‌ریزیهای اقتصاد کشاورزی به ریسک توجه شود.

**مفهوم ریسک:**

برداشتها از مفهوم ریسک یا مخاطره گوناگون است. در لغت، براساس لغت‌نامه وبستر، به عنوان احتمال ضرر و زیان مالی یا جانی تعریف شده است. اما ریسک یا مخاطره می‌تواند پیامدهای مثبتی نیز در برداشته باشد. نایت (۱۹۲۱) از اولین افرادی بود که عدم قطعیت را به ریسک یا مخاطره و عدم حتمیت تقسیم کرد. او بر این باور بود که، اگر بتوان نتایج محتمل رویدادی همراه با شانس وقوع هر یک از آن پیامدها را مشخص کرد با ریسک روبه رو هستیم. عدم امکان تعیین احتمال رخداد این پیامد و یاحتی لیست آنها نتیجه‌اش رویارویی با عدم حتمیت است. بر این اساس تصمیمگیرنده، به طور معمول، با عدم حتمیت سروکار دارد. این تقسیمبندی، بویژه در تحلیلهای کمی اقتصاد کشاورزی، مفید نیست. در اکثر برنامه‌ریزیها و تصمیمگیریهای مربوط به این رشته تعیین لیست فوق و احتمال وقوع آنها ممکن نیست لیکن تصمیمگیری الزاماً باید انجام شود. تصمیمگیرنده براساس تجربیات

شخصی، درجه آگاهی، روحیه‌اش در رویارویی با مخاطرات و همچنین اطلاعات موجود در ارتباط با رویداد موردنظر، از جمله داده‌های آماری و نظرات کارشناسی، اعتقاد شخصی خود را در مورد احتمال وقوع آن بیان می‌کند. پس احتمال وقوع رویدادها، در نهایت، نمایانگر احساس و برداشت شخصی تصمیمگیرنده و یا برنامه‌ریز در مورد درجه عدم قطعیت وقوع پیامدهای مختلف است. از این رو است که مدیران و برنامه‌ریزان مختلف حتی اگر با داده‌های آماری یکسانی نیز، در مورد وقوع و نتایج رویدادها، رو به رو باشند امکان دارد که تصمیماتی متفاوت با یکدیگر اتخاذ کنند (اندرسن و همکاران ۱۹۷۷، دیلن و هاردکر (۱۹۸۰). نتیجه آنکه، اگرچه تقسیمبندی عدم قطعیت براساس میزان اطلاعات موجود در مورد احتمال وقوع رویدادها، در نگاه نخستین، ممکن است به نظر مناسب آید لیکن کاربرد آن، در مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی و مدیریت، مفید و چاره‌ساز نبوده است (اندرسن و همکاران ۱۹۷۷ و هیزل و نورتن ۱۹۸۶).

در کنفرانس جهانی ریسک و عدم حتمیت مکزیک، که در سال ۱۹۷۶ در مرکز بین‌المللی اصلاح ذرت و گندم (CIMMYT) برگزار شد، چندین نظریه در مورد مفهوم ریسک و نحوه اندازه‌گیری آن مطرح شد. راماست (۱۹۷۹) از عدم حتمیت به عنوان حالت روحی افراد دربرخورد با تصمیمات دارای نتایج غیرمطمئن یاد می‌کند. او ریسک یامخاطره را مربوط به شدت وجود حتمیت فوق می‌داند. گروهی دیگر، از جمله استیگلر (۱۹۷۹)، ریسک و عدم حتمیت را چون حالات احساسی از قبیل عشق و محبت می‌دانستند که، به طور معمول، مردم ایده خوبی در مورد مفهوم آنها دارند ولی قادر به تعریف دقیق آنها نیستند. در این میان، محققان از جمله اندرسن و دیلون (۱۹۹۲) سعی در ارائه تعریفی کردند که در اندازه‌گیری مقداری ریسک مورد استفاده قرار گیرد. آنها عقیده داشتند که به منظور توجه دقیق به ریسک باید سعی شود که توزیع احتمالی متغییر ریسکی در الگوی برنامه‌ریزی لحاظ شود. با این همه، اگر این کار، به دلیل عدم دسترس به نرم‌افزارهای مناسب، امکانپذیر نباشد می‌توان، با پیروی از مرکویتس (۱۹۵۲) و فروند (۱۹۵۶) از

گشتاورهای اول و دوم (میانگین و واریانس) توزیع فوق در الگو استفاده کرد. نتیجه کنفرانس جهانی ریسک و عدم حتمیت ۱۹۷۶ مکزیک که به عنوان نقطه عطفی در مطالعات مربوط به عدم قطعیت به شمار می‌آید را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد. نخست تاکید بر اهمیت احتمالات فردی و، در نتیجه، مترادف دانستن ریسک و عدم حتمیت. دوم معادل دانستن ریسک و تغییرپذیری یا پراکندگی و، در نتیجه، توصیه استفاده از معیارهای پراکندگی از جمله واریانس برای دخالت دادن آن در الگوهای برنامه‌ریزی.

**الگوهای برنامه‌ریزی در شرایط توأم با ریسک:**

معیارها و روشهای تصمیمگیری در شرایط ریسکی در منابع مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است (اندرسن و همکاران ۱۹۷۷، باری ۱۹۸۴ و هیزل و نورتن ۱۹۸۶). اصول تصمیمگیری برنولی یا مدل مطلوبیت انتظاری به عنوان روشی مناسب و عملی برای تصمیمگیری در وضعیتهای ریسکی به طور وسیعی در ادبیات این رشته مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل در تنظیم و انتخاب برنامه بهینه بهره‌برداران، علاوه بر محدودیتها و هدفهای آن، به درجه اعتقاد یا باورشان در مورد احتمال وقوع رویدادهای ریسکی[۹] و درجه تمایل یا گرایش کشاورزان برای رویارویی با مخاطرات[۱۰] توجه خاصی دارد (پرت ۱۹۶۴، اندرسن و همکاران ۱۹۷۷، راماست ۱۹۷۹ و هیزل و نورتن ۱۹۸۶).

با توجه به خصوصیات و مزایای مدل مطلوبیت انتظاری برای تصمیمگیری در وضعیتهای ریسکی، خصوصاً در مورد انتخاب برنامه‌کارای استفاده از منابع بهره‌برداریهای کشاورزی، کوششهای زیادی برای در نظر گرفتن آن در برنامه‌ریزی ریاضی شده است (مارکویتس ۱۹۵۲، فروند ۱۹۵۶، هیزل ۱۹۷۱ و هیزل و نورتن ۱۹۸۶). از بین مدلهای گوناگونی که در این رابطه تبیین شده است، روش برنامه‌ریزی توأم با ریسک از نوع درجه دوم (QRP) به طور وسیع برای تصمیگیریهای همراه با مخاطره مورد توجه و استفاده محققان مختلف قرار گرفته است. اضافه بر آن، اولین کوشش برای در نظر گرفتن ریسک در

الگوهای برنامه‌ریزی از طریق QRP انجام گرفت. مارکویتس (۱۹۵۲)، برای نخستین مرتبه، از این مدل برای ایجاد مرزکارای E-V استفاده کرد. در کشاورزی، این مدل اولین مرتبه توسط فروند (۱۹۵۶) به منظور تعیین برنامه کارای بهره‌برداران به کار گرفته شد.

**مبنای تئوریک برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک:**

QRP بر این اساس قرار دارد که تابع مطلوبیت را می‌توان بر مبنای میانگین یا ارزش انتظاری (E) و واریانس (V) بیان کرد. در این مدل، ریسک بوسیله واریانس درآمد رویدادهای گوناگون تخمین زده می‌شود و تابع مطلوبیت مجموعه‌ای است از ارزش انتظاری و واریانس متغیر تصادفی. از این رو است که نام مدل (E,V) نیز به آن اطلاق می‌شود. با این همه، این در صورتی درست است که تابع مطلوبیت بهره‌بردار از نوع درجه دوم باشد و یا این تابع، مشروط به نرمال بودن توزیع درآمدهای خالص، فرم نمایی[11] داشته باشد.

اگر تابع مطلوبیت بهره‌بردار از نوع درجه دو باشد، می‌توان آن را به صورت زیر نوشت.

$$U(Y)=aY+bY^{2}$$

که U(Y) تابع فایده یا مطلوبیت بهره‌بردار، Y درآمد خالص و a و b ضرایب ثابت است. در این حالت، فایده انتظاری برنامه مزرعه عبارت است از:

$$E[U(Y)]=aE[Y]+bE[Y^{2}]$$

$$=aE[Y]+(bE[Y^{2}]-bE[Y^{2}])+bE[Y]^{2}$$

$$=aE[Y]+bV[Y]+bE[Y]^{2}$$

که E[Y] و V[Y] به‌ترتیب ارزش انتظاری یا میانگین وواریانس درآمد است. مشخص است که اگر ضرایب a>0 و b<0 باشد، بهره‌بردار برنامه‌هایی را ترجیح می‌دهد که دارای درآمد انتظاری بیشتر و واریانس کمتر باشد. به عبارت دیگر، در یک درآمد انتظاری ثابت برنامه دارای حداقل واریانس را ترجیح می‌دهد.

فروند (۱۹۵۶)،نشان داد که اگر تابع فوق به فرم نمایی $U(Y) = ۱-e^{\lambda Y}$ باشد و توزیع درآمد Y نرمال باشد نیز، مانند حالت فوق، می‌توان از QRP استفاده کرد. دلیل این امر آن است که در این حالت فایده انتظاری برنامه مزرعه به صورت زیر باشد:

$$E[U(Y)] = E[Y] - ۰.۵\lambda V[Y]$$

که در آن E[U(Y)] فایده انتظاری $\lambda$ ضریب ریسک گریزی (فروند ۱۹۵۶) است.

## متدهای فرموله کردن و حل مدل QRP:

در چهارچوبه تئوریکی که در قسمت قبلی توضیح داده شد، به طور کلی، مسائل QRP به دو فرم حداقل واریانس و حداکثر مطلوبیت انتظاری مطرح می‌شود. در این قسمت، ضمن ارائه توضیحاتی در مورد هر یک از فرمهای فرموله کردن مسائل QRP، با ذکر مثالی فرضی نحوه حل این گونه مسائل ارائه شده است.

### ۱. روش حداقل واریانس درآمد خالص کل

در صورتی که تابع مطلوبیت بهره‌بردار مشخص نباشد، با حداقل کردن واریانس درآمد خالص (V) مشروط به تامین حداقلی از درآمد انتظاری (E)می‌توان مساله را فرموله کرد. در این حالت به فرض تصادفی بودن درآمد خالص حاصل از تولید هر واحد از گزینه‌های قابل تولید ($\Pi_J$)، واریانس درآمد خالص برای $X_J$ گزینه عبارت است از:

$$V = \sum_J \sum_K X_J X_K \sigma_{JK}$$

$\sigma_{JK}$ ماتریس واریانس – کوواریانس است. مشخص است که، به دلیل تقارن ماتریس واریانس کوواریانس در طرفین قطر، در مواردی که j=k باشد این ماتریس نمایانگر واریانس خواهد بود و درغیر این صورت نشاندهنده کوواریانس درآمد خالص محصول موردنظر است. برای مساله‌ای با ۴ فعالیت، ماتریس $\sigma_{JK}$ به صورت زیر خواهد آمد:

$$\begin{vmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} & \sigma_{24} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} & \sigma_{34} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_{44} \end{vmatrix}$$

مدل برنامه‌ریزی QRP در این روش را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

حداقل کنید: $V = \Sigma\Sigma X_J X_K \sigma_{JK}$

مشروط به:

برای کلیه مقادیر i $\Sigma II_j X_j = c; \Sigma a_{ij} X_j \leq bi$

برای کلیه مقادیر j $X_j \geq 0$

که $b_i$ محدودیتها و c عدد ثابتی است که با تغییر دلخواه آن می‌توان مجموعه برنامه‌هایی را برای رسم مرزکارا یا کارامد میانگین انتظاری - واریانس (E-V) محاسبه کرد. به عقیده اندرسن و همکاران (۱۹۷۷) مقدار c باید بین هزینه ثابت کل و درآمد خالص کل برنامه، در صورت صفر فرض نمودن واریانس (عدم توجه به ریسک و حل برنامه با آلگوریتم برنامه‌ریزی خطی)، تغییر کند. پس از تعیین مجموعه کارای برنامه‌ها، با توجه به ضابطه E-V، برنامه بهینه با توجه به درجه ریسک گریزی بهره‌بردار موردنظر انتخاب می‌شود.

برای نمایش نحوه عمل این متد مثال ساده زیر را در نظر بگیرید:

فرم جبری برنامه‌ریزی خطی مسأله‌ای به صورت

حداکثر کنید: $253X_1 + 443X_2 + 284X_3 + 516X_4$

مشروط به:

محدودیت زمین $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 200$

محدودیت سرمایه $25X_1 + 36X_2 + 27X_3 + 87X_4 \leq 10000$

محدودیت تناوب $-X_1 + X_2 - X_3 + X_4 \leq 0$

$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$

همان طوری که از فرم مشخص است، چهار محصول در این مزرعه قابل کشت است که در آمد خالص در هکتار و میزان موردنیاز نهاده‌های گوناگون هر هکتار از آنها در تابع هدف و روابط مربوط به محدودیتهای مربوطه نشان داده شده است. اضافه بر آن، محدودیت تناوب نشان می‌دهد که مجموع سطح زیر کشت $X_2$ و $X_4$ نمی‌تواند بیشتر از زمین اختصاص یافته به $X_1$ و $X_3$ باشد ($X_2 + X_4 \leq X_1 + X_3$). جدول (۱) نشاندهنده درآمد خالص هر واحد از محصولات فوق می‌باشد.

**جدول شماره ۱: درآمد خالص هر هکتار از محصولات در سالهای گذشته**

| سال | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۹۲ | -۱۲۸ | ۴۲۰ | ۵۷۹ |
| ۲ | ۱۷۹ | ۵۶۰ | ۱۸۷ | ۶۳۹ |
| ۳ | ۱۱۴ | ۶۴۸ | ۳۶۶ | ۳۷۹ |
| ۴ | ۲۴۷ | ۵۴۴ | ۲۴۹ | ۹۲۴ |
| ۵ | ۴۲۶ | ۱۸۲ | ۳۲۲ | ۵ |
| ۶ | ۲۵۹ | ۸۵۰ | ۱۵۹ | ۵۶۹ |
| میانگین | ۲۵۳ | ۴۴۳ | ۲۸۴ | ۵۱۶ |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**مراحل حل:**

ابتدا مسأله فوق را، با فرض معتبر بودن کلیه فرضهای برنامه‌ریزی خطی، حل کرده و ترکیب بهینه را محاسبه می‌کنیم. در جواب مطلوب $X_2 = 27.45, X_3 = 1000, X_4 = 72.55$ هکتار شد و $X_1$ وارد برنامه نشد. در آمد خالص کل (TNR)این برنامه نیز $TNR = 77996$ شد. سپس بااستفاده از نرم‌افزار حل الگوریتمهای غیرخطی GAMS/MINOS (دلیل استفاده از این نوع الگوریتم درجه دوم بودن تابع هدف، مدل حداقل‌کننده واریانس، نسبت

به X ها بود) و با تغییر دادن میزان c مجموعه کارای E-V محاسبه شد (جدول شماره ۲). در جدول ۲ چهار جواب گوناگون برای مقادیر مختلف c مشخص شده است که بهره‌بردار، با توجه به روحیه‌اش در برخورد با ریسک، از بین این برنامه‌های کارا ترکیب بهینه موردنظرش را انتخاب می‌کند.

این برنامه علاوه بر آنکه محدودیتهای موجود را نقض نمی‌کند، به ریسک و روحیه بهره‌بردار در برخورد با آن نیز توجه کرده و، در نتیجه، منطق است که آن را برنامه‌ای "واقعی" و بهینه بدانیم که، در نتیجه، مورد استفاده بهره‌بردار نیز قرار خواهد گرفت. جدول (۲) نشان می‌دهد که با حرکت از برنامه شماره ۱ به سمت برنامه‌های دیگر، مقدار درآمد انتظاری (E) افزایش می‌یابد. با این همه، همزمان با افزایش E مقدار واریانس (V) یا ریسک نیز اضافه می‌شود که ممکن است برای بهره‌بردار ریسک گریز مطلوب نباشد. مقدار E و V در برنامه شماره ۴، که معادل برنامه حل شده توسط برنامه‌ریزی خطی معمولی است، حداکثر شد.

**جدول شماره ۲: مجموعه کارای (E-V) برنامه‌های مزرعه**

| برنامه: | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| درآمد انتظاری | ۶۲۶۰۹ | ۷۷۱۴۲ | ۷۷۳۵۴ | ۷۷۹۹۶ |
| واریانس (V) | ۲۱/۴ | ۴۳۶/۱ | ۴۴۸/۷ | ۵۰۰/۵ |
| $X_1$(هکتار) | ۶۸/۷ | ۴/۳ | - | - |
| $X_2$(هکتار) | ۲۸/۳ | ۳۷/۲ | ۳۶/۱ | ۲۷/۴ |
| $X_3$(هکتار) | ۸۸/۲ | ۹۵/۷ | ۱۰۰/۰ | ۱۰۰/۰ |
| $X_4$(هکتار) | ۱۴/۸ | ۶۲/۸ | ۶۳/۸ | ۷۲/۵ |

## ۲. روش حداکثر مطلوبیت انتظاری کل

از این روش به طور معمول زمانی استفاده می‌شود که تابع مطلوبیت تخمین زده شده باشد و یا ضریب ریسک‌گریزی مشخص باشد. نحوه تخمین تابع فوق و همچنین روشهای مختلف تعیین ضریب ریسک گریزی در منابع مختلف ازجمله ریفا (۱۹۶۸)، آندرسن و همکاران (۱۹۷۷)، دیلون و هاردکر (۱۹۸۰)، کینگ و رابیسن (۱۹۸۴) و اندرسن و دیلن (۱۹۹۲) شرح داده شده است. در روش حداکثر کردن مطلوبیت، تابع مطلوبیت و یا ضریب ریسک‌گریزی به طور مستقیم در تابع هدف گذاشته می‌شود. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب حل مسائل غیرخطی از قبیل GAMS/MINOS به سادگی مدل حل می‌شود. مدل برنامه‌ریزی QRP برای حداکثر کردن فایده یا مطلوبیت انتظاری کل به صورت زیر است:

$E(U) = p'x - \lambda\ (x'\sigma\ x)$ حداکثر کنید:

$Ax \leq b;\ x \geq 0.$ مشروط به:

که در آن:

$E(U) =$ مطلوبیت انتظاری

$P=$ بردار بازده محصولات مختلف

$x=$ بردار مقادیر محصولات

$\lambda =$ ضریب ریسک گریزی

$A=$ ماتریس ضریب فنی

$\sigma=$ ماتریس واریانس – کوواریانس بازده محصولات

$b=$ بردار محدودیتها

به منظور نشان داده نحوه عمل این مدل، مسأله قبلی با فرض داشتن تابع نمایی زیر به عنوان تابع مطلوبیت بهره‌بردار در قسمت بعد حل شده است.

$U(Y) = 1\text{-}\exp\ (\lambda Y)$

همان طوری که قبلاً توضیح داده شد، با فرض نرمال بودن توزیع درآمدها، در مورد توابع مطلوبیت نمایی نیز می‌توان از QRP استفاده کرد. ترکمانی (زیرچاپ) با استفاده از روش معادل قطعی محتمل برابر، و با فرض نمایی بودن تابع مطلوبیت، برای نمونه‌ای از کشاورزان استان فارس ضریب ریسک گریزی ($\lambda$) را بین ۰/۰۰۰۰۰۲ و ۰/۰۰۰۱۵ برآورد کرد. در بررسی جاری نما یا مد[۱۲] ($\lambda$ = ۰/۰۰۰۰۵) آن به عنوان ضریب ریسک گریزی در نظر گرفته شد.

سپس، برنامه بهینه مزرعه فرضی فوق با استفاده از نرم‌افزار GAMS/MINOS به صورت زیر برآورد شد:

$X_1 = 25.2, X_2 = 30.8, X_3 = 91.7, X_4 = 40.4, E = 66909, V = 305.6$

همان طور که مشاهده می‌شود میانگین و واریانس درآمد این برنامه بین برنامه‌های I و II قرار دارد.

برای استفاده از مزایای الگوریتمهای فوق مدل زیر پیشنهاد می‌شود که در آن از مزایای هر دو روش استفاده شده است. در الگوریتم زیر، که می‌توان آن را اصطلاحاً مدل حداکثر مطلوبیت پارامتریک[۱۳] نامید، می‌توان با تغییر ضریب ثابت c مجموعه کارای E-V را تعیین کرد. مدل مطلوبیت انتظاری پارامتریک را می‌توان به صورت زیر فرموله کرد:

$E(U) = cp'x - (x'\sigma x)$ حداکثر کنید:

$Ax \leq b;\ x \geq 0.$ مشروط به:

که اجزای مختلف آن قبلاً توضیح داده شده است. به منظور نمایش کارایی الگوریتم فوق، از آن برای تعیین مجموعه کارای E-V مسأله مورد بحث استفاده شد. جدول (۳) نمایانگر مجموعه کارای فوق است.

جدول شماره ۳: مجموعه کارای (E-V) برنامه‌های مزرعه

| برنامه: | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| درآمد انتظاری | ۶۲۶۰۹ | ۶۶۹۰۹ | ۷۷۱۴۲ | ۷۷۳۵۴ | ۷۷۹۹۶ |
| واریانس (V) | ۲۱/۴ | ۳۰۵/۶ | ۴۳۶/۱ | ۴۴۸/۷ | ۵۰۰/۵ |
| $X_1$(هکتار) | ۶۸/۷ | ۲۵/۲ | ۴/۳ | – | – |
| $X_2$(هکتار) | ۲۸/۳ | ۳۰/۸ | ۳۷/۲ | ۳۶/۱ | ۲۷/۴ |
| $X_3$(هکتار) | ۸۸/۲ | ۹۱/۷ | ۹۵/۷ | ۱۰۰/۰ | ۱۰۰/۰ |
| $X_4$(هکتار) | ۱۴/۸ | ۴۰/۴ | ۶۲/۸ | ۶۳/۸ | ۷۲/۵ |

همان‌طوری که مشاهده می‌شود، ابتدا با وجود افزایش میانگین درآمد، مقدار واریانس اندک است (برنامه I). با این همه، پس از برنامه I افزایش E و V همگام خواهد بود تا آنکه در برنامه شماره V مقدار درآمد انتظاری حداکثر شود. این برنامه که دارای حداکثر واریانس و، در نتیجه، ریسکی‌ترین برنامه است به طور کامل مشابه برنامه‌ای است که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی معمولی تعیین شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**نتیجه‌گیری:**

محققان اقتصاد کشاورزی از آلگوریتم برنامه‌ریزی خطی به عنوان ابزار تحقیقاتی برای تصمیمگیری در مورد مسائل گوناگون کشاورزی، در سطح مزرعه و بخش، استفاده کرده‌اند. با این همه این متد براساس فرضهایی بنا شده است که، درصورت عدم توجه کافی، به نحو قابل ملاحظه‌ای محدودکننده بوده و می‌تواند موجب ایجاد جوابهای غیرواقعی شود. این فرضها خصوصیاتی از جمله رویارویی بهره‌برداران کشاورزی با شرایطی قطعی و معین را تصور می‌کند که به طور معمول، حقیقی نیست. با استفاده از برنامه‌ریزی خطی اگرچه درآمد برنامه حداکثر می‌شود از طرف دیگر، ریسک (واریانس) آن نیز به حداکثر می‌رسد. این

برنامه برای بهره‌بردار بی‌تفاوت در مقابل ریسک ممکن است قابل قبول باشد لیکن تحقیقات متعددی حاکی از ریسک گریزی بهره‌برداران کشاورزی است. پس احتمال زیادی وجود دارد که برنامه اصطلاحاً بهینه تعیین شده توسط این متد، با وجود آنکه امید (واهی) ایجاد درآمد خالص قابل ملاحظه‌ای را می‌دهد، ولی مورد استفاده بهره‌بردار ریسک گریز قرار نگیرد. با تحلیل حساسیت جواب بهینه به تغییر در ضرایب مختلف مدل برنامه‌ریزی خطی سعی شده تا حدودی این مسأله مرتفع شود. با این همه، این روش از یکطرف بسیار وقتگیر است و از سوی دیگر، حتی با فرض داشتن یک ماتریس با اندازه متوسط، فقط می‌تواند نسبت بسیار محدودی از تغییرات احتمالی ضرایب را مورد مطالعه قرار دهد.

استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی درجه دوم توأم با ریسک یکی از راههای برنامه‌ریزی در شرایط رویارویی بهره‌برداران کشاورزی با عدم حتمیت است. دراین مقاله، ضمن معرفی الگوریتمهای گوناگون آن، متد حداکثر مطلوبیت پارامتریک برای تخمین مجموعه کارای میانگین –واریانس پیشنهاد شد. از این متد می‌توان برای لحاظ کردن متغیرهای تصادفی در تابع هدف برنامه‌ریزی خطی استفاده کرد. با این همه، لازمه استفاده از این متد آن است که تابع مطلوبیت بهره‌بردار از نوع درجه دوم یا درآمد مزرعه دارای توزیع نرمال باشد. به هر حال در صورت نقض این فرضها می‌توان از انواع دیگر الگوریتمهای توأم با ریسک از جمله برنامه‌ریزی تصادفی و برنامه‌ریزی ریاضی انتظاری مستقیم (لامبرت و مک‌کارل ۱۹۸۵ و هیزل و نورتن ۱۹۸۶) استفاده کرد.

در مطالعه جاری، با استفاده از الگوریتمهای گوناگون برنامه‌ریزی ریاضی درجه دوم توأم با ریسک نشان داده شد که به طور اصولی برنامه‌ریزی خطی تنها حالت خاصی از برنامه‌ریزی ریاضی توام با ریسک است. پس منطقی به نظر می‌آید که بشود با مجموعه کارای برنامه‌های بهینه امکان انتخاب مناسب با خصوصیات اقتصادی – اجتماعی بهره‌بردار را فراهم کرد.

پانوشتها:

*1- Quadratic Risk programming (QRP)*

*2- Set of efficient E-V*

*3- Normative*

*4- Positive or descriptive*

*5- Risk neutral*

*6- Non - certainty*

*7- Uncertainty*

*8- Expected Utility Model (EUM)*

*9- Degrees of belief*

*10- Degrees of preference*

*11- Exponential function*

*12- Mode*

*13- Parametric expected utility model*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع:

1- Anderson, J.R., J.L. Dillon, & Hardaker. 1977. Agricultural decision analysis. Iowa State University Press, Ames.

2- Anderson, J.R. & J.L.Dillon. 1992. Risk analysis in dryland farming systems. FAO, Farm System Management Series 2, Rome.

3- Barry, P.J. 1984. Risk management in agriculture. Iowa State University Press, Ames.

4- Dillon, J.L. & J.B. Hardaker, 1980. Farm management research for small farmer developement. FAO, Rome.

5- Freund, R.J. 1956. The introduction of risk into an programming model. Econometrica. 24:253-261

6- Hazell, P.B.R. 1971. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. American Journal of Agricultural Economics. 53:53-62.

7- Hazell, P.B.R. & R.D. Norton 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. Macmillan, New York.

8- Heady, E.O. 1954. Simplified presentation and logical aspects of linear programming techinque. Journal of Farm Economics. 36:1035-1050.

9- King, R.P. & L.J. Robison 1984. Risk effciency models. in P.J. Barry (ed.) Risk management in agriculture. Iowa State University press, Ames.

10- Lambert, D.K. & B.A. McCarl. 1985. Risk modeling using direct solution of nonliners approximations of the utility function. American Journal of Agricultural Economics. 67:846-852.

11- Lee, S.M., Moore L.J. & B.W. Taylor. 1985. Management science. W.C. Brown Company Publishers, Iowa.

12- Markowitz, H. 1952. The utility of wealth. Journal of political Economics. 60: 151-158.

13- Knight, F.H. 1921. Risk, uncertainty and profit. Boston, Houghton Mifflin.

14- Patten, L.H., Hardaker, & D.L. Pannell 1988. Utility - efficient programming for whole- farm planning. Australian Journal of Agricultural Economics. 32: 88-97.

15- Pratt, J.W. 1964. Risk aversion in the large. Econometrica. 32: 122-136.

16- Rae, A.N. 1977. Crop management economics. William Clowes, London.

17- Raiffa, H. 1968. Decision analysis: Introductory lectures on choice under uncertainty. Addison- Wesley, Massachussetts.

18- Roumasset, J. 1979. Introduction and State of the arts. in J.A. Roumasset, J.M. Boussard & I. Singh (eds.). Risk, uncertainty and agricultural developement. Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture. Philippines, A/D/C, New York.

19- Stiglitz, J.E. 1979. Incentives and risk sharing in sharecropping Review of Economic Studies. 41: 219-256.

20- Torkamani, J. (in print). Decision criteria in risk analysis: An application of Stochastic dominance with respect to a function. Iran Agricultural Research. 15:1.