

بهینه‌سازی زمان، هزینه و کیفیت در مدیریت پرورش گاو شیری با استفاده از تلفیق الگوریتم‌های فرا ابتکاری و منطق فازی

محمدشریفی*، عرفان خسروانی مقدم و پیام حاتمی**

* نگارنده مسئول: گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تلفن: ۰۱۱۰۳۲۸۰۲۶، پیام‌نگار: m.sharifi@ut.ac.ir
** به ترتیب: استادیار، دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، و دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی دام، گروه علوم دامی دانشکده علوم مهندسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۲

چکیده

یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت تولید، انتخاب بهترین گزینه برای انجام دادن هر یک از فعالیت‌های تولید است به نحوی که هزینه و زمان تولید دارای کمترین مقدار و کیفیت دارای بالاترین مقدار ممکن باشد. با توجه به تعداد زیاد فعالیت‌ها و گزینه‌های انتخابی برای هر فعالیت، معمولاً این انتخاب جواب منحصر به فرد ندارد و می‌توان با استفاده از تابع مطلوبیت و اختصاص دادن وزن‌هایی به زمان، هزینه و کیفیت، بهترین جواب را از بین جواب‌های به دست آمده انتخاب کرد. به دلیل اینکه تصمیم‌گیری برای آینده همیشه بر اساس احتمال است، در این پژوهش سعی شد تا با استفاده از ریاضیات منطق فازی برای هزینه، زمان و کیفیت فرایند تولید شیر، بازه‌ای به صورت اعداد فازی در نظر گرفته شود و برای مدیریت ریسک، آلفاکاتی نیز در این بازه تعریف شود. پس از آن با به کارگیری و مقایسه دو الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک، از بین روش‌های مختلف انجام دادن هر فعالیت در فرایند تولید شیر، تحت تاثیر آلفاکات‌های مختلف، بهترین روش برای هر فعالیت مشخص گردد. طبق نتایج به دست آمده، الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک عملکرد بهتری در حل این مسئله از خود نشان داده است که در شرایط عدم قطعیت ($\alpha=0$) مقدار زمان، هزینه و کیفیت به ترتیب ۲۱۸۰ روز و ۱۱۸۲۲۸/۸۶ میلیون ریال و ۴۶ درصد در الگوریتم ژنتیک و ۲۱۸۰ روز و ۱۱۸۲۲۴/۲۰ میلیون ریال و ۴۱ درصد در الگوریتم ازدحام ذرات محاسبه شده است. همچنین نشان داده شده است که با تنظیم مقدار آلفا با توجه به شرایط کاری می‌توان میزان ریسک موجود در فرایند تولید را مدیریت کرد و با انجام دادن فعالیت‌های فرایند، طبق شیوه‌ای که برای هر فعالیت طی اجرای الگوریتم تعیین می‌شود، به کمترین زمان و هزینه و بالاترین کیفیت ممکن دست پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی

الگوریتم ازدحام ذرات، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، تولید شیر، منطق فازی

مقدمه

فعالیت‌های مربوط به مزرعه، گاوداری در گذشته، 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

گاوداری در گذشته عمدتاً از فعالیت‌های فرعی و جنبی کشاورزی محسوب می‌شد، اما امروزه به یکی از فعالیت‌های اصلی این بخش تبدیل شده است. در چرخه

گاو شیری را از نگاه مدیریتی و سازمانی واکاوی و اثر مجموعه عوامل تولید را بررسی کرده باشند؛ در هیچ تحقیقی از منطق فازی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای موازنه زمان، هزینه و کیفیت پرورش گاوشیری استفاده نشده است.

این پژوهش سعی دارد تا اهداف زیر را دنبال کند:

موازنه هزینه- زمان- کیفیت و تعیین زمان متناسب با کمترین هزینه و بالاترین کیفیت در پرورش گاو شیری. در نظر گرفتن بازه زمانی، بازه هزینه‌ای و بازه کیفیتی به صورت خوشبینانه، محتمل و بدبینانه برای هر فعالیت در فرآیند پرورش گاو شیری.

امکان تخصیص اهمیت بیشتر به هر یک از فاکتورهای هزینه، زمان و کیفیت با توجه به شرایط کاری (وضعیت بازار برای خرید مواد اولیه و فروش محصولات، وضعیت بیماری‌های موجود در منطقه، زمینه اقتصادی و ...)

بر اساس نتایج حاصل از طرح آمارگیری گاوداری‌های صنعتی کشور، تعداد کل گاوداری‌های صنعتی کشور ۲۵۳۵۳ واحد با ظرفیت ۳۲۶۴۵۹۳ رأس است (Anon, 2011). از این تعداد، ۱۶۲۹۵ گاوداری صنعتی با ظرفیت کل ۲۱۶۳۷۵۰ رأس به پرورش گاو شیری و ۹۰۵۸ گاوداری صنعتی با ظرفیت کل ۱۱۰۰۸۴۳ رأس به پرورابندی گاو و گوساله اختصاص دارد. تعداد واحدهای پرورش گاو شیری، نسبت به واحدهای پرورابندی، به طور تقریبی دو برابر است که نتیجه عوامل مختلفی از جمله عامل اقتصادی است که بیانگر نیاز جامعه و سود بیشتر در پرورش گاو شیری است. بر اساس این موضوع، گرایش به سمت پرورش گاو شیری بیشتر است تا پرورابندی و به همین دلیل در این طرح تصمیم بر آن شد که مدیریت پرورش گاو شیری بررسی و ارزیابی شود.

زینالزاده و همکاران به این نتیجه دست یافتند که در صورت انتخاب مسیر بحرانی، اگر مقادیر انحراف معیار روی سایر مسیرها و تعداد فعالیت‌هایی که به یک رویداد

تحوالات گسترده ژنتیکی و اصلاح نژاد دام، گاوهای پر تولید وارد عرصه کشاورزی گردید به طوری که امروزه پرورش و نگهداری دام امری تخصصی به شمار می‌آید.

تولید مبتنی بر سه نهاده اصلی است: زمین، نیروی کار و سرمایه؛ اما بدون نهاده چهارم یعنی مدیریت، تولید اتفاقی و بر حسب تصادف خواهد بود. کارایی چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ فیزیکی و کیفی به طور کلی متکی است به مهارت مدیر در ترکیب این منابع به شیوه‌های مناسب و اثربخش. دلیل این امر را می‌توان در این دید که مدیریت جزء پنهان تولید است و به مرور تأثیر فزاینده‌ای بر آن خواهد گذاشت. آنچه از نظر تئوری اهمیت دارد این است که در هر واحد تولیدی، با توجه به کیفی بودن واحد مدیریت، لازم است به کمک شاخص‌هایی آن را به صورت کمی درآورد (Sabzheparvar, 2009).

مدیران پروژه برای کسب توفیق در اجرا همواره به دنبال اتمام پروژه‌ها در کمترین زمان ممکن، با کمترین هزینه ممکن و در بالاترین سطح از کیفیت هستند. چالش اصلی پیش روی مدیران، انتخاب رویکردی مناسب جهت یافتن ترکیب‌های بهینه زمان، هزینه و کیفیت فعالیت‌های پروژه، به منظور رسیدن به سه هدف فوق است. موضوع اصلی این تحقیق کشف چگونگی موازنه میان سه معیار زمان، هزینه و کیفیت و پاسخ دادن به این پرسش است که صرف هزینه‌های بیشتر در پروژه تا چه حد منجر به کاهش مدت زمان اجرای پروژه و افزایش عملکرد کیفی آن خواهد شد. مدیر در خلال اجرای پروژه باید توانایی نظارت بر روند کار و میزان پیشرفت کار در بازه‌های زمانی معین را داشته باشد تا بتواند جریان امور را کنترل کند و پروژه را بر اساس اهداف از پیش تعیین شده به اتمام رساند. در زمینه بهبود بازده تولید واحدهای پرورش گاو شیری، تحقیقات متعددی صورت گرفته که بیشتر از بُعد فنی و اقتصادی به موضوع پرداخته است. در این زمینه تحقیقاتی محدود می‌توان یافت که واحدهای پرورش

استفاده از روش گرت در برنامه‌ریزی پروژه‌ها؛

عبدی و همکاران با استفاده از فنون شبکه گرت به این نتیجه دست یافتند که برای مدل‌سازی و آنالیز پروژه‌های مکانیزاسیون تولید گندم، به کارگیری شبکه گرت به عنوان ابزاری برای زمان‌بندی، طرح‌ریزی، کنترل و آنالیز پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی مفید واقع خواهد شد (Abdi et al., 2010).

عبدی و همکاران پیشتر با استفاده از شبکه گرت برای مدل‌سازی و آنالیز فرایند پروژه مکانیزاسیون یونجه دید روشنی برای مدیر پروژه فراهم آوردند تا در مرحله اجرا طبق برنامه‌ریزی پروژه پیش رود و بتواند محصول را در زمان مطلوب به صورت مکانیزه و با بهره‌وری بالا تولید کند؛ این محققان می‌گویند می‌توان وقایع گوناگون را در دوره اجرای پروژه پیش‌بینی کرد و با توجه به اتفاقات خاصی که در مسیر اجرا پیش می‌آید تصمیمات مناسبی گرفت (Abdi et al., 2009).

بکارگیری منطق فازی و الگوریتم ژنتیک در فنون شبکه برای برنامه‌ریزی پروژه‌ها

با وجود راه‌حل‌های متعددی که محققان برای مقابله با مشکل عدم قطعیت ارائه کرده‌اند، کازمی و فخوری به این نتیجه دست یافتند که بهترین روش برای شناخت همه جانبه محدودیت‌های موجود، منطق فازی است که با دارا بودن ویژگی‌های منحصر به فرد، قابلیت تحلیل عواطف و احساسات انسان‌ها را نیز دارد؛ بر همین اساس، 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).

راو و همکاران با استفاده از سامانه خیره فازی، نمودار پرت بهینه را در پروژه‌های بزرگ بررسی کردند و

می‌رسند یا مسیرهای موازی در شبکه زیاد باشد، میزان خطا افزایش می‌یابد 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 تحقیق گفته شده نشان داده است 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 درصد 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).

شریفی و همکاران در مطالعه‌ای به مدل‌سازی و شبیه‌سازی پروژه تولید مکانیزه گندم بر اساس مدل شبکه‌ای پرت پرداختند. این محققان 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 درصد کمتر از ۲۷۰ روز به دست آمد (Sharifi et al., 2014 a).

شریفی و همکاران با استفاده از مدل شبکه‌ای پرت برای تولید جو در استان البرز نشان دادند که کوتاه‌ترین زمان ممکن برای تولید مکانیزه جو ۲۲۸/۲ روز است و با احتمال ۹۹ درصد پروژه تولید مکانیزه جو در کمتر از ۲۴۰ روز به اتمام می‌رسد و 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., 2014 b).

مراجعه حضوری و ثبت آنها و زمان هر فعالیت جمع‌آوری و اسناد علمی مربوط و قراردادهای و اسناد اجرایی مطالعه شد، با افراد مسئول و خبره نیز مشورت گردید. فرایند تولید شیر از زایش گوساله تا حذف گاو از گله در هشت فعالیت خلاصه شد؛ هر فعالیت با توجه به شرایط اجرای آن طبق جدول ۱ دارای چهار شیوه مختلف اجرایی است، هر شیوه نیز خود دارای زمان، هزینه و کیفیت به صورت اعداد فازی مثلثی جداگانه است. جدول ۲ نوع فعالیت‌ها را در فرایند تولید شیر نشان می‌دهد. به طور مثال شیوه‌های مختلف برای اجرای فعالیت زایش در فرایند تولید شیر، شامل انواع مختلف جیره‌های غذایی است که ممکن است بر اساس نظر خبرگان، جیره‌ای با قیمت بالاتر سبب تولید شیر بیشتر در مدت زمانی طولانی‌تر شود ولی هدف ما تولید بیشترین شیر در کمترین زمان و با کمترین قیمت و بالاترین کیفیت است. با توجه به این موضوع، تعداد حالات تکمیل این فرایند m^n است که در آن m ، تعداد شیوه اجرای هر فعالیت و n ، تعداد فعالیت‌هاست. از این رو باید از بین 4^8 ($m=4$ ، $n=8$) حالت، بهترین حالت ممکن، شامل کمترین هزینه و زمان و بیشترین کیفیت 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 مقادیر زمان، هزینه و کیفیت فازی برای فعالیت‌هاست و 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 مسئله حاکم می‌شود و مدیریت نظرات خبرگان را بیشتر نادیده می‌گیرد.

به منظور انتخاب نمودار بهینه از سامانه خبره فازی بهره بردند (Rao et al., 2008).

هسیا و لین پروژه‌های احداث کارخانه را با استفاده از روش پرت فازی ارزیابی و شاخصی به نام میزان ریسک در زمان‌بندی پروژه را در محاسبات خود تعریف و اعمال کردند (Hsiau and Lin, 2009).

در زمینه بهینه‌سازی سه معیاره زمان، هزینه و کیفیت تا کنون تحقیقات زیادی شده است؛ اما در همین تحقیقات، هدف‌ها یعنی 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 غیر قطعی هستند.

کازمی و فخوری در تحقیقی به منظور کاهش محدودیت‌های مربوط به عدم قطعیت در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه، منطق و سامانه کنترل فازی را پیشنهاد کردند که در آن میانگین، واریانس و تعداد حلقه‌های شبکه گرت و همچنین عوامل تأثیرگذار محیطی بر اجرای پروژه به صورت فازی در نظر گرفته شد و مطابق با نتایج به دست آمده از ۱۵ آزمایش مختلف روی پروژه‌های با ابعاد متوسط، می‌توان گفت که با استفاده از روش پیشنهادی، زمان‌بندی فعالیت‌ها منطقی‌تر و دقیق‌تر به دست آمد (Kazemi & Fakhori, 2012).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یکی از بزرگترین گاوداری‌های پرورش گاو شیری واقع در کرج اجرا شد که دارای ۲۷۰ گاو دوششی بود. اطلاعات مربوط به فعالیت‌های پروژه با

جدول ۱- معرفی روش‌های مختلف اجرای هر فعالیت در مدیریت پرورش گاو شیری

شماره فعالیت	روش اول	روش دوم	روش سوم	روش چهارم
۱	۲ کارگر و جیره غذایی شماره ۱	۳ کارگر و جیره غذایی شماره ۲	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۳	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۴
۲	۳ کارگر و جیره غذایی شماره ۱	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۲	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۳	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۴
۳	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴
۴	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱ و نوع داروها	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲ و نوع داروها	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳ و نوع داروها	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴ و نوع داروها
۵	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱ و نوع داروها	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲ و نوع داروها	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳ و نوع داروها	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴ و نوع داروها
۶	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱ و نوع داروها	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲ و نوع داروها	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳ و نوع داروها	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴ و نوع داروها
۷	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱ و نوع داروها	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲ و نوع داروها	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳ و نوع داروها	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴ و نوع داروها
۸	۴ کارگر و جیره غذایی شماره ۱ و نوع داروها	۵ کارگر و جیره غذایی شماره ۲ و نوع داروها	۶ کارگر و جیره غذایی شماره ۳ و نوع داروها	۷ کارگر و جیره غذایی شماره ۴ و نوع داروها

جدول ۲- شماره و نوع فعالیت‌ها در فرایند 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

در این پژوهش، موازنه زمان، هزینه و کیفیت اجرا با استفاده از ریاضیات منطقی فازی و تلفیق آن با الگوریتم‌های ژنتیک (NSGA-II)^۱ و ازدحام ذرات (MOPSO)^۲ انجام شد و چون فعالیت‌ها به صورت کاملاً خطی و به ترتیب شماره‌گذاری جدول ۲ است نیاز به رسم شبکه برای فعالیت‌ها نیست.

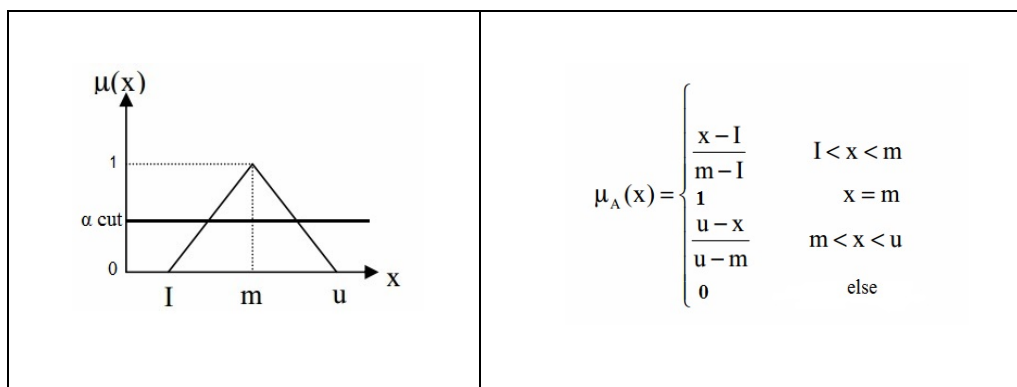
بررسی و مدل‌سازی تابع هدف

بر ۸ نیز تقسیم شود. سه عدد به دست آمده از ماتریس‌های زمان، هزینه و کیفیت به صورت اعداد فازی مثلثی معرفی می‌شوند و از طریق روش مرکز ثقل، سه عدد را به یک عدد تبدیل می‌کنند و به عنوان خروجی تابع هدف معرفی می‌شوند.

الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مسئله

در ابتدا کروموزوم‌هایی با هشت متغیر به اندازه جمعیت اولیه تولید می‌شوند به طوری که هر متغیر موجود در کروموزوم، یک عدد صحیح تصادفی بین یک و تعداد شیوه‌های هر فعالیت اختیار نماید؛ پس از آن 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 می‌شوند. سپس هر کروموزوم دارای یک زمان فازی و هزینه فازی و کیفیت فازی است. در این مرحله، غیرفازی‌سازی با استفاده از روش مرکز ثقل برای زمان، هزینه و کیفیت هر کروموزوم انجام می‌شود. با مشخص شدن جواب برای هر کروموزوم باید کروموزوم‌ها رتبه‌بندی شوند. کروموزوم‌های دارای رتبه یک را مجموعه جواب پارتو می‌نامند.

در این پژوهش برای معرفی داده‌های جمع‌آوری شده به نرم افزار از آرایه‌های سلولی استفاده شد؛ بدین گونه که هر روش، دارای سه هزینه، سه زمان و سه کیفیت در درون یک سلول معرفی و سپس سلول‌ها به صورت یک ماتریس دو بعدی معرفی شد که سطرهای ماتریس شامل تعداد فعالیت‌ها و ستون‌های ماتریس شامل روش‌های هر فعالیت است. پس از آن با توجه به شماره فعالیت و شماره روش اجرای هر فعالیت، سلول مورد نظر از ماتریس تشکیل شده انتخاب می‌شود. تابع هدف در این مقاله به گونه‌ای تعریف شده است که دارای ۸ عدد ورودی است. اعداد ورودی به ترتیب فعالیت‌ها، شامل شماره روش انتخابی هر فعالیت یعنی همان شماره ستون برای هر سطر از ماتریس اولیه است. بدین ترتیب سلول‌های مورد نظر فراخوانی و سه عدد مربوط به زمان، هزینه و کیفیت هر یک به طور جداگانه و به ترتیب فعالیت‌ها درون سه ماتریس جدید جایگذاری می‌شوند. در ادامه، سه ماتریس زمان، هزینه و کیفیت در بُعد دوم جمع بسته می‌شوند؛ هر ماتریس شامل سه عدد است که بدترین، محتمل‌ترین و خوش‌بینانه‌ترین زمان، هزینه و کیفیت کل فرآیند تولید می‌باشد. یادآوری می‌شود که چون ماتریس کیفیت دارای اعداد نسبی بین صفر تا یک است باید پس از جمع بستن



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

فعالیت انتخابی با در نظر داشتن محدودیت شیوه‌های آن فعالیت، تغییر می‌کند.

در قدم بعدی، زمان و هزینه و کیفیت برای اعضای جدید به دست آمده از تلفیق و جهش، محاسبه می‌شود؛ این اعضای جدید به اعضای جمعیت قبلی اضافه می‌شوند. پس از آن دوباره کل کروموزوم‌ها رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی آنها محاسبه می‌شود. سپس بر اساس رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی، کروموزوم‌ها مرتب‌سازی می‌شوند؛ مرتب‌سازی ابتدا بر اساس رتبه (از کمتر به بیشتر) و سپس بر اساس فاصله ازدحامی (از بیشتر به کمتر) است. در ادامه به اندازه جمعیت اولیه از جمعیت مرتب شده موجود ذخیره کرده بقیه کروموزوم‌ها حذف می‌شوند. باید توجه کرد که رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی دو صفت نسبی هستند و با هر تغییری در کروموزوم‌ها باید دوباره محاسبه شوند؛ بنابراین، رتبه‌بندی و فاصله ازدحامی پس از حذف بار دیگر محاسبه می‌شوند و مرتب‌سازی نیز انجام می‌گیرد. سرانجام، اعضای دارای رتبه یک اعضای پارتو را تشکیل می‌دهند.

هر یک از اعضای پارتو حالتی از حالات ممکن برای انجام دادن فرایند تولید شیر است. در این مرحله، با توجه به ضرایبی که برای هزینه و زمان و کیفیت در نظر گرفته شده است (و این ضرایب با توجه به اهمیت فاکتورهای زمان، هزینه و کیفیت برای هر مدیر می‌تواند متفاوت باشد) بهترین حالت موجود از مجموعه جواب پارتو انتخاب می‌شود.

در این تحقیق وزن نسبی معیارهای زمان، هزینه و کیفیت به ترتیب $WT=0.34$ و $WC=0.34$ و $WQ=0.3$ در نظر گرفته شد و طبق رابطه ۲ مطلوبیت برای هر جواب محاسبه گردید. پارامترهای مورد نیاز دیگر برای الگوریتم ژنتیک در جدول ۳ آمده است که از طریق ارزش‌دهی‌های مختلف به هر پارامتر تا رسیدن به بهترین جواب به دست

در مرحله بعد باید از بین مجموعه کروموزوم‌های موجود در پارتو والدین انتخاب شوند. برای انتخاب والدین از روش انتخاب رقابتی دوتایی^۱ استفاده می‌شود، بدین صورت که از کروموزوم‌های موجود در پارتو به میزان درصد تلفیق، دو به دو عضو تصادفی انتخاب و هر عضوی که فاصله ازدحامی^۲ بیشتری داشته باشد به عنوان والد انتخاب می‌شود. یادآوری می‌شود که فاصله ازدحامی بیشتر هر کروموزوم نشان دهنده آن است که آن کروموزوم در ناحیه خلوت‌تری از سطح پارتو قرار گرفته است (رابطه ۱).

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

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

که در آن،

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

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

در ادامه الگوریتم به میزان درصد جهش به طور تصادفی عضوهایی از مجموعه کروموزوم‌های موجود در پارتو انتخاب می‌شوند و جهش روی آنها صورت می‌گیرد. بدین گونه که در هر کروموزوم انتخابی با توجه به میزان جهش تعدادی از فعالیت‌های موجود در کروموزوم به طور تصادفی انتخاب می‌شوند و شیوه اجرای هر

1- Binary Tournament Selection

3- Cross Over

5- DoublePoint

2- crowding distance

4- SinglePoint

6- Uniform

آمده از الگوریتم، ارزش هر پارامتر تعیین گردید.
 $Q =$ کیفیت غیر فازی شده؛ $T =$ زمان غیر فازی شده؛
 $C =$ هزینه غیر فازی شده؛ $U =$ تابع مطلوبیت؛ $WC =$ ضریب
 وزنی هزینه؛ $WQ =$ ضریب وزنی کیفیت؛ و $WT =$ ضریب
 وزنی زمان است.

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

که در آن،

جدول ۳- تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک

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

فازی و کیفیت فازی است. در این مرحله، غیر فازی‌سازی با استفاده از روش مرکز ثقل برای زمان، هزینه و کیفیت هر ذره انجام می‌شود. در مرحله بعد، با توجه به سه بعدی بودن فضای تابع هدف، باید جواب‌هایی را تعیین کرد که در هر سه بعد، نسبت به جواب‌های دیگر غالب هستند (رابطه ۴).

$$\text{Dominated} = \text{all}([x_1, x_2, x_3] \leq [y_1, y_2, y_3]) \ \& \ \text{any}([x_1, x_2, x_3] < [y_1, y_2, y_3]) \quad (4)$$

ذرات غالب را در مخزن ذخیره کرده پس از مشخص شدن ذرات مخزن، چون این ذرات برای انتخاب شدن به عنوان پیشوا^۱ نسبت به یکدیگر ارجح نیستند، برای انتخاب ذره پیشوا، ابتدا باید شبکه‌بندی انجام شود. بدین گونه که در هر بعد از مسئله، فاصله بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عضو مخزن را تعیین کرده بعداً با استفاده از میزان تورم، فاصله به اندازه معین متورم می‌شود (برای اینکه عضو اول و آخر مخزن در شبکه‌بندی قرار گیرند). در ادامه، طبق شکل ۲ با توجه به تعداد خانه‌های تعیین شده برای شبکه‌بندی، این فاصله متورم شده، به طور مساوی تقسیم‌بندی و حد بالا و پایین برای هر خانه از شبکه‌بندی مشخص می‌شود.

الگوریتم چند هدفه ازدحام ذرات پیشنهادی برای حل مسئله

به طور کلی در الگوریتم ازدحام ذرات، ابتدا ذرات به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و پس از آن هر ذره حرکت خود را با ضرایبی در جهت بهترین ذره و بهترین موقعیت قبلی خود شروع می‌کند.

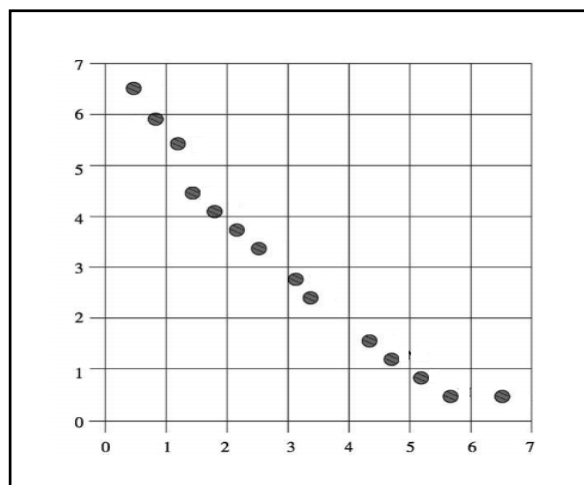
در این الگوریتم، ابتدا برای هر ذره، با توجه به تعداد فعالیت‌ها، هشت عدد به صورت تصادفی، بین صفر و یک تعریف شد. سپس با توجه به محدودیت‌های موجود در تعداد شیوه تعریف شده برای هر فعالیت، با استفاده از رابطه ۱، عدد انتخابی بین صفر و یک را به عدد صحیح تبدیل کرده تا برای هر فعالیت یک شیوه تصادفی انتخاب شود.

$$\min[(1 + R \times M), M] \quad (3)$$

که در آن،

$R =$ عدد تصادفی بین صفر و یک؛ و $M =$ بیشترین تعداد شیوه برای هر فعالیت است.

پس از مشخص شدن شیوه انجام دادن هر فعالیت، با توجه به شیوه انتخابی هر فعالیت زمان، هزینه و کیفیت، فعالیت‌های فرایند تولید به صورت فازی با یکدیگر جمع می‌شوند. پس از آن هر ذره دارای یک زمان فازی، هزینه



شکل ۲- نحوه شبکه‌بندی در فضای دو بعدی

$$Vel(i) = W \times Vel(i) + C_1 \times (BestP(i) - Pop(i)) + C_2 \times (LeaderP - Pop(i)) \quad (6)$$

که در آن،

W = وزن ثقلی؛ Vel = سرعت ذره؛ C_1 = ضریب یادگیری شخصی؛ $BestP$ = بهترین خاطره شخصی؛ C_2 = ضریب یادگیری عمومی؛ و $LeaderP$ = ذره پیشوا است.

برای افزایش کاوش^۱ در الگوریتم، در موقعیت جدید هر ذره جهش ایجاد می‌شود و با توجه به میزان جهش، تعدادی از متغیرهای هر ذره به طور تصادفی تغییر داده می‌شوند. اگر جهش باعث ایجاد جواب بهینه‌تری شد آن جواب پذیرفته می‌شود و گرنه الگوریتم با ذره جهش نیافته ادامه می‌یابد. یادآوری می‌شود که میزان جهش با افزایش تکرار الگوریتم طبق رابطه ۷ کاهش می‌یابد.

$$PM = \frac{1 - (It - 1)}{(MaxIt - 1)^{Mu}} \quad (7)$$

که در آن،

It = شمارنده تکرار؛ $MaxIt$ = بیشترین تکرار؛ و Mu = میزان جهش قبلی.

موقعیت جدید هر ذره طبق تابع هدف ارزیابی می‌شود و در صورتی که بتواند جواب بهینه‌ای از بهترین خاطره

در مرحله بعد، باید تعیین کرد که هر عضو مخزن، به کدام جزء خانه از شبکه‌بندی تعلق دارد و پس از آن تعداد ذرات موجود در هر خانه از شبکه‌بندی مشخص شود. تعداد ذرات بیشتر در هر خانه از شبکه‌بندی، بدان معناست که تراکم ذرات در آن خانه بیشتر است و باید در هنگام انتخاب یکی از خانه‌های شبکه‌بندی با استفاده از رولت ویل، احتمال کمتری برای انتخاب شدن آن خانه وجود داشته باشد. این احتمال با استفاده از رابطه ۵ تعریف می‌شود:

$$P = EXP(-nG \times \beta) \quad (8)$$

که در آن،

nG = تعداد ذرات در هر خانه شبکه‌بندی؛ و β = فشار انتخابی برای انتخاب پیشوا است.

پس از انتخاب یکی از خانه‌های شبکه‌بندی با چرخه رولت، یکی از ذرات آن خانه از شبکه‌بندی به صورت تصادفی و به عنوان ذره پیشوا انتخاب و در ادامه برای هریک از ذرات، یک پیشوا به روش قبل انتخاب می‌شود.

در ادامه، برای هر ذره سرعتی^۲ تعریف می‌شود؛ در ابتدای الگوریتم این سرعت صفر است و در هر تکرار به روزرسانی می‌شود و ذره در موقعیت جدیدی قرار می‌گیرد (رابطه ۶).

nG = تعداد ذرات در هر خانه شبکه‌بندی؛ و λ = فشار انتخابی برای انتخاب ذره‌ای که باید حذف شود. هر یک از ذرات باقی مانده در مخزن، حالتی از حالات ممکن برای انجام شدن فرایند تولید شیر است. در این مرحله با توجه به ضرابی که برای هزینه، زمان و کیفیت در نظر گرفته شده است (و این ضرایب با توجه به اهمیت فاکتورهای زمان، هزینه و کیفیت برای هر مدیر می‌تواند متفاوت باشد) بهترین حالت موجود از مجموعه جواب موجود در مخزن انتخاب می‌گردد.

در این تحقیق، وزن نسبی معیارهای زمان، هزینه و کیفیت بر اساس مشورت کردن با کارشناسان و مدیر و ارزشی که برای هر یک از فاکتورهای زمان، هزینه و کیفیت با توجه به شرایط اقتصادی و بازار و قیمت نهاده‌ها و محصولات قائل هستند، به ترتیب $WT=0/34$ و $WC=0/34$ و $WQ=0/3$ در نظر گرفته شد و طبق رابطه ۲ مطلوبیت برای هر جواب محاسبه گردید. پارامترهای مورد نیاز دیگر برای الگوریتم ازدحام ذرات در جدول ۴ آمده است. یکی از این پارامترها، اندازه جمعیت هر نسل است که با بزرگ‌تر شدن آن، به دلیل وسیع‌تر شدن فضای جستجو، احتمال پیدا کردن جواب نزدیک به بهینه مطلق افزایش می‌یابد ولی باعث افزایش زمان محاسباتی و کاهش کارایی الگوریتم‌ها نیز می‌شود.

شخصی همان ذره ارائه دهد، آن جواب جایگزین بهترین خاطره شخصی آن ذره می‌شود و جواب موقعیت جدید ذره اگر از بهترین خاطره عمومی کل ذرات نیز بهتر باشد، جایگزین بهترین خاطره عمومی کل ذرات نیز می‌شود. بعد از اینکه ذراتی با موقعیت‌های جدید به دست آمدند، ذرات غالب تعیین و به ذرات موجود در مخزن اضافه می‌شوند. پس از آن دوباره از بین مجموعه ذرات موجود در مخزن، ذرات غالب را جدا کرده دوباره مراحل شبکه‌بندی برای ذرات جدید دنبال می‌شود. در این مرحله اگر تعداد ذرات مخزن از ظرفیت مخزن بیشتر باشند، باید ذرات اضافی از مخزن حذف شوند. بدیهی است، ذراتی که کمترین برتری را برای پیشوا شدن دارند، باید از مخزن حذف شوند. برای این کار، ابتدا با استفاده از رابطه ۸، برای هر خانه از شبکه‌بندی، احتمالی در نظر گرفته می‌شود به طوری که هر یک از آنها که ذرات بیشتری دارد، با استفاده از چرخه رولت، احتمال انتخاب شدن بالاتری نیز دارد و سپس یکی از ذرات آن خانه انتخابی از شبکه‌بندی به تصادف حذف می‌شود. این مرحله تکرار می‌شود تا تعداد ذرات موجود در مخزن با ظرفیت مخزن همخوانی داشته باشد.

$$P = EXP(nG \times \lambda) \quad (8)$$

که در آن،

جدول ۴- پارامترهای مورد نیاز برای الگوریتم ازدحام ذرات

پارامترها	ارزش پارامترها
اندازه جمعیت اولیه	۵۰
اندازه مخزن	۵۰
حداکثر تکرار	۴۰
درصد جهش	۴۰
وزن ثقلی	۰/۵
ضریب یادگیری شخصی	۱
ضریب یادگیری عمومی	۱/۵
تعداد خانه برای شبکه‌بندی در هر بعد	۵
میزان متورم شدن	۰/۲
میزان جهش	۰/۳

را در حل این مسئله مقایسه کرد، تعداد جمعیت اولیه و تعداد تکرار در هر دو الگوریتم مساوی در نظر گرفته شد. هر یک از الگوریتم‌ها تحت آلفا برش‌های مختلف اجرا شد و نتایج در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. این جدول‌ها نشان می‌دهند که به ازای برش‌های متفاوت آلفا، جواب‌های مختلفی برای هزینه و کیفیت و همچنین تابع مطلوبیت تولید شده است. همان‌طور که پیشتر گفته شد، ضرایب تابع مطلوبیت رابطه ۲، طبق نظر مدیر و با توجه به شرایط کاری موجود تعیین می‌شود.

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

نتایج و بحث

در این تحقیق، از دو الگوریتم چند هدفه ژنتیک و ازدحام ذرات در موازنه کردن هزینه، زمان و کیفیت فرایند تولید شیر استفاده شد. برای اینکه بتوان این دو الگوریتم

جدول ۵- خروجی الگوریتم ژنتیک تحت آلفا برش‌های مختلف

آلفا	زمان (روز)	هزینه (میلیون ریال)	کیفیت	تابع مطلوبیت	شیوه‌های اجرای فعالیت‌ها								
۱	۲۱۸۰	۱۱۸۱۸۷/۱۰	۰/۴۳۱۲۵	۴۰۱۸۳۶۲۱۴۱/۹۰	۴	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۸	۲۱۸۰	۱۱۸۱۸۹/۳۶	۰/۴۲۹۶۷۹	۴۰۱۸۴۳۹۲۱۰/۱۴	۴	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۶	۲۱۸۰	۱۱۸۱۹۵/۲۰	۰/۴۳۳۳۰۶	۴۰۱۸۶۳۷۵۴۱/۹۲	۴	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۴	۲۱۸۰	۱۱۸۲۱۳/۳۶	۰/۴۴۷۲۴۸	۴۰۱۹۲۵۵۲۰۸/۴۵	۴	۱	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۲	۲۱۸۰	۱۱۸۲۲۸/۵۳	۰/۴۶۰۵۱۳	۴۰۱۹۷۷۰۸۷۵/۷۰	۴	۱	۴	۳	۱	۱	۱	۱	۱
۰	۲۱۸۰	۱۱۸۲۲۸/۸۶	۰/۴۵۹۱۱۳	۴۰۱۹۷۸۲۲۰۸/۶۸	۴	۱	۴	۳	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۶- خروجی الگوریتم ازدحام ذرات تحت آلفا برش‌های مختلف

آلفا	زمان (روز)	هزینه (میلیون ریال)	کیفیت	تابع مطلوبیت	شیوه‌های اجرای فعالیت‌ها								
۱	۲۱۸۰	۱۱۸۱۷۰	۰/۴۱۸۷۵	۴۰۱۷۷۸۰۷۴۱/۳۳	۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۸	۲۱۸۰	۱۱۸۱۷۵/۳۳	۰/۴۴۹۰۰۱	۴۰۱۷۹۶۲۰۷۴/۶۷	۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۶	۲۱۸۰	۱۱۸۱۷۹	۰/۴۱۰۵۸۸	۴۰۱۸۰۸۶۷۴۱/۳۲	۴	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۴	۲۱۸۰	۱۱۸۱۹۶/۰۳	۰/۴۴۷۳۳۳	۴۰۱۸۶۶۵۸۷۵/۰۵	۴	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۲	۲۱۸۰	۱۱۸۲۱۳/۰۳	۰/۴۲۴۱۶۸	۴۰۱۹۲۴۳۸۷۳/۵۴	۴	۱	۱	۴	۱	۱	۱	۱	۱
۰	۲۱۸۰	۱۱۸۲۲۴/۲۰	۰/۴۰۸۳۳۳	۴۰۱۹۶۲۳۵۴۰/۵۸	۴	۱	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۱

همان‌طور که جدول‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهند، به همان درجه که آلفا از صفر به سمت یک حرکت می‌کند، به دلیل تاثیر کمتر ریسک در تولید، مقدار تابع مطلوبیت کمتر می‌شود.

از جدول‌های ۵ و ۶ همچنین نمایان است که در الگوریتم ازدحام ذرات، مقدارهای کمتری تحت برش آلفاهای مختلف در تعداد تکرار مساوی برای تابع مطلوبیت

این ضرایب مشخص می‌کنند که کدام فاکتورها (هزینه، زمان و کیفیت) با توجه به شرایط کاری باید اهمیت بالاتری داشته باشد. همچنین، مدیر می‌تواند با توجه به نوسانات موجود در هزینه و زمان و کیفیت تولید، برش فازی را بین صفر و یک تعریف کند و میزان تاثیر ریسکی را که با توجه به شرایط در نظر گرفته است، در هزینه و زمان و کیفیت تولید خود پیش بینی نماید.

الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک، در تعداد جمعیت و تکرار یکسان، تعداد دفعات بیشتری به تابع هدف رجوع کرده است و همین علت اصلی برتری الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک است.

به دست آمده است و این نشان می‌دهد که الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک توانایی جستجوی بیشتری در پیدا کردن جواب بهینه مسئله مورد نظر داشته است. البته میزان رجوع به تابع هدف برای هر یک از الگوریتم‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد که

جدول ۷- تعداد رجوع به تابع هدف در الگوریتم‌های ازدحام ذرات و ژنتیک

الگوریتم	تعداد رجوع به تابع هدف
ازدحام ذرات	۴۰۵۰
ژنتیک	۲۲۹۱

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که در شرایط عدم قطعیت ($\alpha=0$) مقدار زمان، هزینه و کیفیت به ترتیب ۲۱۸۰ روز و ۱۱۸۲۲۸/۸۶ میلیون ریال و ۴۶ درصد در الگوریتم ژنتیک و ۲۱۸۰ روز و ۱۱۸۲۲۴/۲۰ میلیون ریال و ۴۱ درصد در الگوریتم ازدحام ذرات محاسبه شده است. همچنین، با تنظیم مقدار آلفا با توجه به شرایط کاری می‌توان میزان ریسک موجود در فرایند تولید را مدیریت کرد و با اجرای فعالیت‌های فرایند، طبق شیوه‌ای که برای هر فعالیت در اجرای الگوریتم تعیین می‌شود، به کمترین زمان و هزینه و بالاترین کیفیت ممکن دست پیدا کرد. الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک کارایی مناسب‌تری دارد و هر دو الگوریتم می‌توانند در تعداد تکرار کم تحت آلفاهای مختلف به جواب بهینه همگرا شوند. ضرایب وزنی موجود در تابع مطلوبیت می‌تواند با توجه به نظر هر مدیر تغییر کند و اهداف هر مدیریتی را برآورده سازد. می‌توان بین هزینه، زمان، کیفیت و آثار زیست‌محیطی ارتباطی برقرار کرد و آنها را با توجه به آثار مخرب زیست‌محیطی استفاده از مواد ضد عفونی کننده در گاوداری بهینه‌سازی کرد. با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان بازه‌های زمانی و هزینه را بهتر پیش‌بینی کرد. بازه کاری در این پژوهش را

با توجه به روند رسیدن به جواب ثابت و همگرا شدن الگوریتم می‌توان دریافت که الگوریتم ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک، تقریباً در تعداد تکرار کمتر، تحت آلفاهای مختلف به عدد ثابتی همگرا شده است که این موضوع به دلیل کارایی بالاتر الگوریتم ازدحام ذرات در مسئله مورد نظر است. پیشتر گفته شد که از بین تمامی جواب‌های به دست آمده از الگوریتم‌ها، یکی که از لحاظ تابع مطلوبیت، مطابق رابطه ۲، کمترین مقدار را دارد برای اجرای فعالیت‌ها در نظر گرفته می‌شود و بدین ترتیب هر یک از فعالیت‌ها، از طریق شیوه‌ای که منجر به جواب بهینه کلی مسئله می‌شود، اجرا می‌گردد. این گونه بهینه‌سازی تا به حال فقط در دو پروژه صنعتی توسط مانگل و همکاران و ابراهیم نژاد و همکاران استفاده شده است و در این پژوهش برای اولین بار در زمینه کشاورزی و فرایند تولید شیر به کار گرفته شد. نتایج دو پژوهش اشاره شده، نشان می‌دهد که هر قدر میزان تخمین حالت‌های خوشبینانه و بدبینانه و محتمل بازه گسترده‌تری داشته باشد، جواب نهایی الگوریتم نیز دارای میزان زمان و هزینه بیشتر و کیفیت کمتری است و در نهایت تابع مطلوبیت دارای مقدار عددی بیشتری خواهد بود (Mungle et al., 2013; Ebrahimnezhad et al., 2013).

بهینه‌سازی زمان، هزینه و کیفیت در مدیریت پرورش گاو...

می‌توان تا زنجیره تأمین شیر در بازار گسترده کرد. در نظر گرفت و بهینه‌سازی را به صورت چهاربُعدی شاخص انرژی را می‌توان از دیگر بُعدهای مسئله انجام داد.

مراجع

- Abdi, R., Ghasemzadeh, H. R., Abdolahpor, Sh., Sabzehparvar, M. and Dabagh mohammadasab, A. 2010. Modeling and analysis of mechanization projects of wheat production by GERT networks. *Agricultural Sciences in China*. 9(7): 1078-1083.
- Abdi, R., Ghasemzadeh, H. R., Abdolahpor, Sh., Sabzehparvar, M. and Dabagh mohammadasab, A. 2009. Modeling and analysis hay mechanization project with GERT networks. *Journal of Sustainable Agriculture*. 1(19): 157-169. (in Persian)
- Anonymous. 2011. *Agricultural statistics*. Ministry of Jihad-e Agriculture of Iran. 2, 140-144. (in Persian)
- Ebrahimnezhad, S., Ahmadi, V. and Javanshir, H. 2013. Time-Cost-Quality Trade-off in a CPM network using fuzzy logic and genetic algorithm, *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*. 24(3): 362-376. (in Persian)
- Hsiau, H. J., and Lin, C. W. R. 2009. A fuzzy pert approach to evaluate plant construction project scheduling risk under uncertain resources capacity. *J. Indus. Eng. Manag.* 2(1): 31-47.
- Kazemi, A., Fakhori, P. 2012. A fuzzy control system for estimating the time of project termination Gareth networks. *Inter. J. Indus. Eng. Manag.* 23(2): 252-263. (in Persian)
- 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.
- Rao, K., Rao, T., Rao, P., Roy, M., and Sharath, S. 2008. Optimal Selection of PERT for large complex and distributed projects. *Inter. Journal. Compu. Sci. Net. Security*. 8, 7-17.
- Sabzehparvar, M. 2009. *Project Control*. Termeh Press. Tehran, Iran. (in Persian).
- 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*.
- 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 Persian)
- Zeinalzadeh, A., Hosseini dolama, G. and bagherzadeh, M. 2010. Estimated project completion time interval based simulation approach. *J. manag. Beyond*. 4(13): 141-162. (in Persian)

Optimization of Time - Cost - Quality for Management of Milking Cows, Using Integrated Meta-Heuristic Algorithms and Fuzzy Logic

M. Sharifi*, E. Khosravani-Moghadam and P. Hatami

* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: m.sharifi@ut.ac.ir

Received: 9 November 2015, Accepted: 10 April 2016

One of the most important issues in the management of milk production is to select the best option for each production activity, so that the time and cost of production is minimal and quality is the maximum. Considering the large number of activities and options for each activity usually, approaches for obtaining a unique solution is difficult. In this regard, assigning weights to time, cost and quality can lead us to the best answer from the answers obtained. Because decision making for future is based on probability, in the present study an attempt is made to solve the cost and time and quality of milk production process, using fuzzy logic numbers for estimating risk management by defining (α) cut for intervals. Then by applying and comparing two algorithms NSGA-II and MOPSO for each activity in the milk production process under affect of different (α) cut, the best way for performing each activity was determined. Results shows that, MOPSO approach was had a more suitable effect than the NSGA-II approach for solving the problem under conditions of uncertainty ($\alpha = 0$) for amount of time and cost, and quality which was calculated for 2180 days at the cost of 118228.86 Rials and 46% in genetic algorithm and 2180 days and 118224.20 Rials and 41% in the particle Swarm algorithm respectively. Also by adjusting (α) rate to work conditions, the risk existed in the production process can be managed while performing the process activities, according the procedure that is determined for each activity during the algorithm performance, the least time and cost and highest quality as much as possible can be achieved.

Key Words: Fuzzy logic, Milk production, MOPSO, NSGA-II, Optimization