مجله تحقيقات اقتصاد و توسعه كشاورزي ايران
دوره ۴۰، شماره ۱، ۱۳۸۸ (۱۲۸-۱۲۳)

برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه و كاربرد آن در مديريت مزرعه

فرشيد اشراقي
استاديار، دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان
(تاريخ دريافت: ۸۷/۵/۲۸- تاريخ تصويب: ۸۸/۳/۶)

چكيده

استفاده از روش برنامه‌ريزي خطي براي انواع برنامه‌ريزي‌ها و تجزيه و تحليل هاي مختلف مبتني بر بهينه‌يابي مفيد در حوزه‌هاي مختلف از جمله كشاورزي سابقه طولاني و گسترده‌اي دارد. يكي از معايب چنين روشي آنست كه با توجه به اهداف و محدوديت‌هاي لحاظ شده، در نهايت، فقط يك جواب (تركيب) بهينه براي فعاليت‌هاي مختلف ارائه مي‌نمايد. براي رفع چنين مشكلي يك روش تعديل شده به نام برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه ارائه شده كه امكان ارائه همزمان چندين راه‌حل يا جواب نزديك به جواب بهينه را فراهم مي‌آورد. چنين جواب هايي علاوه بر نزديك بودن به جواب بهينه داراي تنوع بسياري از جهت تركيب فعاليت‌هاي پيشنهادي مي‌باشند. اين مساله باعث عملي‌تر شدن جواب‌ها و افزايش امكان پذيرش راه‌حل‌ها توسط كشاورز مي‌گردد. در اين تحقيق سعي شده تا علاوه بر معرفي و تشريح روش برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه، كاربرد چنين روشي در قالب الگوسازي تركيب بهينه كشت براي يك مزرعه در استان فارس نشان داده شود. نتايج نشان مي‌دهد كه با استفاده از چنين الگوسازي و با ۱ تا ۱۰ درصد انحراف از حداكثر سود ممكن مي‌توان تركيبات كشتي بسيار متنوع و متفاوت به دست آورد.

واژه‌هاي كليدي: برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه، الگوسازي براي توليد چند گزينه، بهينه‌يابي تركيب محصولات، مديريت مزرعه، برنامه‌ريزي كشاورزي.

مقدمه

برنامه‌ريزي خطي براي مدت‌هاي طولاني همواره به عنوان يكي از بهترين و مهمترين ابزارهاي مديريت و برنامه‌ريزي در بخش كشاورزي مطرح بوده است. سابقه استفاده از چنين ابزاري به دهه ۵۰ ميلادي و تحقيقات افرادي همچون Heady (1954) و King (1953) برمي‌گردد. مزيت‌هايي همچون عدم نياز به داده‌هاي سري زماني و انعطاف‌پذيري بسيار بالاي اينگونه الگوها باعث استفاده روزافزاون آنها شده است.

عليرغم مزيت‌هاي چنين ابزاري براي برنامه‌ريزي و بهينه‌يابي، يك مشكل بسيار مهم در اين زمينه وجود دارد. در هر الگوي برنامه‌ريزي خطي و با توجه به اهداف و محدوديت‌هاي لحاظ شده، در نهايت، فقط يك جواب (تركيب) بهينه براي فعاليت‌هاي مختلف به دست مي‌آيد. به عبارت ديگر، به ازاي هر تابع هدف و هر مجموعه معين از محدوديت‌ها "فقط و فقط يك جواب" يا تركيب بهينه (جواب منحصر به فرد) به دست مي‌آيد. در واقع، خود اصطلاح "بهينه" دلالت بر "منحصر به فرد" بودن جواب دارد. بنابراين، هر كشاورز براي رسيدن به شرايط بهينه مجبور به پيروي از فقط يك برنامه معين مي‌باشد و هرگونه عدول از آن به شرايط غير بهينه منجر مي‌گردد. چنين مساله‌اي باعث مي‌شود كه برنامه بهينه تدوين شده چندان براي كشاورزان جذاب نباشد. زيرا علاوه بر اينكه هيچ الگويي نمي‌تواند اطلاعات صد در صد كامل و دقيقي

تلفن: ۱۸۶۵۶۳۳-۰۹۱۲
E-mail: f_eshraghi@yahoo.com

را از يك توليدكننده كشاورزي لحاظ نمايد، هيچ برنامه بهينه‌اي در شرايط ناپايدار و بسيار متغير توليد در بخش كشاورزي نمي‌تواند حتي براي يك كشاورز معين تا مدت زيادي بهينه باقي بماند. علاوه بر اين، كشاورزان داراي تنوع زيادي در ترجيحات مي‌باشند و اين خود باعث كاهش احتمال پذيرش يك برنامه معين براي چندين كشاورز به طور همزمان مي‌گردد. شايد يكي از مهمترين دلايلي كه باعث شده بسياري از الگوهاي تدوين شده براي ايران طي چندين سال تقريبا هيچگاه مورد توجه و استفاده كشاورزان و توليدكنندگان ايراني قرار نگيرد، همين مساله باشد.

براي رفع چنين مشكلاتي يك روش تعديل شده به نام برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه[1] ارائه شده كه امكان ارائه همزمان چندين راه‌حل يا جواب نزديك به جواب بهينه را فراهم مي‌آورد. چنين جواب هايي علاوه بر نزديك بودن به جواب بهينه داراي تنوع بسياري از جهت تركيب فعاليت‌هاي پيشنهادي مي‌باشند. اين مساله باعث عملي‌تر شدن جواب‌ها و افزايش امكان پذيرش راه‌حل‌ها توسط كشاورز مي‌گردد. در بخش بعدي، مسائل نظري و فرمولاسيون مربوط به اين روش به همراه یک نمونه عملي از كاربرد اين روش بيان خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به طور كلي، آنچه كه جواب‌هاي يك الگوي برنامه‌ريزي خطي ارائه و توصيه مي‌كنند، مبتني بر يك رفتار صددرصد بهينه‌يابي و كاملا عقلايي[2] از طرف كشاورز (و يا به طور كلي، توليدكننده) است. اما شواهد و تحقيقات مختلف نشان داده است كه در اكثر موارد، توليدكنندگان رفتاري شبه ـ عقلايي[3] و نه كاملا عقلايي دارند كه اين مساله ممكن است به خاطر عدم تامين شرط اطلاعات كامل در فرآيند توليد باشد (Russell & Thaler, 1985). به هر حال، در چنين شرايطي اگر يك الگوي بهينه‌يابي بتواند مبتني بر رفتارهاي "تقريبا عقلايي" باشد، واقعي‌تر و كاربردي‌تر خواهد بود. در همين رابطه الگوهاي برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه تدوين شده‌اند كه در آنها هدف، رسيدن به درصد معيني از بهترين شرايط (جواب بهينه)

مي‌باشد. در اين روش كه الگوسازي براي توليد چند گزينه[4] يا به اختصار MGA نيز ناميده شده است، ابتدا الگو به صورت معمول حل مي‌شود و سپس ميزان مشخصي از نزديكي به جواب بهينه مثلا ۹۰ يا ۹۵ درصد در نظر گرفته شده و بر اين اساس بهينه‌يابي‌هاي ديگري انجام مي‌شود. طي اين بهينه‌يابي‌هاي ثانويه و با اعمال برخي محدوديت‌ها بر تركيب بهينه مي‌توان طيف وسيعي از جواب‌ها را به دست آورد كه در عين متفاوت و متنوع بودن، همگي آنها معادل مثلا ۹۹ يا ۹۵ درصد جواب منحصر به فرد اوليه، ارزش، توليد مي‌نمايند.

روش MGA در ابتدا براي استفاده در مسائل آبرساني شهري ابداع و معرفي شد (Chang et al., 1982; Harrington & Gidley, 1985). اولين تحقيقي كه با استفاده از اين روش در زمينه مديريت مزرعه انجام شده به حدود دو دهه قبل بر مي‌گردد كه مربوط به تحقيق Burton et al. (1987) مي‌باشد. از ديگر تحقيقات انجام شده با استفاده از اين روش مي‌توان به Adularia & Ajibefun (1998)، Rubenstein-Montano & Zandi (1999)، Rubenstein-Montano et al. (2000) و Hung et al. (2005) اشاره نمود. عليرغم جذابيت و كاربردي بودن اين روش، متاسفانه در هيچ يك از منابع داخلي (حداقل در زمينه برنامه‌ريزي و الگوسازي مزرعه) تحقيقي كه از چنين رويكردي استفاده كرده باشد، هنوز مشاهده نشده است. مراحل الگوسازي در روش MGA به صورت زير بيان مي‌شود:

در مرحله اول، مساله اصلي به شكل معمول و متعارف در قالب يك الگوي برنامه‌ريزي خطي حل مي‌شود. فرم كلي چنين مساله‌اي را مي‌توان به شكل زير نشان داد:

$$\text{Maximize} \quad z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} x_j \le b_i \quad for\ i = 1,2,\ldots,m$$

$$x_j \ge 0$$

كه در رابطه فوق، z، مقدار تابع هدف، c_j ضرايب تابع هدف، x_j متغيرهاي تصميم يا فعاليت‌ها، a_{ij} ضرايب فني و b_i موجودي منابع را نشان مي‌دهند.

1. Nearly optimal linear programming
2. Rational
3. Quasi-rational
4. Modeling to Generate Alternatives (MGA)

پس از حل الگوي فوق، تابع هدف اوليه به يك محدوديت تبديل مي‌شود. اين تبديل براساس ميزان مطلوب نزديك بودن به مقدار بهينه و به شكل زير انجام مي‌شود (Jeffrey et al., 1992):

$$\text{Minimize} \sum_{j=1}^{n} x_j \quad \text{(for non-zero xs)}$$

Subject to: (۲)

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \geq (1-k) z^*$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} x_j \leq b_i \quad for\ i = 1,2,...,m$$

$$x_j \geq 0$$

در رابطه فوق، z^*، مقدار بهينه به دست آمده از الگوي قبلي و k، درصد انحراف قابل قبول از اين مقدار بهينه مي‌باشند. به عنوان مثال، اگر مقدار k برابر با ۰/۰۵ يا ۵ درصد باشد، محدوديت مربوطه نشان مي‌دهد كه الگو بايد به گونه‌اي حل شود كه مجموع ارزش به دست آمده از كليه فعاليت‌ها "حداقل" معادل ۹۵ درصد بيشترين ارزش "ممكن" به دست آمده در مرحله اول اين هدف با تغيير در تركيب بهينه اوليه فعاليت‌ها حاصل مي‌شود كه در قالب حداقل‌سازي مجموع مقادير فعاليت‌هاي بهينه اوليه فرموله مي‌شود. همانطور كه در رابطه (۲) نشان داده شده است، تابع هدف در الگوي دوم، حداقل‌سازي مجموع مقادير متغيرهايي است كه در تركيب بهينه اوليه حضور دارند (non-zero variables). چنين تعريفي از تابع هدف باعث مي‌شود تا جواب يا تركيب بهينه جديد متفاوت از جواب يا تركيب بهينه اوليه باشد. پس از حل الگوي دوم، دوباره الگوي ديگري مشابه الگوي دوم نوشته مي‌شود كه اينبار هدف، حداقل‌سازي مجموع مقادير متغيرهايي است كه در تركيب بهينه دوم حضور دارند. اين مساله باعث مي‌شود تا جواب يا تركيب بهينه سوم متفاوت از جواب يا تركيب بهينه دوم باشد. اين فرآيند را مي‌توان تا زماني كه ديگر جواب يا تركيب بهينه جديدي توليد نشود، تكرار نمود. لازم به ذكر است كه اگر تابع هدف اوليه به جاي حداكثرسازي، حداقل‌سازي باشد، محدوديت مربوطه به صورت زير خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \leq (1+k) z^* \quad (۳)$$

با توجه به اينكه در هر مرحله جديد بهينه‌يابي، مجموع كليه متغيرهايي كه در تركيب بهينه قبل حضور دارند، حداقل مي‌شود، مجموع جواب هاي به دست آمده مي‌تواند بسيار متنوع و متفاوت باشد. اين مساله مهمترين امتياز چنين روشي است. زيرا با پيروي از اين روش، كشاورزان يا توليدكنندگان با طيف وسيعي از انتخاب‌ها يا برنامه‌هايي روبرو خواهند بود كه در عين متفاوت بودن همگي آنها تقريبا هم ارزش مي‌باشند. چنين وضعيتي مي‌تواند امكان مشاركت كشاورزان در برنامه‌هاي توصيه شده و عملياتي كردن برنامه‌ها را بسيار افزايش دهد. در ادامه، با استفاده از اطلاعات و آمار يك مزرعه در استان فارس، يك نمونه عملي از اين روش نشان داده مي‌شود.

در مزرعه‌ي مورد نظر امكان كاشت پنج نوع محصول گندم، جو، برنج، چغندر قند و ذرت وجود دارد كه به ترتيب با x_1 تا x_5 در الگوي رياضي نشان داده مي‌شود. هر كدام از اين محصولات از سه نوع نهاده آب، زمين و سرمايه استفاده مي‌كنند كه موجودي آنها به ترتيب با b_1، b_2 و b_3 نشان داده شده است. با هدف حداكثرسازي سود ناخالص[1] (gm) كل مزرعه، الگوي اوليه به صورت زير خواهد بود:

$$\text{Maximize } z_1 = gm_1{*}x_1 + gm_2{*}x_2 + gm_3{*}x_3 + gm_4{*}x_4 + gm_5{*}x_5$$

s.t.: (۴)

$$b_{11}{*}x_1 + b_{12}{*}x_2 + b_{13}{*}x_3 + b_{14}{*}x_4 + b_{15}{*}x_5 <= b_1$$
$$b_{21}{*}x_1 + b_{22}{*}x_2 + b_{23}{*}x_3 + b_{24}{*}x_4 + b_{25}{*}x_5 <= b_2$$
$$b_{31}{*}x_1 + b_{32}{*}x_2 + b_{33}{*}x_3 + b_{34}{*}x_4 + b_{35}{*}x_5 <= b_3$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4 \text{ and } x_5 >= 0$$

كه در رابطه فوق، gm، سود ناخالص هر هكتار محصول و b_{ij} ضرايب فني الگو هستند. اطلاعات اوليه پارامترهاي مساله در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- اطلاعات سود ناخالص (ضرايب تابع هدف) و ميزان مصرف نهاده‌ها در هر هكتار (ضرايب فني)

پارامتر / محصول	گندم	جو	برنج	چغندرقند	ذرت
سود ناخالص هر هكتار (هزار ريال)	۶۵۰	۴۸۰	۲۰۰۰	۹۸۰	۷۵۰
زمين (هكتار)	۱	۱	۱	۱	۱
آب (متر مكعب)	۱۰	۸	۳۰	۲۵	۱۸
سرمايه (هزار ريال)	۱۸۰	۱۴۰	۱۰۰۰	۷۷۰	۲۰۰

* داده‌هاي اين مزرعه از تحقيق سلطاني و همكاران(۱۳۷۸)اخذ شده است.

با توجه به اطلاعات فوق و مقادير b_1، b_2 و b_3 كه به ترتيب برابر با ۱۰ هكتار، ۲۰۰ هزار متر مكعب و ۵ ميليون

1. Gross margin (gm)

ريال مي‌باشند، با حل مساله از طريق برنامه‌ريزي خطي متعارف، جواب‌هاي بهينه (اوليه) زير به دست مي‌آيد که در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول۲- مقادير بهينه محصولات و کل سود ناخالص با استفاده از الگوي برنامه‌ريزي خطي (هکتار ـ هزار ريال)

شماره الگو / جواب	گندم	جو	برنج	چغندرقند	ذرت	کل سود ناخالص
۱	۳/۲۵	۰	۳/۸۳	۰	۲/۹۲	۱۱۹۶۴/۲۹

همانطور که مشاهده مي‌شود، در ترکيب بهينه اوليه و با حل متعارف و معمولي اين مساله، فقط محصولات گندم، برنج و ذرت حضور دارند و بايد کاشته شوند. در مرحله بعد و مطابق با روش MGA، با فرض اينکه هدف رسيدن به حداقل ۹۵ درصد حداکثر ارزش بهينه ممکن (يعني، ۹۵ درصد ۱۱۹٦٤/۲۹ يا ۱۱۳٦٦/۰۸ هزار ريال) باشد، الگوي دوم مطابق با رابطه شماره (۲) و به شکل زير بازنويسي مي‌شود:

$$\text{Minimize } z_2 = x_1 + x_3 + x_5$$

$$\text{s.t.:} \qquad (5)$$

$$gm_1{*}x_1 + gm_2{*}x_2 + gm_3{*}x_3 + gm_4{*}x_4 + gm_5{*}x_5 >= 0.95{*}Maxz_1$$

$$b_{11}{*}x_1 + b_{12}{*}x_2 + b_{13}{*}x_3 + b_{14}{*}x_4 + b_{15}{*}x_5 <= b_1$$

$$b_{21}{*}x_1 + b_{22}{*}x_2 + b_{23}{*}x_3 + b_{24}{*}x_4 + b_{25}{*}x_5 <= b_2$$

$$b_{31}{*}x_1 + b_{32}{*}x_2 + b_{33}{*}x_3 + b_{34}{*}x_4 + b_{35}{*}x_5 <= b_3$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \text{ and } x_5 >= 0$$

که در رابطه فوق، $Maxz_1$، حداکثر مقدار به دست آمده از الگوي اول (يعني، ۱۱۹۶۴/۲۹ هزار ريال) مي‌باشد.

جدول ۳- مقادير بهينه محصولات و کل سود ناخالص در الگوي دوم (هکتار - هزار ريال)

شماره الگو / جواب	گندم	جو	برنج	چغندرقند	ذرت	کل سود ناخالص
۲	۰	۴/۶۶	۴/۱۰	۰	۱/۲۴	۱۱۳۶۶/۰۸

همانطور که نتايج الگوي دوم (جدول۳) نشان مي‌دهد، در الگوي دوم ترکيب نسبتا متفاوتي به دست آمده، به طوريکه گندم از الگوي کشت حذف شده و در مقابل، محصول جو وارد الگوي کشت شده است. علاوه بر اين، سطح زير کشت برنج ۰/۲۷ هکتار افزايش و سطح زير کشت ذرت ۱/٦۸ هکتار کاهش يافته است. در عين حال، ارزش کل سود ناخالص مزرعه در اين الگوي جديد ۹۵ درصد الگوي اوليه (۱۱۳٦٦/۰۸ هزار ريال) به دست آمده است. در ادامه اين فرآيند، نتايج الگوي سوم با هدف حداقل‌سازي مجموع سطح زير کشت محصولات جو، برنج و ذرت در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول ۴- مقادير بهينه محصولات و کل سود ناخالص در الگوي سوم (هکتار ـ هزار ريال)

شماره الگو / جواب	گندم	جو	برنج	چغندرقند	ذرت	کل سود ناخالص
۳	۵/۹۲	۰	۳/۴۵	۰/۶۲	۰	۱۱۹۶۴/۲۹

در اين الگو نيز با وجود ايجاد ارزش کلي معادل الگوي دوم (۱۱۳۶۶/۰۸ هزار ريال معادل ۹۵ درصد ارزش الگوي اول) ترکيب بهينه تغيير کرده و اين بار محصولات گندم و چغندر قند جو وارد الگوي کشت شده و محصولات جو و ذرت از الگوي کشت حذف گرديده‌اند.

اين فرآيند مي‌تواند باز هم تکرار شده و ادامه يابد تا ترکيب‌هاي کشت بسيار متنوعي ايجاد شود. براي ايجاد تنوع بيشتر حتي مي‌توان مقدار ۵ درصد انحراف را به درصدهاي ديگري تغيير داد. بديهي است که هر چه تعداد و تنوع اين ترکيب‌هاي کشت بيشتر باشد، طيف وسيعتري از کشاورزان (و به عبارتي ترجيحات) را مي‌توان پوشش داد. براي درک بهتر اين مساله، نتايج همزمان مربوط به سه ميزان مختلف انحراف ۱، ۵ و ۱۰ درصد و براي هر ميزان انحراف، سه الگوي متفاوت در جدول ۵ ارائه شده است.

بنابراين، با استفاده از اين روش و بدون آنکه کاهش چنداني در کل ارزش مورد نظر (در اينجا سود ناخالص مزرعه) ايجاد شود، ترکيب‌هاي "تقريبا" بهينه ديگري به دست آمده که ممکن است براي برخي کشاورزان نسبت به الگو يا ترکيب اول ترجيح داده شود. در صورت پيروي از روش سنتي برنامه‌ريزي خطي، کاشت محصولات جو يا چغندر قند به هيچ وجه به کشاورز توصيه نمي‌گردد ولي با استفاده از روش برنامه‌ريزي تقريبا بهينه، علاوه بر امکان کاشت اين دو محصول، مجموع محصولات نيز با ترکيب‌هاي بسيار متنوع و متفاوتي مي‌توانند کاشته شوند.

جدول ۵- مقادير بهينه محصولات و كل سود ناخالص مزرعه به ازاي ۱، ۵ و ۱۰ درصد انحراف از مقدار بهينه الگوي برنامه‌ريزي خطي متعارف (هكتار ـ هزار ريال)

جواب / درصد انحراف	گندم	جو	برنج	چغندرقند	ذرت	كل سود ناخالص
۰*	۳/۲۵	۰	۳/۸۳	۰	۲/۹۲	۱۱۹۶۴/۲۹
۱	۱/۷۶	۱/۲۶	۳/۸۹	۰	۳/۰۹	۱۱۸۴۴/۶۵
۱	۲/۴۸	۰	۳/۹۱	۰	۳/۲۲	۱۱۸۴۴/۶۵
۱	۴/۹۹	۰	۳/۸۹	۰	۱/۱۳	۱۱۸۴۴/۶۵
۵	۰	۴/۶۶	۴/۱۰	۰	۱/۲۴	۱۱۳۶۶/۰۸
۵	۵/۹۲	۰	۳/۴۵	۰/۶۲	۰	۱۱۳۶۶/۰۸
۵	۰	۲/۳۱	۳/۵۹	۰	۴/۱۰	۱۱۹۶۴/۲۹
۱۰	۰	۵/۶۴	۳/۷۱	۰/۶۴	۰	۱۰۷۶۷/۸۶
۱۰	۱/۶۲	۰	۲/۷۴	۰	۵/۶۴	۱۰۷۶۷/۸۶
۱۰	۵/۶۶	۰	۳/۷۸	۱/۵۶	۰	۱۰۷۶۷/۸۶

* جواب‌هاي مربوط به مقدار انحراف صفر درصد در واقع جواب‌هاي الگوي برنامه‌ريزي خطي متعارف مي‌باشند.

نتايج و بحث

استفاده از روش برنامه‌ريزي خطي براي انواع برنامه‌ريزي‌ها و تجزيه و تحليل‌هاي مختلف مبتني بر بهينه‌يابي مفيد در حوزه‌هاي مختلف از جمله كشاورزي سابقه طولاني و گسترده‌اي دارد. يكي از معايب چنين روشي آنست كه با توجه به اهداف و محدوديت‌هاي لحاظ شده، در نهايت، فقط يك جواب (تركيب) بهينه براي فعاليت‌هاي مختلف ارائه مي‌نمايد. در اين مقاله روشي جايگزين و يا مكمل به نام برنامه‌ريزي خطي تقريبا بهينه ارائه گرديد كه امكان ارائه همزمان چندين راه‌حل يا جواب نزديك به جواب بهينه را فراهم مي‌آورد. همچنين، كاربرد چنين روشي در قالب الگوسازي تركيب بهينه كشت براي يك مزرعه در استان فارس نشان داده شد. چنين جواب‌هايي علاوه بر نزديك بودن به جواب بهينه داراي تنوع بسياري از جهت تركيب فعاليت‌هاي پيشنهادي مي‌باشند. اين مساله در نتايج تحقيق حاضر نيز اثبات شده است، به گونه‌اي كه فقط با ۱ تا ۱۰ درصد انحراف از حداكثر سود ممكن و قابل حصول در الگوهاي متعارف مي‌توان به الگوهاي كشت بسيار متنوع و متفاوتي رسيد. اين تنوع كشت گاهي به شكل تغيير در *مقادير* كشت همان محصولات قبلي و گاهي به صورت تغيير در *نوع* محصولات كاشته شده بوده است. با توجه به اينكه بر اساس شواهد و تحقيقات مختلف در اكثر موارد، توليدكنندگان رفتاري شبه-عقلايي و نه كاملا عقلايي از خود نشان مي‌دهند، اگر يك الگوي بهينه‌يابي بتواند مبتني بر رفتارهاي "تقريبا عقلايي" باشد، واقعي‌تر و كاربردي‌تر خواهد بود. در واقع، افزايش تنوع برنامه‌هاي قابل توصيه به كشاورزان باعث افزايش امكان پذيرش آنها مي‌گردد. متاسفانه، عليرغم جذابيت و كاربردي بودن اين روش، در هيچ يك از منابع داخلي (حداقل در زمينه برنامه‌ريزي و الگوسازي مزرعه) تحقيقي كه از چنين رويكردي استفاده كرده باشد، هنوز مشاهده نشده است. اميد است كه با ارائه الگوهايي هر چه كاربردي‌تر و سازگارتر با شرايط واقعي توليد در بخش كشاورزي ايران، راه رسيدن به كشاورزي علمي، كارا و قابل رقابت با كشورهاي توسعه‌يافته هموارتر گردد.

REFERENCES

1. Adularia, A. O. & Ajibefun, I. A. (1998). Developing alternative farm plans for cropping system decision making. *Agricultural Systems*. 56, 431-442.
2. Burton, R.O., jr., Gidley, J. S., Baker, B. S. & RedaWilson, K. J. (1987). Nearly optimal linear programming solutions: Someconceptual issues & a farm management application. *American Journal of Agricultural Economics*, 69, 813-818.
3. Chang, S. E. D., Brill, jr. & Hopkins, L. D. (1982). Use of mathematical models to generate alternative solutions to water resource planning programs. *Water Resource Research*, 18, 58-64.
4. Harrington, J. J. & Gidley, J. S. (1985). The variability of alternative decisions in a water resource planning problem. *Water Resource Research*, 21, 1831-1840.
5. Heady, E. O. (1954). Simplified presentation & logical aspects of linear programming technique. *Journal of Farm Economics*, 36, 1035-1050.
6. Huang, G. H., Linton, J. D., Yeomans, J. S. & Yoogalingam, R. (2005). Policy planning under uncertainty: Efficient starting populations for simulation-optimization methods applied to municipal solid waste management. *Journal of Environmental Management*, 77, 22–34.
7. King, R. A. (1953). Some applications of activity analysis in agricultural economics. *Journal of Farm Economics vol*, 25, 823-833.
8. Jeffrey, S. R., Gibson, R. R. & Faminow, M. D. (1992). Nearly optimal linear programming as a guide to agricultural planning. *Agricultural Economics*, 8, 1-19.

9. Rubenstein-Montano, B. & Zandi, I. (1999). Application of a genetic algorithm to policy planning: The case of solid waste. Environment & Planning. *Planning & Design*, 26, 893–907.
10. Rubenstein-Montano, B., Anandalingam, G. & Zandi, I. (2000). A genetic algorithm approach to policy design for consequence minimization. *European Journal of Operational Research*, 124, 43–54.
11. Russell, T. & Thaler, R. (1985). The relevance of quasi rationality in competitive markets. *American Economic Review*, 75, 1071-1082.
12. Soltani, Gh., Zibaei, M. & Kahkha, A. A. (1999). *Applications of mathematical programming in agriculture*. T.A.T organization. Tehran. 419p.