

Joint Fuzzy Logic and Genetic Algorithm to Management of Cost-time-quality in Modern Milling units of Rasht County

ASHKAN NABAVI-PELESARAEI¹, SHAHIN RAFIEE^{2*}, SEYED SAEID MOHTASEBI²

1. PhD Graduated, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Oct. 2, 2018- Revised: July. 21, 2019- Accepted: Aug. 25, 2019)

ABSTRACT

On one hand, the delicate physics and high sensitivity in the process of paddy conversion to white rice and on the another hand, the importance of quality and its role in the value added of the final product indicate the importance of managing three indicators including quality, cost and time in the rice production. Therefore, the purpose of this study was to achieve optimal layout of different methods with the lowest cost, minimum time and highest quality in the conversion process. For this purpose, all possible methods for each stage of the conversion process in the modern milling units were expressed and a series of fuzzy numbers was considered for them. Risk management was also done by applying fuzzy cuts from zero to one to investigate uncertainty. In the next step, the project management was adopted using the non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II) and non-dominated ranked genetic algorithm (NRGA-II). Based on the results, the genetics algorithm (NSGA-II) showed better performance in comparison with genetic algorithm (NRGA-II) in solving this problem and finally, the lowest time, minimum cost and the highest quality in the specified conditions ($\alpha = 1$) were founded 22.22 hours, 8088170 Rial and 62%, respectively.

Keywords: Rice, Multi objective optimization, Pareto response, Conversion process, Fuzzy logic.

تلفیق منطق فازی و الگوریتم ژنتیک به منظور مدیریت هزینه - زمان - کیفیت در واحدهای شالی کوبی مدرن شهرستان رشت

اشکان نبوی پله سرائی^۱، شاهین رفیعی^{۱*}، سید سعید محتسبی^۱

۱. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۴/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۳)

چکیده

فیزیک ظریف و حساسیت بالا در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید از یک سو و اهمیت کیفیت و نقش آن در ارزش افزوده محصول نهایی از سوی دیگر بیانگر اهمیت مدیریت سه شاخص کیفیت، هزینه و زمان در تولید برنج می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه دستیابی به چیدمانی بهینه از روش‌های مختلف با کمترین هزینه، کمترین زمان و بالاترین کیفیت در فرآیند تبدیل می‌باشد. بدین منظور تمامی روش‌های ممکن برای هر مرحله از فرآیند تبدیل در واحدهای شالی کوبی مدرن بیان گردید و بازه‌ای از اعداد فازی برای آن‌ها در نظر گرفته شد. همچنین مدیریت ریسک نیز با اعمال برش‌های فازی بین صفر تا یک، جهت بررسی عدم قطعیت انجام شد. در گام بعد نیز با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II) و رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II) مدیریت پروژه صورت پذیرفت. طبق نتایج، الگوریتم ژنتیک (NSGA-II) عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک (NRGA-II) در حل این مسئله از خود نشان داد و نهایتاً در واحدهای شالی کوبی مدرن کمترین زمان، کمترین هزینه و بالاترین کیفیت در شرایط قطعی ($\alpha=1$) به ترتیب ۲۲/۲۲ ساعت، ۸۰۸۸۱۷۰ ریال و ۶۲ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: برنج، بهینه‌سازی چندهدفه، جواب پارتو، فرآیند تبدیل، منطق فازی.

مقدمه

برنج از مهم‌ترین غلات و اقلام غذایی جهان است. نیمی از جمعیت جهان، به برنج به‌عنوان یک غذای اصلی وابسته هستند. این محصول پس از برداشت، شلتوک نامیده شده که به‌طور مستقیم قابل استفاده نبوده و بایستی فرآیندهای پس از برداشت (از جمله کاهش رطوبت، خارج نمودن از غلاف و ...) روی آن صورت پذیرد تا قابل مصرف گردد.

بر اساس آمار استان‌های برنج‌خیز، بیش از ۴۰۰۰ واحد شالی کوبی در کشور وجود دارند، که حداقل ظرفیت تولیدی ۲۰۰ تن و حداکثر ظرفیت ۴۰۰۰ تن برنج سفید برای آن‌ها در سال می‌باشد. بالاترین تعداد شالی کوبی به استان گیلان با تعداد ۱۸۰۰ واحد و کمترین واحد به استان اردبیل با ۳ واحد اختصاص یافته است. صنعت تبدیل در اکثریت آن‌ها (بیش از ۹۰ درصد)، دارای فناوری با قدمت ۶۰-۷۰ سال، قدیمی و مستهلک می‌باشد. شلتوک تولیدشده با صرف هزینه‌های نهاده‌ها (سم، کود، نیروی انسانی و ...) در واحدهای مذکور، پس از خشک شدن به برنج سفید تبدیل می‌شود. در این واحدها، به دلیل فرسودگی و

غیراستاندارد بودن خط تبدیل، شلتوک، دچار خسارات و ضایعات بالای کیفی و کمی می‌گردد، به‌صورتی که میزان برنج شکسته از دو برابر استاندارد جهانی بالاتر می‌باشد. علاوه بر آن، از اجزاء حاصله از تبدیل شلتوک، از جمله: پوسته، سبوس برنج، برنج‌های خرد و شکسته شده، کاه برنج و ... استفاده اقتصادی با ارزش افزوده به عمل نمی‌آید (Anon, 2016).

سه عنصر اصلی تولید شامل زمین، نیروی کار و سرمایه بوده که بدون عنصر چهارم یعنی مدیریت، تولید اتفاقی و برحسب تصادف و نهایتاً کم اثر خواهد بود (Khosravani, 2016). کارایی چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ فیزیکی به‌طور کلی به مهارت مدیر در ترکیب این منابع به شیوه‌ای مناسب و اثربخش، متکی می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در این دید که مدیریت جزء پنهان تولید است و به‌مرور، 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 به‌صورت کمی درآورد. مدیران پروژه برای کسب توفیق در اجرا، همواره به

معکوس با میزان دانش و شناخت ما از آن سامانه دارد. همیشه تلاش انسان بر این بوده که سامانه را با بیشترین دقت ممکن مدل سازی کند، اما چنانچه دقت کافی نسبت به آن نداشته باشد، مجبور است دقت موردنظر از مدل را با میزان شناخت خود از سامانه منطبق نماید (Zhang et al., 2018).

چیدری و امیرنژاد از روش های پرت و سی پی ام برای مدیریت پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک کنی استفاده نمودند و برای حل مسئله موردنظر، بسته نرم افزاری QSB⁺ را به کار بردند. نتایج نشان داد که زمان های به دست آمده در دو روش پرت و سی پی ام متفاوت اند؛ زمان مورد انتظار برای انجام پروژه در پرت ۸۷/۳ هفته و در سی پی ام ۸۶ هفته به دست آمد. اختلاف موجود به این دلیل است که در سی پی ام فرض می شود، زمان فعالیت ها قطعی است و می توان آن ها را با تقریب بسیار خوبی به طور قطع پیش بینی کرد؛ ولی فرض یاد شده به طور کامل پذیرفتنی نیست. در واقع مدت زمان انجام فعالیت یک متغیر تصادفی است که تابع توزیع احتمال دارد و در این مطالعه تابع توزیع احتمال بتا برای زمان انجام فعالیت ها در نظر گرفته شد. همچنین نتایج به دست آمده از جدول آنالیز پرت نشان داد که احتمال تکمیل پروژه در ۷۵ و ۸۰ هفته به ترتیب برابر ۵/۴ و ۳/۵٪ است. از طرفی همان طور که گفته شد زمان تکمیل پروژه با آنالیز سی پی ام ۸۶ هفته است و اگر به طور مثال مدیر پروژه بخواهد در ۷۵ هفته پروژه را تکمیل کند، با توجه به کاهش زمان بایستی منابع را افزایش داد و در پی آن هزینه ها افزایش می یابد (Chizari and Amirnezhad, 1998).

در مطالعه ای با استفاده از روش پرت فازی ارزیابی و شاخصی به نام میزان ریسک، مدیریت پروژه در احداث یک کارخانه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بر آن بود که استفاده از منطق فازی در مدیریت پروژه از کارایی مناسبی برخوردار می باشد (Hsiau and Lin, 2009).

در مطالعه ای، از فنون شبکه گرت برای مدل سازی و آنالیز پروژه های مکانیزاسیون تولید گندم استفاده شد و به کارگیری شبکه گرت به عنوان ابزاری برای زمان بندی، طرح ریزی، کنترل و آنالیز پروژه های مکانیزاسیون کشاورزی مفید تشخیص داده شد. نتایج آنان نشان داد در صورت انتخاب مسیر بحرانی، اگر مقادیر انحراف معیار بر روی سایر مسیرها و تعداد فعالیت هایی که به یک رویداد می رسند یا مسیرهای موازی در شبکه زیاد باشد، میزان خطا افزایش می یابد که با به کار بردن شبیه سازی می توان این خطا را کاهش داد و زمان تکمیل مسیر پروژه را به شکل فاصله ای برآورد کرد. در ضمن با معلوم بودن میانگین و انحراف معیار مسیرها، می توان احتمال تکمیل مسیرها در زمان های مختلف را

دنبال اتمام پروژه ها در کمترین زمان ممکن، با کمترین هزینه ممکن و در بالاترین سطح از کیفیت می باشند. چالش اصلی پیش روی مدیران، انتخاب رویکردی مناسب جهت یافتن ترکیب های بهینه زمان، هزینه و کیفیت فعالیت های پروژه، به منظور رسیدن به سه هدف فوق می باشد. کشف چگونگی موازنه میان سه معیار زمان، هزینه و کیفیت و اینکه صرف هزینه های بیشتر در پروژه تا چه حد منجر به کاهش مدت زمان اجرای پروژه و همچنین عملکرد کیفی آن خواهد شد، موضوع اصلی این تحقیق می باشد. همچنین مدیر بایستی توانایی نظارت در طول اجرای پروژه بر روند کار و میزان پیشرفت کار در بازه های زمانی معینی را داشته باشد تا بتواند جریان کار را کنترل کرده و پروژه را بر اساس اهداف از پیش تعیین شده به اتمام رساند (Khosravani-Moghadam, 2015).

تقسیم پروژه به اقسام تحویل شدنی که تحت عنوان ساختار شکست کار یا ساختار اجزای پروژه شناخته می شود، بهترین روش برای ایجاد واحدهای کار مدیریت پذیر، جهت واگذاری به اعضای پروژه (سازمان پروژه) است. پس از شناخت، نسبت به اهداف کلی پروژه، باید پروژه را به واحدها، فعالیت ها و اقدامات کوچک تر تقسیم نمود. این کار به ما کمک می کند که ارتباط بین فعالیت ها و همچنین نیازمندی های منابع مورد نیاز جهت اجرای فعالیت ها را بهتر تشخیص دهیم و نسبت به تعریف آن ها اقدام نماییم (Sharifi et al., 2016).

اولین قدم جهت تعریف ساختار شکست کار، شناخت فعالیت های پروژه است. لیست فعالیت های پروژه باید به گونه ای باشد که قابل مدیریت، برنامه ریزی و کنترل باشد و به عبارت دیگر باید فعالیت های پروژه به اندازه ای خرد و جزئی شود که قابل کنترل بوده و نیازهای هدفمان را برآورده سازد. پس از دسته بندی اطلاعات جمع آوری شده برای فعالیت ها، بهتر است ابتدا ساختار شکست کار را به صورت یک نمودار درختی طراحی نمود (Curcija, 2019).

نظریه مجموعه های فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی امریکا با معرفی نظریه مجموعه های فازی مقدمات مدل سازی اطلاعات نادقیق و استدلال تقریبی با معادله های ریاضی ایجاد گردید که در نوع خود تحولی عظیم در ریاضیات و منطق کلاسیک به وجود آورد. در سامانه های پیچیده ای که درک آن ها مشکل می باشد و یا مسائلی که وابسته به استدلال، تصمیم گیری و استنباط بشری هستند، منطق فازی به عنوان ابزاری مؤثر به شمار می رود. انتخاب یک روش و رویکرد مناسب برای مدل سازی یک سامانه، کاملاً بستگی به میزان پیچیدگی آن سامانه دارد و پیچیدگی هم ارتباط

بررسی نمود (Abdi et al., 2010).

برای شبکه‌ای از فعالیت‌ها پیشنهاد نمودند که هریک دارای چندین شیوه اجرا بوده است. از میان شیوه‌های ممکن و موازنه معیارهای آن‌ها، بهترین شیوه اجرا انتخاب و یک الگوریتم ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II) برای حل مدل پیشنهادی طراحی شد. همچنین با استفاده از روش برش آلفای فازی میزان اعتنای مدیر پروژه به نظرات کیفی افراد خبره آورده شد که برای آزمون اعتبارسنجی آن، نتایج محاسبات نشان داد زمانی که مقدار $(\alpha=1)$ در نظر گرفته شود پاسخ‌ها به شرایط پیمانی پروژه که همان شرایط مورد انتظار مدیر پروژه می‌باشد گرایش دارد، اما هرچقدر از شرایط قطعیت به طرف $(\alpha=0)$ و شرایط عدم قطعیت نزدیک شود، پاسخ‌های حاصل از حل الگوریتم از نظر زمان، هزینه و کیفیت وضعیت بدتری نشان می‌دهد و دلیل این وضعیت این است که مدیر پروژه، با اعتنا کردن به نظر خبرگان، شرایط عدم قطعیت و ریسک‌ها را در زمان‌بندی و بودجه‌بندی پروژه‌ها در نظر گرفته است و از آنجایی که اغلب ریسک‌های مرحله اجرا به صورت تهدید می‌باشند منجر به بدتر شدن اهداف پروژه می‌گردد.

استفاده از مدل شبکه‌ای پرت برای تولید جو در استان البرز نشان داد که کوتاه‌ترین زمان ممکن برای تولید مکانیزه جو ۲۲۸/۲ روز می‌باشد 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 نماید (Sharifi et al., 2014).

یک مدل ریاضی (Khosravani-Moghadam et al., 2016) برای شبکه‌ای از فعالیت‌ها در تولید مرغ گوشتی توسعه دادند، تا از میان شیوه‌های ممکن و موازنه معیارهای آن‌ها، بهترین شیوه اجرا برای هر فعالیت مشخص شود. بدین منظور از الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب برای حل این مسئله استفاده نمودند.

Sharifi et al., (2016) نیز در پژوهشی به بهینه‌سازی زمان، هزینه و کیفیت در مدیریت پرورش گاو شیری پرداختند. ایشان با استفاده از ریاضیات منطق فازی برای هزینه، زمان و کیفیت فرایند تولید شیر، بازه‌ای به صورت اعداد فازی در نظر گرفته و با به کارگیری و مقایسه دو الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک، بهترین روش برای هر فعالیت را تعیین نمودند.

در مطالعات فوق اهداف به صورت قطعی در نظر گرفته شده،

حال آنکه در دنیای پیچیده واقعی و صنعتی تمامی این موارد مبهم و غیرقطعی است. فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید نیز از این قاعده مستثنا نبوده و دستخوش عوامل غیرقطعی بسیار می‌باشد، لذا تئوری منطق فازی برای در نظر گرفتن این عدم قطعیت‌ها در طول فرایند حل مسئله به کار گرفته شده است و از طریق آن می‌توان هزینه و زمان و کیفیت را به گونه‌ای بهینه‌سازی و تعیین کرد که بسیار نزدیک به واقعیت و سبک مدیریت اجرایی در کشور باشد. تنوع روش‌های موجود در هر مرحله از فرآیند تبدیل نیز از جمله موارد مهم در افزایش میزان عدم قطعیت در مدیریت پروژه تولید برنج سفید می‌باشد. بنابراین در این پژوهش سعی بر آن شد که از بین روش‌های گوناگون اجرای هر فعالیت در طول فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در واحدهای شالی کوبی، بهترین روش با توجه به شرایط مؤثر بر تولید انتخاب شود به گونه‌ای که کمترین هزینه و زمان و بالاترین کیفیت در عملیات مذکور حاصل گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

این پژوهش در واحدهای شالی کوبی شهرستان رشت به عنوان مرکز استان و بزرگ‌ترین قطب کشاورزی استان گیلان انجام شده است. شهرستان رشت در مرکز استان گیلان قرار دارد، این شهرستان همچنین بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهرستان شمال ایران در بین سه استان‌های حاشیه دریای خزر، بزرگ‌ترین سکونت‌گاه سواحل جنوبی این دریا محسوب می‌شود. جمعیت شناور ثابت روزانه شهرستان رشت بالغ بر ۱۲۰۰۰۰۰ نفر است. این شهرستان از شمال به دریای خزر از غرب به تالاب انزلی و شهرستان‌های انزلی، صومعه‌سرا و شفت، از جنوب به شهرستان رودبار و از شرق به شهرستان‌های آستانه‌اشرفیه، لاهیجان و سیاهکل محدود می‌شود (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2016). شهرستان رشت در محدوده‌ی جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه‌ی طول شرقی قرار دارد و ۰/۰۹ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل داده است (Nabavi-Pelesaraei et al., 2018). در این مطالعه تمامی ۱۰ واحد شالی کوبی مدرن شهرستان به صورت سرشماری مورد بررسی قرار گرفت.

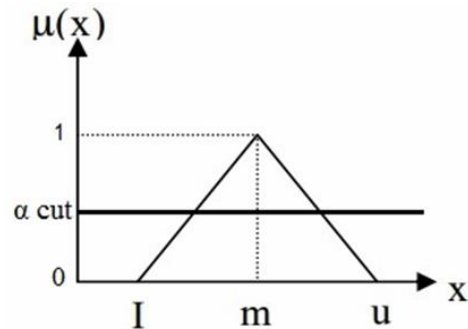
تئوری مجموعه‌های فازی

اگر U مجموعه مرجع باشد که هر عضو آن با x نمایش داده شود، مجموعه فازی در U به وسیله زوج‌های مرتبی به صورت زیر بیان

انجام محاسبات با اعداد فازی به دلیل ساختار خاص آن‌ها بسیار زمان‌بر و پیچیده می‌باشد. برای تسهیل و کاربردی نمودن اعداد فازی، اعداد فازی مخصوصی در محاسبات به کار گرفته می‌شوند. این اعداد خاص می‌توانند به صورت اعداد زنگوله‌ای، مثلثی و دوزنقه‌ای باشند. در این پژوهش با توجه به این‌که برای هر روش از هر فعالیت سه حالت (خوش‌بینانه، محتمل، بدبینانه) در نظر گرفته شد، اعداد فازی مثلثی مورد استفاده قرار گرفت. یک عدد فازی مثلثی را می‌توان به صورت شکل ۱ نمایش داد.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-I}{m-I} & I < x < m \\ 1 & x = m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

می‌شود (Orujov et al., 2018):
 رابطه ۱) $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}$
 $\mu_A(x)$ تابع عضویت و یا درجه عضویت می‌باشد که میزان تعلق x به مجموعه فازی A را نشان می‌دهد و برد این تابع اعداد حقیقی غیر منفی می‌باشد که یک مقدار ماکزیمم دارد و در حالت نرمال به صورت فاصله بسته $[۱۰]$ در نظر گرفته می‌شود. این درجه عضویت اصل بنیادی مجموعه‌های فازی محسوب می‌گردد و هیچ روش قطعی برای تعیین تابع عضویت وجود ندارد و این مسئله بیش از همه یک مقوله حسی و تجربی می‌باشد.



شکل ۱- نحوه نمایش اعداد فازی مثلثی و برش (α)

$$y^* = \frac{\int y \cdot \mu_A(y) dy}{\int \mu_A(y) dy} \quad \text{رابطه ۳}$$

ترسیم شبکه

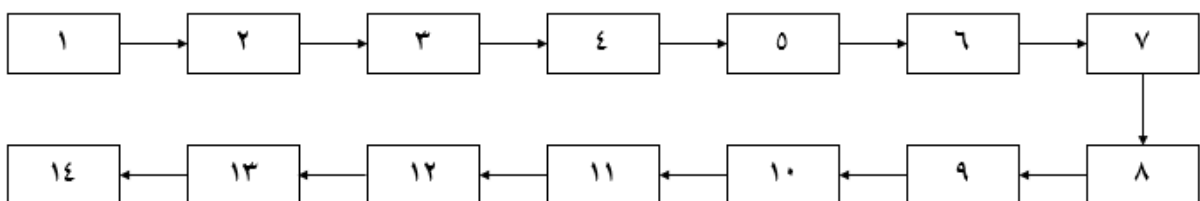
در این مطالعه به منظور نمایش تقدم و تأخر فعالیت‌ها شبکه گره-ای مورد استفاده قرار گرفت. در این شبکه فعالیت‌ها توسط گره‌ها نمایش و حتماً با گره شروع آغاز می‌شود و سپس تمام فعالیت‌های بدون پیش‌نیاز، به گره شروع متصل می‌شوند. لازم به ذکر است شبکه گره‌ای حتماً با گره پایان به اتمام می‌رسد لذا فعالیت‌هایی که پس‌نیاز ندارند به گره پایان متصل می‌شوند. در ترسیم این شبکه حلقه وجود نداشته و برای هر فعالیت فقط و فقط یک گره در شبکه وجود دارد (Nian et al., 2018). شکل ۲ شبکه پروژه تبدیل شلتوک به برنج سفید در حالت مدرن را به صورت خطی نشان داده و بیانگر عدم نیاز به تعیین مسیر بحرانی می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۱ نمایان است مجموعه برش مقطع (α) از مجموعه فازی A ، یک زیرمجموعه غیر فازی از x محسوب می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha, x \in X\} \quad \text{رابطه ۲}$$

غیر فازی کردن عدد فازی

جهت تبدیل یک عدد فازی به یک مقدار دقیق، روش‌های مختلفی از جمله روش مرکز ثقل، روش بیشترین تابع عضویت، روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی و ... وجود دارد. با توجه به گستردگی کاربرد روش مرکز ثقل، در این پژوهش از روش مرکز ثقل استفاده شد. غیر فازی ساز مرکز ثقل نقطه y^* را به عنوان مرکز ناحیه‌ای که به وسیله تابع تعلق A پوشش داده شده، تعریف می‌کند. مزیت این غیر فازی ساز در توجیه‌پذیری شهودی آن بوده و اشکال آن در پیچیدگی محاسبات آن می‌باشد (Sharifi et al., 2016).



شکل ۲- شبکه گره‌ای فعالیت‌ها در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در واحدهای شالی‌کوبی مدرن

(رابطه ۴)

$$4 \times 4 \times 3 \times 4 \times 3 \times 3 \times 4 \times 1 \times 4 \times 2 \times 2 \times 4 \times 4 \times 4 = 7077888$$

جدول ۱- شماره و نام فعالیت‌ها در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در

واحدهای شالی کوبی مدرن	
شماره فعالیت	نام فعالیت
۱	انتقال شلتوک از مزرعه به انبار کارخانه
۲	انتقال شلتوک از انبار کارخانه به خشک کن
۳	فرآیند خشک کنی
۴	انتقال شلتوک از خشک کن به بوجاری
۵	عملیات بوجاری
۶	عملیات سنگ گیری
۷	عملیات پوست کنی
۸	پادیه شلتوک
۹	عملیات سفید کنی
۱۰	صیقل دهی برنج سفید
۱۱	الک برنج سفید
۱۲	عملیات بسته بندی
۱۳	انتقال برنج سفید به انبار
۱۴	مدیریت پسماند

در جدول ۱ می توان شماره، نام فعالیت‌ها و ترتیب آن‌ها را در واحدهای شالی کوبی مدرن مشاهده کرد. همچنین جدول ۲ انواع روش‌های مختلفی که برای هر فعالیت در سامانه شالی کوبی‌های مدرن در نظر گرفته شده است را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که روش‌های تعریف شده برای هر فعالیت، با مشورت کارشناسان و به گونه‌ای می‌باشند که از لحاظ عملی و منطقی قابل اجرا هستند. با توجه به مطالب ذکر شده، بایستی ترکیبی از روش‌های مختلف انجام هر فعالیت در طی پروژه تبدیل شلتوک به برنج سفید پیدا کرد که شامل کمترین هزینه، کمترین زمان و بیشترین کیفیت باشد. بنابراین تعداد حالات تکمیل پروژه تبدیل شلتوک به برنج سفید تبدیل در صورتی که تعداد روش‌های انجام هر فعالیت، برای تمامی فعالیت‌ها یکسان باشد، دارای m^n حالت است که در آن m ، تعداد روش انجام هر فعالیت و n ، تعداد فعالیت‌ها می‌باشد. بر این اساس تعداد حالات ترکیبی ممکن برای پروژه تبدیل شلتوک به برنج سفید به صورت زیر و از حاصل ضرب تعداد روش‌های هر فعالیت به دست می‌آید.

جدول ۲- معرفی روش‌های مختلف انجام هر فعالیت در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در واحدهای شالی کوبی مدرن

شماره فعالیت	روش اول	روش دوم	روش سوم	روش چهارم
۱	دو کارگر و نوع وسیله حمل و نقل	سه کارگر و نوع وسیله حمل و نقل	چهار کارگر و نوع وسیله حمل و نقل	پنج کارگر و نوع وسیله حمل و نقل
۲	دو کارگر	سه کارگر	چهار کارگر	پنج کارگر
۳	یک کارگر و نوع دستگاه	دو کارگر و نوع دستگاه	سه کارگر و نوع دستگاه	---
۴	دو کارگر و یک بالابر	سه کارگر و یک بالابر	دو کارگر و دو بالابر	سه کارگر و دو بالابر
۵	یک کارگر و نوع دستگاه	دو کارگر و نوع دستگاه	سه کارگر و نوع دستگاه	---
۶	یک کارگر و نوع دستگاه	دو کارگر و نوع دستگاه	سه کارگر و نوع دستگاه	---
۷	یک کارگر و پوست کن غلتک لاستیکی	دو کارگر و پوست کن غلتک لاستیکی	یک کارگر و پوست کن تیغه‌ای	دو کارگر و پوست کن تیغه‌ای
۸	یک کارگر و نوع دستگاه	---	---	---
۹	یک کارگر و سفید کن سایشی	یک کارگر و سفید کن مالشی	دو کارگر و سفید کن مالشی	دو کارگر و سفید کن سایشی
۱۰	یک کارگر و نوع دستگاه	دو کارگر و نوع دستگاه	---	---
۱۱	یک کارگر و نوع دستگاه	دو کارگر و نوع دستگاه	---	---
۱۲	یک کارگر و نوع بسته بند	دو کارگر و نوع بسته بند	سه کارگر و نوع بسته بند	چهار کارگر و نوع بسته بند
۱۳	دو کارگر	سه کارگر	چهار کارگر	پنج کارگر
۱۴	دو کارگر، نوع آسیاب و بسته بند	دو کارگر، نوع آسیاب و بسته بند	چهار کارگر، نوع آسیاب و بسته بند	چهار کارگر، نوع آسیاب و بسته بند

بهترین حالت که دارای کمترین هزینه و کمترین زمان و بیشترین کیفیت می‌باشد، معین گردد. از طرفی، به دلیل اینکه انجام محاسبات به صورت دستی و رسیدن به بهترین جواب مطلق، بسیار زمانبر و تقریباً غیرممکن است، به کارگیری الگوریتم برای

بر اساس محاسبات فوق، تعداد حالات ترکیبی مختلف برای به انجام رساندن پروژه تبدیل شلتوک به برنج سفید در واحدهای مدرن بالغ بر هفت میلیون و هفتاد و هفت هزار است. در این پژوهش هدف آن است که از بین این تعداد حالات مختلف،

$$P = EXP(-R) \quad (\text{رابطه ۶})$$

R = رتبه؛ P = میزان احتمال برای انتخاب شدن

در ادامه با استفاده از چرخه رولت یکی از رتبه‌ها انتخاب می‌شود. پس از آن برای انتخاب یکی از اعضای رتبه انتخاب شده بایستی فاصله ازدحامی طبق رابطه ۷ برای تمامی اعضا محاسبه شود. با توجه به مطالب گفته شده برای انتخاب یک عضو از رتبه منتخب، ابتدا با توجه به فاصله ازدحامی برای هر عضو طبق رابطه زیر احتمالی تعریف می‌شود به طوری که هر چه فاصله ازدحامی بیشتر شود احتمال انتخاب بالاتر رود و سپس بار دیگر از چرخه رولت استفاده کرده و عضوی برای والد انتخاب می‌گردد (Ding et al., 2018).

$$P = EXP(d_i) \quad (\text{رابطه ۷})$$

d_i = فاصله ازدحامی عضو α_m

در شکل ۳ فلوچارت الگوریتم ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی و رتبه‌بندی نامغلوب (NSGA-II و NRGGA-II) به طور کامل نمایش داده شده است.

نتایج و بحث

نتایج الگوریتم ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II)

در جدول ۳ می‌توان زمان، هزینه، کیفیت و تابع عدم مطلوبیت را برای برش‌های آلفا در سطوح مختلف بر اساس الگوریتم ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب مشاهده کرد. در این پژوهش از آنجایی که سه هدف اصلی مدنظر در مدیریت پروژه کمترین زمان، کمترین هزینه و بالاترین کیفیت بوده و از نظر حداقلی و حداکثری ماهیتی متضاد یکدیگر را دارا هستند، به همین منظور با برعکس نمودن شاخص کیفیت در محاسبات، میزان کمتر تابع عدم مطلوبیت به عنوان هدف انتخاب گردید. همان‌طور که در جدول ۳ نمایان است، با افزایش سطح آلفا میزان تابع عدم مطلوبیت کاهش می‌یابد.

نتایج جدول ۳ نشان دهنده آن است که در برش آلفای یک کمترین زمان، کمترین هزینه و بالاترین کیفیت به همراه کمترین میزان تابع عدم مطلوبیت به دست می‌آید.

در شکل ۴ نیز روند پیدا شدن جواب بهینه توسط الگوریتم ژنتیک بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II) در برش آلفاهای مختلف نشان داده شده است. نتایج بر آن است که با افزایش میزان برش آلفا یا به عبارتی بهتر حرکت به سوی قطعیت، الگوریتم توانسته در تعداد تکرارهای کمتر و میزان عدم مطلوبیت کمتر به حد قابل قبولی از پاسخ همگرا شود. به گونه‌ای که در برش آلفای

حل این مسئله، امری ضروری می‌باشد. بنابراین برای حل این مسئله، الگوریتم‌های ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی و رتبه‌بندی نامغلوب مورد استفاده قرار گرفت و کدنویسی آن در نرم‌افزار (MATLAB V. 2016a) انجام شد.

الگوریتم‌های بهینه‌سازی

الگوریتم ژنتیک مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II)

در این الگوریتم، ابتدا کروموزوم‌هایی با ۱۴ 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 نماید؛ سپس با توجه به شیوه‌های انتخابی هر فعالیت، زمان و هزینه و کیفیت هر شیوه به صورت فازی و با به کارگیری مقادیر مختلف برش آلفا (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 می‌باشد. در این مرحله غیر فازی سازی با استفاده از روش مرکز ثقل برای 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 این پژوهش وزن نسبی معیارهای زمان، هزینه و کیفیت به ترتیب $WT=0/34$ و $WC=0/34$ و $WQ=0/32$ در نظر گرفته شد و طبق رابطه زیر، عدم مطلوبیت برای هر جواب محاسبه شد.

$$LU = (WT \times T) + (WC \times C) + (WQ \times \frac{1}{Q}) \quad (\text{رابطه ۵})$$

LU = تابع عدم مطلوبیت؛ WT = ضریب وزنی زمان؛ T =

زمان غیر فازی شده؛ WC = ضریب وزنی هزینه؛ C = هزینه غیر فازی شده؛ WQ = ضریب وزنی کیفیت و Q = کیفیت غیر فازی شده می‌باشد.

همان‌گونه که در رابطه فوق قابل ملاحظه می‌شود، زمان و هزینه با کیفیت رابطه عکس برقرار نموده است. بدین صورت هر چه مقدار تابع عدم مطلوبیت در مجموعه جواب‌های پارتو دارای مقدار بالاتر باشد از نقطه بهینه دورتر شده و طبعاً مقدار کمینه به عنوان نقطه بهینه مسئله معرفی شد

الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II)

مراحل انجام این الگوریتم شبیه به الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب می‌باشد و فقط در مرحله انتخاب والدین برای تلفیق، متفاوت است. برای انتخاب والدین در این الگوریتم؛ ابتدا با توجه به تعداد رتبه‌بندی، برای هر رتبه طبق رابطه زیر احتمالی تعریف می‌شود، به طوری که با بیشتر شدن رتبه احتمال انتخاب آن رتبه کمتر شود (Mousavi et al., 2016).

شالی کوبی مدرن بوده است. در تفسیر این نتایج می توان ابراز کرد هرچه میزان تجربه مدیران بیشتر و نوسانات بازار کمتر باشد، محدوده قیمت و زمان، که برای هر روش از فعالیتها تخمین زده می شود، از دقت بهتری برخوردار خواهد بود.

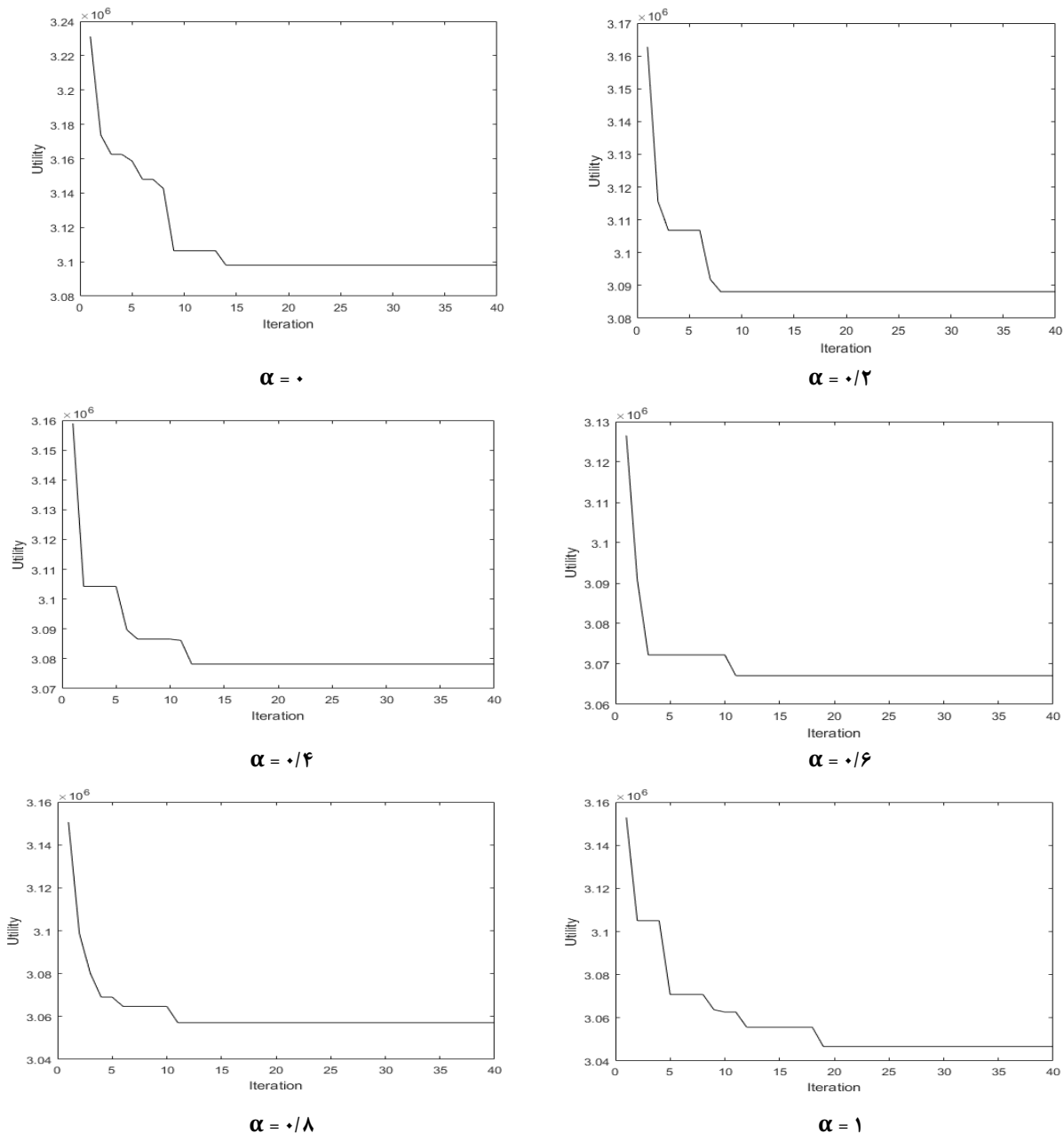
یک الگوریتم پس از ۸ تکرار به مقدار ثابت و کمتر رسیده است. این نتایج بیانگر کارایی مناسب الگوریتم ژنتیک الگوریتم ژنتیک بر دسته بندی نامغلوب (NSGA-II) در موازنه هزینه - زمان - کیفیت در فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید در واحدهای



ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II) در برش آلفاهای مختلف نشان داده شده است. در این حالت نیز روند نتایج در برش آلفاهای مختلف شبیه به الگوریتم ژنتیک الگوریتم مبتنی بر دسته‌بندی نامغلوب (NSGA-II) بوده است. با این تفاوت که در برش آلفای علی‌رغم تکرار بالاتر نسبت به سایر برش آلفاها مقدار عدم مطلوبیت بسیار پایین‌تر نسبت به آن‌ها بوده و بهترین حالت حل مسئله در این الگوریتم بوده است. پس آنچه از نتایج قابل استنتاج است برآیند تعداد تکرار کمتر و عدم مطلوبیت تعیین‌کننده بهینه‌ترین جواب بوده و هرکدام به تنهایی نمی‌تواند ملاک عملکرد الگوریتم باشد.

نتایج الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II) در جدول ۴ می‌توان زمان، هزینه، کیفیت و تابع عدم مطلوبیت را برای برش‌های آلفا در سطوح مختلف بر اساس الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II) مشاهده کرد. نتایج نشان داد که با افزایش سطح آلفا میزان تابع عدم مطلوبیت کاهش یافته و در برش آلفای یک کمترین زمان، کمترین هزینه و بالاترین کیفیت به همراه کمترین میزان تابع عدم مطلوبیت به دست می‌آید.

در شکل ۵ نیز روند پیدا شدن جواب بهینه توسط الگوریتم



شکل ۵. روند رسیدن به جواب بهینه طی تکرارهای گوناگون الگوریتم ژنتیک مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب (NRGA-II) www.SID.ir

- Shalikoubidran Union of the Rasht County of Iran. (In Farsi).
- Chizari, A., & Amirnezhad, H. (1998). Managing the project to build a corn-drier unit using Perth and CPM methods (PERT & CPM). *Quarterly Journal of Agricultural Economics and Development*, 29, 257-273. (In Farsi).
- Curcija, M., Breakey, N., & Driml, S. (2019). Development of a conflict management model as a tool for improved project outcomes in community based tourism. *Tourism Management*, 70, 341-354.
- Ding, S., Chen, C., Xin, B., & Pardalos, P. M. (2018). A bi-objective load balancing model in a distributed simulation system using NSGA-II and MOPSO approaches. *Applied Soft Computing*, 63, 249-267.
- Ebrahinezhad, S., Ahmadi, V., & Javanshir, H. (2013). Balance of cost, time and quality criteria in a CPM network using fuzzy logic and genetic algorithm. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, 24(3), 362-376. (In Farsi).
- Hsiau, H.J., & 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.
- Khosravani-Moghadam, E., Sharifi, M., Rafiee, S., & Hatami, P. (2016). Time-Cost-Quality optimization of broilers production process using integration genetic algorithm and fuzzy logic. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 46(4), 43-46. (In Farsi).
- Khosravani-Moghadam, E. (2015). *Time-cost estimation of broiler production project using management techniques and control project*. M.Sc. thesis, University of Tehran., Tehran.
- Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. (2016 April). Annual Agricultural Statistics. <http://www.maj.ir>. (In Farsi).
- Mousavi, S. M., Sadeghi, J., Niaki, S. T. A., & Tavana, M. (2016). A bi-objective inventory optimization model under inflation and discount using tuned Pareto-based algorithms: NSGA-II, NPGA, and MOPSO. *Applied Soft Computing*, 43, 57-72.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Chau, K. W. (2018). Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. *Science of the Total Environment*, 631-632, 1279-1294.
- Nian, F., Hu, C., Yao, S., Wang, L., & Wang, X. (2018). An immunization based on node activity. *Chaos, Solitons & Fractals*, 107, 228-233.
- Orujov, F., Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., Wei, W., & Li, Y. (2018). Smartphone based intelligent indoor positioning using fuzzy logic. *Future Generation Computer Systems*, 89, 335-348.
- Sharifi, M., Akram, A., Rafiee S., & Sabzehparvar, M. (2014). Planning and scheduling barley production mechanization project using the PERT network: case study Alborz province. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 45(1), 11-22. (In Farsi).
- Sharifi, M., Khosravani-Moghadam, E., & Hatami, P. (2016). Optimization of time, cost and quality in dairy cattle breeding management by combining meta-heuristic algorithms and fuzzy logic. *Agricultural Mechanization & Systems Research*, 17(66), 43-46. (In Farsi).
- Zhang, W., Hu, H., Hu, H., & Fang, J. (2018). Semantic distance between vague concepts in a framework of modeling with words. *Soft Computing*, 1-18.