

بهینه‌سازی زمان - هزینه - کیفیت در مدیریت پرورش گاو شیری با استفاده از تلفیق الگوریتم ژنتیک و منطق فازی

محمد شریفی^{۱*}، عرفان خسروانی مقدم^۲ و پیام حاتمی^۳

چکیده

یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت تولید، انتخاب بهترین گزینه برای انجام هر کدام از فعالیت‌های تولید است، به نحوی که هزینه و زمان تولید دارای کمترین و کیفیت دارای بیشترین مقدار ممکن باشد. با توجه به تعداد زیاد فعالیت‌ها و گزینه‌های انتخابی برای هر فعالیت، به طور معمول این انتخاب دارای یک جواب منحصر به فرد نیست و می‌توان با استفاده از تابع مطلوبیت و اختصاص دادن وزن‌هایی به زمان و هزینه و کیفیت، بهترین جواب را از بین جواب‌های به دست آمده انتخاب کرد. از آنجا که در دنیای واقعی عدم قطعیت وجود دارد، در رسیدن به یک مدیریت دقیق باید به عدم قطعیت نیز توجه کرد. در این مقاله یک مدل ریاضی فازی برای شبکه‌ای از فعالیت‌ها پیشنهاد می‌شود که هر فعالیت در طول پروسه تولید شیر دارای چندین شیوه اجرا است تا از میان شیوه‌های ممکن و موازنه معیارهای آن‌ها با توجه به میزان پذیرش ریسک که با آلفا کات فازی تعریف می‌شود، بهترین شیوه اجرا برای هر فعالیت مشخص شود. بدین منظور از الگوریتم ژنتیک (NSGA-II) برای حل این مسئله استفاده شد و به ازای میزان ریسک‌های مختلف بهترین شیوه‌های انجام هر فعالیت برای تولید شیر از زایش گاو تا حذف گاو از گله ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، تولید شیر، منطق فازی.

ارجاع: شریفی م. خسروانی مقدم ع. و حاتمی پ. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی زمان - هزینه - کیفیت در مدیریت پرورش گاو شیری با استفاده از تلفیق الگوریتم ژنتیک و منطق فازی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۵(۲): ۷-۱.

۱- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳- کارشناسی ارشد فیزیولوژی دام، گروه علوم دامی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: m.sharifi@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۰۸

مقدمه

فعالیت‌های گاوداری که در گذشته به طور عمده از فعالیت‌های فرعی و جنبی کشاورزی محسوب می‌شد، امروزه به یکی از فعالیت‌های اصلی و عمده این بخش تبدیل شده است. گاوداری در روزهای قدیم، در زمینه استفاده بهینه از ضایعات محصولات زراعی و تبدیل آن‌ها به فرآورده‌های دامی با هدف تامین غذا و بالا بردن ارزش افزوده تولیدات مزرعه، فعالیت داشته است. با تحولات گسترده ژنتیکی و اصلاح نژاد دام، گاوهای پرتولید وارد عرصه کشاورزی شد، به گونه‌ای که امروزه پرورش و نگهداری آن‌ها یک امر تخصصی است.

مدیران پروژه برای کسب توفیق در اجرا، همیشه به دنبال تمام کردن پروژه‌ها در کمترین زمان و با کمترین هزینه و بالاترین سطح کیفیت هستند. چالش اصلی پیش روی مدیران، انتخاب روی‌کردی مناسب برای یافتن ترکیب‌های بهینه زمان، هزینه و کیفیت فعالیت‌های پروژه، به منظور رسیدن به سه هدف مذکور است. کشف چگونگی موازنه میان سه معیار زمان، هزینه و کیفیت و اینکه صرف هزینه‌های بیشتر در پروژه تا چه حد سبب کاهش مدت زمان اجرای پروژه و عملکرد کیفی آن خواهد شد، موضوع اصلی این پژوهش است. همچنین مدیر باید توانایی نظارت در طول اجرای پروژه بر روند کار و میزان پیشرفت کار در بازه‌های زمانی مشخصی را داشته باشد تا بتواند جریان کار را کنترل کرده و پروژه را بر اساس اهداف از پیش تعیین شده تمام کند. در زمینه بهبود بازده تولید واحدهای پرورش گاو شیری، پژوهش‌های زیادی انجام شده که بیشتر از بُعد فنی و اقتصادی به موضوع پرداخته‌اند. در این زمینه پژوهش‌های محدودی می‌توان یافت که از نگاه مدیریتی و سازمانی، واحدهای پرورش گاو شیری را مورد واکاوی قرار داده و اثر مجموعه عوامل تولید را بررسی کرده باشد و در هیچ پژوهشی از منطق فازی و الگوریتم ژنتیک برای موازنه زمان و هزینه و کیفیت پرورش گاوشیری استفاده نشده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد، که در صورت انتخاب مسیر بحرانی، اگر مقدار انحراف معیار روی سایر مسیرها و مسیرهای موازی در شبکه و تعداد فعالیت‌هایی که به یک رویداد می‌رسند زیاد باشد، میزان خطا زیاد می‌شود که با به کار بردن شبیه‌سازی می‌توان این خطا را کاهش داد و زمان تکمیل مسیر پروژه را به شکل فاصله‌ای برآورد کرد.

نتایج محاسبات فاصله اطمینان برای مسیرها در این بررسی نشان داد که در بین سه مسیر تکمیل پروژه، کران پایین مسیر دوم از کران بالای مسیر اول و مسیر سوم بزرگ‌تر است؛ بنابراین با در نظر گرفتن انحراف معیار مسیرها، با قطعیت ۹۵٪ می‌توان انتظار داشت که زمان تکمیل مسیر دوم از سایر مسیرها بزرگ‌تر است و مسیر دوم به عنوان مسیر بحرانی انتخاب می‌شود که زمان تکمیل پروژه را تعیین می‌کند. در ضمن با معلوم بودن میانگین و انحراف معیار مسیرها، می‌توان احتمال تکمیل مسیرها در زمان‌های مختلف را بررسی کرد (Zeinalzadeh et al., 2010).

استفاده از مدل شبکه‌ای پرت برای تولید جو در استان البرز نشان داد که کوتاه‌ترین زمان ممکن برای تولید مکانیزه جو ۲۲۸/۲ روز است و با احتمال ۹۹٪ پروژه تولید مکانیزه جو در کمتر از ۲۴۰ روز تمام می‌شود، همچنین این مدل شبکه‌ای توانایی پاسخ‌گویی به هر نوع پرسش آماری در مورد پروژه را دارد و دید روشنی برای مدیر پروژه فراهم می‌کند تا بتواند محصول را در زمان مطلوب به صورت مکانیزه و با بهره‌وری بالا تولید کند (Sharifi et al., 2014b).

Sharifi et al. (2014a) در بررسی‌ای به مدل‌سازی و شبیه‌سازی پروژه تولید مکانیزه گندم بر اساس مدل شبکه‌ای پرت پرداختند. ایشان با استفاده از تابع چگالی احتمال و شبیه‌سازی مونت کارلو، زمان‌های تصادفی مختلفی برای اجرای هر یک از فعالیت‌ها در نظر گرفته و سپس با توجه به آن‌ها کوتاه‌ترین زمان پایان پروژه ۲۶۰/۷۸ روز تخمین زده شد و مدت زمان اجرای پروژه نیز با احتمال ۹۹٪ کمتر از ۲۷۰ روز به دست آمد.

در بررسی‌ای، از فنون شبکه گرت برای مدل‌سازی و آنالیز پروژه‌های مکانیزاسیون تولید گندم استفاده شد و شبکه گرت به عنوان ابزاری برای زمان‌بندی، طرح‌ریزی، کنترل و آنالیز پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی مفید واقع شد (Abdi et al., 2010). استفاده از شبکه گرت برای مدل‌سازی و آنالیز فرایند پروژه مکانیزاسیون یونجه، دید روشنی برای مدیر پروژه فراهم می‌آورد تا در مرحله اجرا و عمل بر اساس برنامه‌ریزی پروژه پیش رفته و بتواند محصول را در زمان مطلوب به صورت مکانیزه و با بهره‌وری بالا تولید کند و همچنین می‌توان وقایع و اتفاقات مختلف را در طول انجام پروژه پیش‌بینی کرد و با توجه به اتفاقات خاصی که در مسیر انجام پروژه ایجاد

مواد و روش‌ها

تعریف مسأله

این پژوهش در گاوداری پرورش گاو شیری در کرج که دارای ۲۷۰ گاو دوششی بود، انجام شد و پروسه تولید شیر از زایش گوساله تا حذف گاو از گله در ۸ فعالیت خلاصه شد. هر فعالیت با توجه به شرایط اجرای آن فعالیت به طور متوسط دارای چهار شیوه مختلف اجرایی است و هر شیوه خود دارای زمان و هزینه و کیفیت به صورت اعداد فازی مثلثی جداگانه است. جدول ۱ نوع فعالیت‌ها در پروسه تولید شیر را نشان می‌دهد. به طور مثال شیوه‌های مختلف برای اجرای فعالیت زایش در پروسه تولید شیر، شامل انواع مختلف جیره‌های غذایی است که ممکن است جیره‌ای با قیمت بالاتر بر اساس نظر خبرگان، سبب تولید شیر بیشتر در مدت زمان طولانی‌تر شود ولی هدف ما تولید بیشترین شیر در کمترین زمان و قیمت و بالاترین کیفیت است. با توجه به این موضوع تعداد حالت‌های تکمیل این پروسه دارای m^n حالت است که در آن m ، تعداد شیوه انجام هر فعالیت و n ، تعداد فعالیت‌ها است. از این رو باید از بین (3^8) حالت، بهترین حالت ممکن، که شامل کمترین هزینه و زمان و بیشترین کیفیت است را پیدا کرد. همچنین با توجه به اعداد فازی مثلثی می‌توان برش آلفای فازی بین صفر و یک تعریف کرد که اطمینان به نظر خبرگان در برآورد مقدار زمان، هزینه و کیفیت فازی برای فعالیت‌ها است. در صورت اعتماد کامل مدیریت به نظر خبرگان در برآورد عدم قطعیت، مقدار آن صفر و هر چه آلفا به عدد یک میل کند، شرایط قطعی‌تر بر مسأله حاکم می‌شود و مدیریت نظرات خبرگان را بیشتر نادیده می‌گیرد.

در این پژوهش، موازنه زمان، هزینه و کیفیت اجرا با استفاده از ریاضیات منطق فازی و تلفیق آن با الگوریتم‌های ژنتیک (NSGA-II^۱) انجام شد و همچنین چون فعالیت‌ها به طور کامل خطی و به ترتیب شماره‌گذاری جدول ۱ هستند نیاز به رسم شبکه برای فعالیت‌ها نیست.

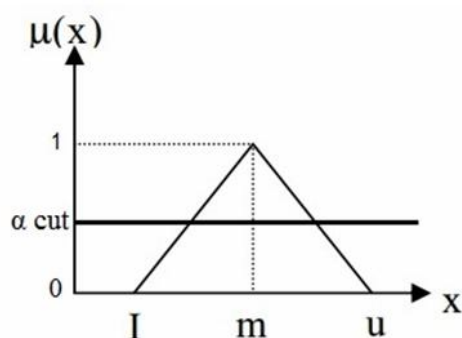
می‌شود تصمیمات مناسبی گرفت (Abdi et al., 2009). با وجود راه‌حل‌های زیادی که از سوی پژوهشگران مختلف برای مقابله با مشکل عدم قطعیت ارائه شده است، می‌توان گفت که بهترین روش برای شناخت همه جانبه محدودیت‌های موجود، منطق فازی است که با داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد، قابلیت تحلیل عواطف و احساسات انسان‌ها را نیز دارد (Kazemi & Fakhori, 2012). سامانه کنترل فازی که بر مبنای مقابله با حالت گسسته صفر و یک به وجود آمده است، سامانه‌ای است که با استفاده از منطق فازی مقادیر و تعاریف ورودی را به خروجی پیوسته‌ای بین صفر و یک تبدیل می‌کند (Kazemi & Fakhori, 2012). (Rao et al., 2008) با استفاده از سامانه خبره فازی، نمودار پرت بهینه را در پروژه‌های بزرگ بررسی کردند و برای انتخاب نمودار بهینه از سامانه خبره فازی استفاده کردند. Hsiau & Lin (2009)، پروژه‌های احداث کارخانه را با روش پرت فازی ارزیابی و شاخصی به نام میزان ریسک در زمان‌بندی پروژه را در محاسبات خود تعریف و اعمال کردند.

پژوهش‌های زیادی در زمینه بهینه‌سازی سه معیاره زمان، هزینه و کیفیت تا کنون انجام شده است، اما در این پژوهش‌ها، اهداف زمان، هزینه و کیفیت پروژه به صورت معلوم و قطعی در نظر گرفته شده‌اند؛ در صورتی که در دنیای پیچیده واقعی، همه این موارد مبهم و غیرقطعی هستند. در پژوهشی برای کاهش محدودیت‌های مربوط به عدم قطعیت در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه، منطق و سامانه کنترل فازی پیشنهاد و در آن میانگین، واریانس و تعداد حلقه‌های شبکه گرت و همچنین عوامل تأثیرگذار محیطی بر اجرای پروژه به صورت فازی در نظر گرفته شدند. نتایج به دست آمده از ۱۵ آزمایش مختلف روی پروژه‌های با ابعاد متوسط در پژوهش بالا نشان داد که، با روش پیشنهادی، زمان‌بندی فعالیت‌ها منطقی‌تر و دقیق‌تر خواهد بود (Kazemi & Fakhori, 2012).

اهداف این پژوهش عبارتند از:

موازنه هزینه - زمان - کیفیت و تعیین زمان متناسب با کمترین هزینه و بالاترین کیفیت در پرورش گاو شیری، در نظر گرفتن بازه زمانی، هزینه‌ای و کیفیتی به صورت خوش‌بینانه و محتمل و بدبینانه برای هر فعالیت و امکان تخصیص اهمیت بیشتر به هریک از فاکتورهای هزینه، زمان و کیفیت با توجه به شرایط کاری.

d_i^j = فاصله ازدحامی عضو i ام در بُعد j ام؛ f_{i+1}^j = فاصله عضو $i+1$ ام از عضو i ام در بُعد j ام؛ f_{i-1}^j = فاصله عضو $i-1$ ام از عضو i ام در بُعد j ام؛ $f_{\max}^j$ = بزرگ‌ترین عضو بُعد j ام، $f_{\min}^j$ = کوچک‌ترین عضو بُعد j ام؛ d_i = فاصله ازدحامی عضو i ام.



$$\mu_A(x) = \frac{x-I}{m-I} \rightarrow I \prec x \prec m$$

$$\mu_A(x) = 1 \rightarrow x = m$$

$$\mu_A(x) = \frac{u-x}{u-m} \rightarrow m \prec x \prec u$$

$$\mu_A(x) = 0 \rightarrow \text{else}$$

شکل ۱- نمایش اعداد فازی مثلثی و نحوه اعمال برش در ورودی فازی

پس از انتخاب والدین برای تلفیق والدین^۳ از سه روش تک نقطه^۴، دو نقطه^۵ و یکنواخت^۶ استفاده شد؛ بدین گونه که برای هر روش تلفیق، احتمالی در نظر گرفته شد و در هر تکرار با استفاده از چرخه رولت یکی از این سه روش انتخاب شد.

در ادامه به میزان درصد جهش، به طور تصادفی، عضوهایی از مجموعه کروموزوم‌های موجود در پارتو انتخاب شدند و جهش روی آن‌ها انجام شد. بدین گونه که در هر کروموزوم انتخابی با توجه به نرخ جهش، تعدادی از فعالیت‌های موجود در کروموزوم به طور تصادفی انتخاب شدند و شیوه انجام هر فعالیت انتخابی با در نظر داشتن محدودیت شیوه‌های آن فعالیت، تغییر کرد.

جدول ۱- شماره و نوع فعالیت‌ها در پروسه تولید شیر

شماره فعالیت	نوع فعالیت
۱	پرورش گوساله تا ۳ ماهگی
۲	پرورش گوساله تا ۹ ماهگی
۳	پرورش گوساله تا ۱۵ ماهگی
۴	آمادگی برای زایش اول
۵	آمادگی برای زایش دوم
۶	آمادگی برای زایش سوم
۷	آمادگی برای زایش چهارم
۸	آمادگی برای زایش پنجم

الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مسأله

در ابتدا کروموزوم‌هایی با ۸ متغیر به اندازه جمعیت اولیه تولید شد، به طوری که هر متغیر موجود در کروموزوم، یک عدد صحیح تصادفی بین یک و تعداد شیوه‌های هر فعالیت اختیار نمود؛ سپس با توجه به شیوه‌های انتخابی هر فعالیت، زمان و هزینه و کیفیت هر شیوه به صورت فازی و با به کارگیری مقادیر مختلف آلفاکات (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱) با یکدیگر جمع شدند. پس از آن هر کروموزوم دارای یک زمان فازی و هزینه فازی و کیفیت فازی بود. در این مرحله غیرفازی‌سازی با روش مرکز ثقل برای زمان و هزینه و کیفیت هر کروموزوم انجام شد. با مشخص شدن جواب برای هر کروموزوم باید کروموزوم‌ها رتبه‌بندی می‌شدند. کروموزوم‌هایی که دارای رتبه یک بودند مجموعه جواب پارتو نامیده شدند.

در مرحله بعد باید از بین مجموعه کروموزوم‌های موجود در پارتو، والدین انتخاب می‌شدند. برای انتخاب والدین از روش انتخاب رقابتی دوتایی^۱ استفاده شد. بدین صورت که از کروموزوم‌های موجود در پارتو به میزان درصد تلفیق، دو به دو عضو تصادفی انتخاب شد و هر عضوی که فاصله ازدحامی^۲ بیشتری داشت به عنوان والد انتخاب شد. شایان ذکر است که فاصله ازدحامی بیشتر یک کروموزوم نشان دهنده آن بود که آن کروموزوم در ناحیه خلوت‌تری از سطح پارتو قرار گرفته بود (معادله (۱)).

$$d_i^j = \frac{f_{i-1}^j + f_{i+1}^j}{f_{\max}^j - f_{\min}^j} \quad (1)$$

$$d_i = \sum_{j=1}^D d_i^j$$

3- Cross Over
4- SinglePoint
5- DoublePoint
6- Uniform

1- Binary Tournament Selection
2- crowding distance

برای بررسی دقیق تر الگوریتم، مقادیر مختلف برش آلفای فازی در نظر گرفته شد و با بررسی جواب‌ها به ازای هر آلفا صحت کدنویسی الگوریتم بررسی شد.

جدول ۲- تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامترها	ارزش پارامترها
اندازه جمعیت اولیه	۵۰
تعداد تکرار	۴۰
درصد جهش	۴۰
درصد تلفیق	۷۰
نرخ جهش	۰/۰۲

نتایج و بحث

در این پژوهش، از الگوریتم چند هدفه ژنتیک در موازنه کردن هزینه و زمان و کیفیت پروسه تولید شیر استفاده شد. پس از اجرای الگوریتم، تعداد اعضای مجموعه جواب پارتو با افزایش تکرار روند صعودی داشت؛ تا آنجا که تعداد اعضای پارتو با تعداد جمعیت اولیه یکسان شد. این بدان معناست که الگوریتم به تدریج جواب‌هایی را کشف کرده است که بر اساس سه تابع هدف، هیچیک از جواب‌ها یکدیگر را مغلوب نمی‌کنند. از بین تمامی جواب‌های پارتو مسئله، می‌توان یکی از جواب‌ها را بسته به ضریب‌های تعریف شده برای تابع مطلوبیت، بر اساس معادله (۲)، انتخاب کرد. با توجه به ضریب‌های که در این مسئله برای تابع مطلوبیت در نظر گرفته شد، میزان تابع مطلوبیت برای هریک از جواب‌های پارتو محاسبه شد و در هر تکرار کمترین مقدار تابع مطلوبیت، به عنوان جواب بهینه در هر تکرار انتخاب شد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که به ازای برش‌های متفاوت آلفا، جواب‌های مختلفی برای هزینه و زمان و کیفیت و همچنین تابع مطلوبیت تولید شده است. همان‌طور که از قبل بیان شد، ضریب‌های تابع مطلوبیت معادله (۲)، بر اساس نظر مدیر و با توجه به شرایط کاری موجود، تعیین می‌شود. این ضریب‌ها مشخص می‌کنند که کدام فاکتورها (هزینه، زمان، کیفیت) با توجه به شرایط کاری، باید مهم‌تر باشند. همچنین مدیر می‌تواند با توجه به نوسانات موجود در هزینه و زمان و کیفیت تولید، آلفاکاتی را بین صفر و یک تعریف کند و میزان تأثیر ریسکی را که با توجه به شرایط در نظر گرفته است، در هزینه و زمان و کیفیت

در قدم بعدی زمان، هزینه و کیفیت برای اعضای جدیدی که از تلفیق و جهش به دست آمدند، محاسبه شد و این اعضای جدید به اعضای جمعیت قبلی اضافه شدند. پس از آن دوباره کل کروموزوم‌ها رتبه‌بندی شده و فاصله ازدحامی آن‌ها محاسبه شد. سپس بر اساس رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی، کروموزوم‌ها مرتب‌سازی شده؛ بدین گونه که ابتدا بر اساس رتبه (از کمتر به بیشتر) و سپس بر اساس فاصله ازدحامی (از بیشتر به کمتر) مرتب‌سازی انجام شد. در ادامه به اندازه جمعیت اولیه از جمعیت مرتب شده موجود ذخیره شد و بقیه کروموزوم‌ها حذف شدند. باید توجه کرد که رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی دو صفت نسبی هستند و با هر تغییری در کروموزوم‌ها باید دوباره محاسبه شوند. بنابراین پس از حذف، دوباره رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی محاسبه شدند و مرتب‌سازی نیز انجام شد. در آخر اعضای دارای رتبه یک، اعضای پارتو را تشکیل دادند.

هر کدام از اعضای پارتو حالتی از حالت‌های ممکن برای انجام پروسه تولید شیر بود. در این مرحله با توجه به ضریب‌های که برای هزینه و زمان و کیفیت در نظر گرفته شده بود (ضریب‌ها با توجه به اهمیت فاکتورهای زمان هزینه و کیفیت برای هر مدیر می‌تواند متفاوت باشد) بهترین حالت موجود از مجموعه جواب پارتو انتخاب شد.

در این پژوهش وزن نسبی معیارهای زمان، هزینه و کیفیت همان‌طور که در پاراگراف بالا اشاره شد براساس نظر خبرگان و مدیران، به ترتیب $WT=0/34$ و $WC=0/34$ و $WQ=0/3$ در نظر گرفته شد و بر اساس معادله (۲) مطلوبیت برای هر جواب محاسبه شد. پارامترهای مورد نیاز دیگر برای الگوریتم در جدول ۲ آمده است.

$$U=(WT \times T)+(WC \times C)+(WQ \times 1/Q) \quad (2)$$

Q = کیفیت غیرفازی شده؛ T = زمان غیرفازی شده؛ C = هزینه غیرفازی شده؛ U = تابع مطلوبیت؛ WC = ضریب وزنی هزینه؛ WQ = ضریب وزنی کیفیت؛ WT = ضریب وزنی زمان.

یکی از این پارامترها، اندازه جمعیت هر نسل است که با بزرگ‌تر شدن آن به دلیل وسیع تر شدن فضای جستجو، احتمال پیدا کردن جواب نزدیک به بهینه مطلق افزایش می‌یابد ولی سبب افزایش زمان محاسباتی و کاهش کارایی الگوریتم می‌شود.

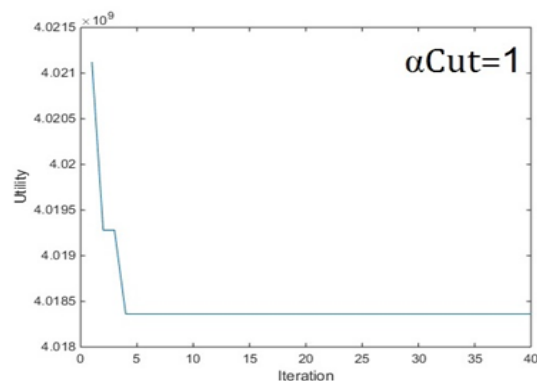
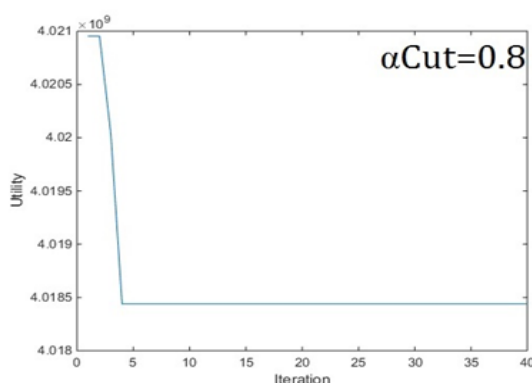
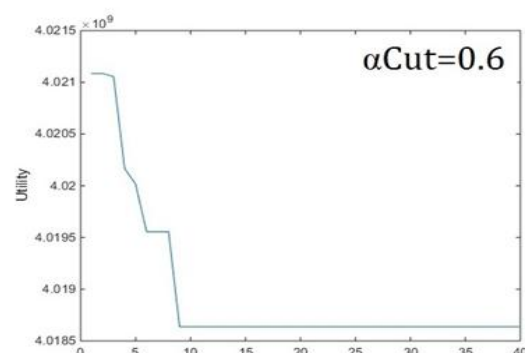
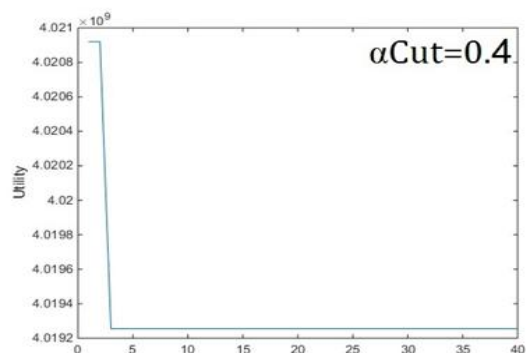
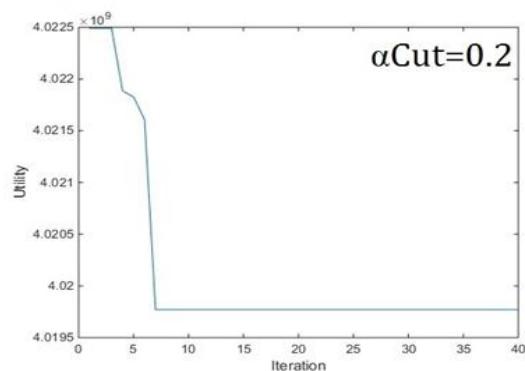
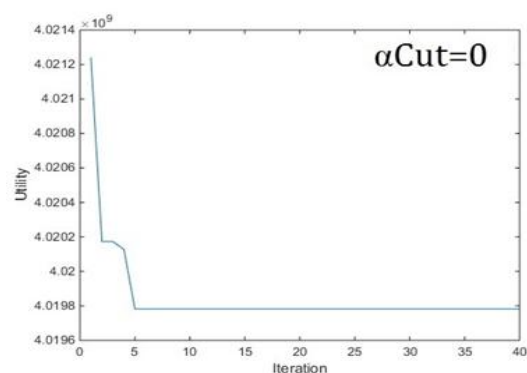
تولید خود، پیش بینی کند. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، هرچه α از صفر به سمت یک حرکت می‌کند، به دلیل تأثیر کمتر ریسک در تولید، مقدار تابع مطلوبیت کمتر می‌شود.

جدول ۳- خروجی الگوریتم ژنتیک تحت α های مختلف

آلفا	زمان (روز)	هزینه (تومان)	کیفیت	تابع مطلوبیت	شیوه‌های انجام فعالیت‌ها							
۱	۲۱۸۰	۱۱۸۱۸۷۱۰۰۰۰/۰۰	۰/۴۳۱۲۵	۴۰۱۸۳۶۲۱۴۱/۹۰	۴	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱
۰/۸	۲۱۸۰	۱۱۸۱۸۹۳۶۶۷۱/۲۹	۰/۴۲۹۶۷۹	۴۰۱۸۴۳۹۲۱۰/۱۴	۴	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱
۰/۶	۲۱۸۰	۱۱۸۱۹۵۲۰۰۰۰/۰۷	۰/۴۳۳۳۰۶	۴۰۱۸۶۳۷۵۴۱/۹۲	۴	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۱
۰/۴	۲۱۸۰	۱۱۸۲۱۳۳۶۶۶۶/۴۱	۰/۴۴۷۲۴۸	۴۰۱۹۲۵۵۲۰۸/۴۵	۴	۱	۳	۳	۱	۱	۱	۱
۰/۲	۲۱۸۰	۱۱۸۲۲۸۵۳۳۳۴/۸۵	۰/۴۶۰۵۱۳	۴۰۱۹۷۷۰۸۷۵/۷۰	۴	۱	۴	۳	۱	۱	۱	۱
۰	۲۱۸۰	۱۱۸۲۲۸۸۶۶۶۷/۱۵	۰/۴۵۹۱۱۳	۴۰۱۹۷۸۲۲۰۸/۶۸	۴	۱	۴	۳	۱	۱	۱	۱

آلفای مختلف به مقدار ثابتی رسیده است؛ این نشان دهنده کارایی الگوریتم است که در تعداد تکرار کم توانسته به حد خوبی از پاسخ همگرا شود.

در شکل ۲ نیز روند پیدا شدن جواب بهینه با الگوریتم در برش‌های مختلف α مشاهده می‌شود. روشن است که الگوریتم پس از گذراندن تعداد تکرار کمی در برش‌های

شکل ۲- روند رسیدن به جواب بهینه در تکرارهای مختلف تحت برش‌های متفاوت α

- Trade-off in a CPM network using fuzzy logic and genetic algorithm, *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*, 24(3): 362-376. (In Farsi)
4. Hsiao, H. J. and Lin, C. W. R. 2009. A fuzzy pert approach to evaluate plant construction project scheduling risk under uncertain resources capacity. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1): 31-47.
 5. Kazemi, A. and Fakhori, P. 2012. A fuzzy control system for estimating the time of project termination Gareth networks. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 23(2): 252-263. (In Farsi)
 6. Mungle, S. Benyoucef, L. Son, Y. J. and Tiwari, M. K. 2013. A fuzzy clustering-based genetic algorithm approach for time-cost-quality trade-off problems: A case study of highway construction project. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(8): 1953-1966.
 7. Rao, K. Rao, T. Rao, P. Roy, M. and Sharath, S. 2008. Optimal Selection of PERT for large complex and distributed projects. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 8: 7-17.
 8. Sharifi, M. Akram, A. Rafiee, Sh. and Sabzehparvar, M. 2014a. Scheduling and Simulation of Mechanization Projects of Wheat Production by PERT Network: Case Study Alborz Province. *Agricultural System*.
 9. Sharifi, M. Akram, A. Rafiee, Sh. and Sabzehparvar, M. 2014b. Planning and scheduling Barley production mechnization project using PERT network model: A case study Alborz, *Journal of Biosystem Engineering*, 45(1): 11-22. (In Farsi)
 10. Zeinalzadeh, A. Hosseini dolama, G. and bagherzadeh, M. 2010. Estimated project completion time interval based simulation approach, *Journal of management beyond*, 4(13): 141-162. (In Farsi).

این گونه بهینه‌سازی فقط در دو پروژه صنعتی تا به حال به کار گرفته شده است (Mungle et al., 2013)؛ و در این مقاله برای اولین بار در زمینه کشاورزی و پروسه تولید شیر به کار گرفته شد. نتایج دو پژوهش اشاره شده نیز نشان داد که هر قدر میزان تخمین حالت‌های خوش‌بینانه و بدبینانه و محتمل دارای بازه گسترده‌تری باشد، جواب نهایی الگوریتم نیز دارای میزان زمان و هزینه بیشتر و کیفیت کمتر و در نهایت تابع مطلوبیت دارای مقدار عددی بیشتری است.

نتیجه‌گیری

این بررسی نشان داد که در شرایط عدم قطعیت ($\alpha=0$) مقدار زمان و هزینه و کیفیت به ترتیب ۲۱۸۰ روز و ۱۱۸۲۲۸۸۶۶۶۷/۱۵ تومان و ۴۶ درصد محاسبه شد. همچنین با تنظیم مقدار α با توجه به شرایط کاری می‌توان، میزان ریسک موجود در پروسه تولید را مدیریت کرد و با انجام فعالیت‌های پروسه، براساس شیوه‌ای که برای هر فعالیت در اجرای الگوریتم تعیین می‌شود، به کمترین زمان و هزینه و بالاترین کیفیت ممکن رسید.

- در این مقاله برای حل مسأله موازنه معیارهای زمان، هزینه و کیفیت از یک الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک چندهدفه فازی بهره‌برداری شد.

- الگوریتم دارای کارایی مناسبی بود و توانست در تعداد تکرار کم تحت آلفاهای مختلف به جواب بهینه همگرا شود.

- ضریب‌های وزنی موجود در تابع مطلوبیت، می‌تواند با توجه به نظر هر مدیر تغییر و اهداف هر مدیریتی را برآورده کند.

منابع

1. Abdi, R. Ghasemzadeh, H. R. Abdolahpor, Sh. Sabzehparvar, M. and Dabagh mohammadinasab, A. 2010. Modeling and analysis of mechanization projects of wheat production by GERT networks. *Agricultural Sciences in China*, 9(7): 1078-1083.
2. Abdi, R. Ghasemzadeh, H. R. Abdolahpor, Sh. Sabzehparvar, M. and Dabagh mohammadinasab, A. 2009. Modeling and analysis hay mechanization project with GERT networks. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1(19): 157-169. (In Farsi)
3. Ebrahimnezhad, S. Ahmadi, V. and Javanshir, H. 2013. Time-Cost-Quality

