

کاربرد روش گرت فازی در زمان بندی عملیات تولید نیشکر

نسیم منجزی^۱، حسن ذکی دیزجی^{۲*}، محمد جواد شیخ داودی^۳، افشین مرزبان^۴ و محمود شمیلی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۴- استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز، ایران
- ۵- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، مدیر بخش به زارعی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، اهواز، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۸ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸	در برنامه ریزی عملیات مکانیزه کشاورزی، عدم توجه به زمان بهینه انجام عملیات، باعث کاهش چشمگیری در میزان عملکرد محصول می شود. در این تحقیق به علت توانایی و قابلیت شبکه گرت، از آن به عنوان ابزاری توانمند در برنامه ریزی و زمان بندی عملیات تولید نیشکر در استان خوزستان استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز از طریق منابع مختلفی مانند گزارش ها، آمار و اطلاعات ایستگاه های هواشناسی مستقر در شرکت های کشت و صنعت نیشکر، نظرات کارشناسان و محققان موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر، استفاده از گزارش ها و آمار سالیانه عملیات هر واحد تولیدی در کشت و صنعت های نیشکر و نظرات کارشناسان و متخصصان واحدهای تولیدی در کشت و صنعت ها گردآوری شد. با جمع آوری اطلاعات لازم، فعالیت ها تعیین و شبکه گرت ترسیم شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. زمان اتمام عملیات با استفاده از روش گرت فازی برابر (۴۲/۴۲، ۳۶۸/۷۲، ۲۷۲/۵۱) روز به دست آمد. نتایج نشان داد که مدل شبکه حاصل، توانایی پاسخ گویی به سئوالات آماری در مورد عملیات تولید نیشکر را دارد و همچنین مدل شبکه حاصل دید روشنی برای مدیر واحد زراعی جهت اتخاذ تصمیمات به موقع فراهم می آورد تا در مرحله اجرا و عمل، طبق برنامه ریزی پیشرفته و بتواند عملیات را در زمان مطلوب و با هزینه مناسب به اتمام برساند.
کلمات کلیدی: برنامه ریزی، پروژه، شبکه، مکانیزاسیون کشاورزی	
* عهده دار مکاتبات Email: hzakid@scu.ac.ir	

مقدمه

در برنامه‌ریزی عملیات مکانیزه کشاورزی، عدم توجه به زمان بهینه انجام عملیات، باعث کاهش چشمگیری در میزان عملکرد محصول می‌شود. برای مثال، تعیین زمان برداشت نیشکر یکی از تصمیمات اصلی برای مدیریت مکانیزاسیون واحدهای زراعی کشت نیشکر محسوب می‌شود. اگر محصول خیلی زود یا خیلی دیر برداشت شود، ممکن است به علت کاهش درصد قند استحصالی، درآمد حاصله کاهش پیدا کند. طول دوره برداشت نیشکر در شرایط خوزستان بسته به وضعیت جوی بین ۴ تا ۶ ماه می‌باشد. اغلب به علت مصادف شدن فصل برداشت (پاییز و زمستان) با بارندگی و شرایط نامناسب رطوبت مزرعه، عملیات برداشت به موقع انجام نمی‌گیرد و به تعویق می‌افتد، در نتیجه میزان درجه خلوص و درصد قند محصول کاهش می‌یابد؛ در نهایت تأخیر در برداشت نیشکر و کشیده شدن برداشت تا اردیبهشت ماه می‌تواند به میزان ۳۰٪-۲۰ استحصال شکر را کاهش دهد (۱۹). در تولید نیشکر علاوه بر اهمیت فراوانی که انجام به موقع عملیات برداشت دارد، زمان کاشت محصول نیز مهم می‌باشد. زمان مناسب کشت نیشکر در خوزستان نیمه دوم مرداد تا اوایل مهر ماه است. کشت‌هایی که با تأخیر انجام می‌شود در سال بعد با کاهش عملکرد محصول مواجه خواهد بود که این کاهش به ازاء هر ماه تأخیر حدود ۱۰ تن نیشکر در هکتار می‌باشد (۴). بنابراین برای جلوگیری از هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات در سیستم‌های کشاورزی، لازم و ضروری است که پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی به صورت علمی و مناسب برنامه‌ریزی و زمان‌بندی گردند. در این تحقیق سعی شده است تا در عملیات تولید نیشکر از روش‌های علمی در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پروژه، بخصوص از روش گرافیکی ارزیابی و بازنگری (گرت)^۱ بهره گرفته شود. کارآمدی و قابلیت‌های ویژه روش گرت برای شبیه‌سازی، طرح‌ریزی، زمان‌بندی و تجزیه و تحلیل پروژه‌ها در سیستم‌های متعدد در

صنایع مختلف به اثبات رسیده‌است. به عنوان نمونه برای پروژه ساخت پره توربین در مرکز تحقیقات جهاد سازندگی (۸)، برنامه‌ریزی پروژه‌های اکتشافی معدنی (۱۸) و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های دینامیکی فرآیندهای تولید محصول و انجام تنظیمات، سرویس‌ها و تعمیرات اصلاحی (۱۰) از روش گرت استفاده شده است. همچنین از توانایی‌های روش گرت برای تحلیل قابلیت اعتماد سامانه‌ها (۱۷) و ارزیابی در دسترس بودن یک سیستم در قالب یک رساله دکتری در دانشگاه لینکلن نبراسکا^۲ (۱۲) استفاده شد. نتایج حاصل، نشان‌دهنده نقطه قوت گرت برای نمایش گرافیکی از سیستم و راحتی درک آن می‌باشد. مطالعات متعددی توانمندی و لزوم به کارگیری این روش را در زمان‌بندی پروژه‌ها تصدیق می‌نمایند (۶، ۱۱ و ۱۶). از طرفی با توجه به ماهیت پروژه‌های کشاورزی که فعالیت‌ها و زمان انجام آن‌ها احتمالی می‌باشند، استفاده از روش گرت نسبت به سایر روش‌های قطعی زمان‌بندی مناسب‌تر می‌باشد و روش گرت، ابزاری قدرتمند جهت برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، کنترل و تحلیل پروژه‌های مکانیزه کشاورزی می‌باشد (۱). عبدی و همکاران^۳ (۲ و ۳) مدل‌سازی و تخصیص منابع در پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی دشت تبریز را با استفاده از روش گرت انجام دادند. نتایج نشان داد که این روش قادر است به هر نوع پرسش آماری در ارتباط با پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی پاسخ‌گو باشد و همچنین روش بسیار توانمندی برای تحلیل و ارزیابی پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی محسوب می‌شود؛ اما از آنجایی که روش گرت کلاسیک، به علت ضعف‌های موجود در نحوه تخمین مدت زمان فعالیت‌ها، برای مدل کردن پروژه‌های واقعی دارای نقاط ضعف و مشکلاتی می‌باشد، یکی از راهکارهای اساسی در برخورد با چنین مشکلاتی، استفاده از منطق فازی می‌باشد. منطق فازی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای تصمیم‌گیری، رویکردی جهت نزدیک کردن مدل‌های زمان‌بندی پروژه به واقعیت می‌باشد.

2- University of Nebraska-Lincoln
3- Abdi et al.

1- Graphical Evaluation and Review Technique
(GERT)

دهخدا) و کشت و صنعت‌های هفت تپه، کارون و میان آب در ابعاد جغرافیایی وسیعی کشت شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

جمع‌آوری داده‌ها

در جمع‌آوری اطلاعات از روش مشاهده، مصاحبه و همچنین جمع‌آوری اسناد و مدارک از شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر و ایستگاه‌های هواشناسی مستقر در این شرکت‌ها استفاده شده است. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی عملیات تولید نیشکر برای مزرعه ۲۵ هکتاری کشت اول انجام شد. عملیات از تهیه زمین تا بازرش اول در نظر گرفته شد. برای تعیین زمان واقعی انجام عملیات از بین ۴۸۰ مزرعه ۲۵ هکتاری که در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ کشت و برداشت شده‌اند، ۱۰۰ مزرعه به صورت تصادفی انتخاب و مدت زمان عملیات تولید در آن‌ها، با توجه به اطلاعات موجود در شرکت‌های هفت گانه کشت و صنعت نیشکر، تعیین گردید. برای برآورد حجم نمونه (۱۰۰ مزرعه) از فرمول کوکران^۳ (رابطه ۱) استفاده شد (۷).

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

n = حجم نمونه

N = اندازه جامعه آماری

t = ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید (۱/۹۶).

$$S^2 = \text{برآورد واریانس صفت مورد مطالعه}$$

$$d = \text{دقت احتمالی مطلوب (\%)}$$

در پارامترهای بالا به خاطر این که واریانس صفت مورد مطالعه در ابتدا مشخص نیست، یک بررسی آزمایشی در مقیاس کوچک برای پی بردن به نواقص احتمالی و برآورد تقریبی صفت مورد مطالعه انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل

گوارشکی^۱ (۹)، روشی جدید از طریق تکنیک گرت فازی برای زمان‌بندی پروژه‌های تحقیقاتی ارائه کرد. او از اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای تعریف زمان و حلقه‌های موجود در شبکه استفاده کرد. وانگ و همکارانش^۲ (۲۰)، روش نوینی برای تحلیل شبکه‌های گرت را در تولید لوح‌های سیلیکونی در صنعت الکترونیک پیشنهاد نموده‌اند. آن‌ها در مدل پیشنهادی خود از یک سیستم تصمیم‌گیری پشتیبان برای انجام محاسبات پیچیده بهره بردند. هر چند استفاده از قابلیت‌های شبکه گرت و همچنین منطق فازی در بحث زمان‌بندی پروژه تاکنون بصورت متعدد توسط محققان مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۹، ۱۴ و ۱۳)؛ لیکن تاکنون روش گرت فازی به عنوان ابزاری کارا در بحث مدیریت و زمان‌بندی پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی بررسی نشده است. در این تحقیق سعی شده است تا در عملیات تولید نیشکر از روش‌های علمی در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پروژه به ویژه روش گرت بهره گرفته شود؛ به این منظور با فازی در نظر گرفتن پارامترهای شبکه گرت، برای اولین بار از منطق فازی جهت زمان‌بندی پروژه‌های مکانیزاسیون کشاورزی (عملیات تولید نیشکر در استان خوزستان) استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در استان خوزستان انجام شد. استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران و در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی از خط استوا قرار دارد. نیشکر در این استان به صورت صنعتی در قالب طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان (کشت و صنعت‌های امام خمینی (ره)، امیر کبیر، میرزا کوچک خان، دعبل خزاعی، سلمان فارسی، فارابی و

1- Gavareski

2- Wang *et al.*

3- Cochran

ورودی و خروجی می‌باشند. وجه ورودی شامل سه نوع وجه (یای خاص، یای عام و نوع "و") می‌باشد. وجه خروجی گره‌های منطقی شامل دو نوع خروجی قطعی و فازی است؛ (جدول ۱). بنابراین شش نوع ترکیب گره در شبکه‌های گرت فازی وجود خواهد داشت (جدول ۲).

۲- شاخه‌های فازی

هر شاخه فعالیت با دو پارامتر مشخص می‌شود: یکی درجه‌ی عضویت آن شاخه I_{Lni} که نشان‌دهنده‌ی امکان وقوع آن شاخه خواهد بود و دیگری زمان فازی انجام فعالیت‌ها \tilde{t}_{Lni} که نشان‌دهنده‌ی زمان تقریبی انجام فعالیت‌های پروژه می‌باشد (شکل ۱).

۳- سیکل‌ها و حلقه‌های برگشتی

هر حلقه I_{Lni} متشکل از یک یا چند فعالیت است که بیش از یک بار، قابل اجرا شدن باشند. هر حلقه با دو پارامتر مشخص می‌شود: یکی امکان وقوع حلقه I_{Lni}^H و دیگری تعداد تکرار حلقه \tilde{t}_{Lni} (شکل ۲).

فرضیات

۱- زمان انجام فعالیت‌ها فازی است و با اعداد فازی مثلثی بیان می‌شوند. واحد زمان، روز است.
 $\tilde{A} = A$ (کمترین مدت زمان انجام فعالیت و محتمل‌ترین مدت زمان انجام فعالیت و بیشترین مدت زمان انجام فعالیت)

داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به دست آوردن تقریبی آماره‌های فوق در صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر با داشتن مقدار پارامترهای فوق و قرار دادن آن‌ها در فرمول کوکران، حجم نمونه‌گیری اصلی به دست آمد؛ بدین ترتیب حجم نمونه برای تحقیق از بین ۴۸۰ مزرعه ۲۵ هکتاری که در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ کشت و برداشت شده‌اند، ۹۴ مزرعه به دست آمد که به منظور افزایش دقت به ۱۰۰ مزرعه افزایش یافت.

روش گرت فازی

در این نوع از شبکه‌های گرت، پارامترهای شبکه پروژه با مجموعه‌های فازی بیان می‌شوند که شامل دو مرحله اصلی است. نخست اطلاعات پروژه بر اساس تعاریف و فرضیات زیر برآورد می‌شود. مرحله بعدی حل شبکه گرت فازی است که الگوریتم فازی برای حل آن ارائه می‌گردد. خروجی این الگوریتم عبارتست از شبکه زمان‌بندی شده پروژه و زمان تکمیل پروژه فازی که خروجی آن به شکل اعداد فازی هستند.

تعاریف

شبکه‌های گرت فازی از سه جزء گره‌های منطقی، شاخه‌های فازی و حلقه‌ها تشکیل می‌شوند.

۱- گره‌های منطقی

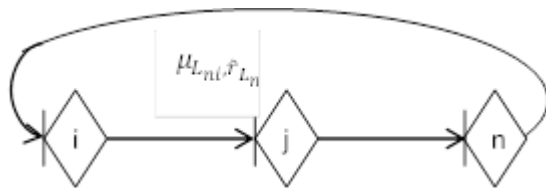
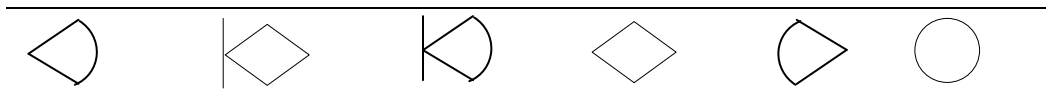
گره‌های منطقی در شبکه‌های گرت فازی دارای دو وجه

جدول (۱) نمادهای ورودی و خروجی گره‌های شبکه گرت فازی

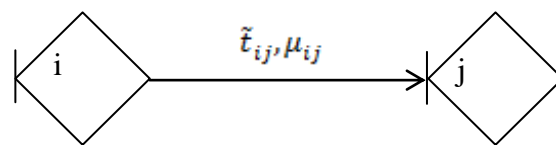
Table (1) All input and output relations for nodes

نماد ورودی Input side	یای خاص Exclusive-OR	و AND	یای عام Inclusive-OR
نماد خروجی Output side	قطعی Deterministic	فازی fuzzy	-
			-

جدول (۲) شش نوع ترکیب گره‌ها
Table (2) Six possible combinations for nodes



شکل (۲) حلقه فازی
Figure (2) Fuzzy loop



شکل (۱) شاخه فازی
Figure (1) Fuzzy branch

۲

$$M\tilde{T}_{Start} = S\tilde{T}_{Start} = (0,0,0) \quad (2)$$

۳- گره‌ها به ترتیب از گره ابتدا تا گره انتها با محاسبه متوسط زمان آزاد شدن گره، ارزیابی شد.

۴- با تکمیل ارزیابی گره انتهایی، زمان تکمیل عملیات تولید نیشکر به دست آمد و شبکه زمان‌بندی گردید.

$$T_{project} = M\tilde{T}_{End} \quad (3)$$

۵- نتایج زمان‌بندی شبکه تحلیل گردید.

محاسبات زمانی شبکه گرت فازی متشکل از گره‌های پای عام و "و"

با استفاده از محاسبات مسیر پیشرو برای تعیین زودترین زمان‌های شروع و پایان از روابط ۴ و ۵ استفاده شد (۵).

$$S_i^e = \max_{j \in P(i)} \{ S_j^e \oplus d_j \} \quad (4)$$

$$F_i^e = S_i^e \oplus d_i \quad (5)$$

که در آن‌ها: S_i^e زودترین زمان فازی شروع برای رویداد $i = I$ (رویداد پایه) برابر $S_i^e = (0,0,0)$ در نظر گرفته شد. F_i^e زودترین زمان پایان است (F_i^e برابر است

۲- تعداد تکرار حلقه‌ها (\tilde{L}_{ni}) فازی است و با اعداد فازی مثلثی بیان می‌شوند.

۳- درجات عضویت فعالیت‌ها و حلقه‌های شبکه عددی است بین صفر و یک.

۴- امکان وقوع حلقه برای تکرارهای مختلف یکسان فرض می‌شود.

۵- در کلیه محاسبات، از عملیات جمع و ضرب و ماکزیمم و مینیمم فازی اعداد فازی مثلثی استفاده شد.

الگوریتم محاسبات زمانی بین دو گره شبکه گرت فازی متشکل از گره‌های پای خاص

در این الگوریتم، محاسبات شبکه‌های گرت بر اساس گره‌ها انجام شد و از محاسبات مسیر پیشرو استفاده گردید. مراحل کلی حل شبکه گرت فازی به صورت زیر بود (۹ و ۱۵):

۱- حلقه‌های شبکه ارزیابی شدند و برای هر حلقه متوسط ارزش زمانی حلقه محاسبه گردید.

۲- زمان آزاد شدن گره شروع مساوی صفر قرار داده شد.

- ✓ مسئولیت‌ها را تعیین و تفکیک می‌کند.
- ✓ توجه مدیریت را به آن دسته از فعالیت‌ها که با مشکلاتی مواجه بوده و یا به نظر می‌رسد با مشکلاتی توأم باشند، جلب می‌نماید.
- ✓ زمان‌های شروع و تکمیل بهینه را برای هر یک از فعالیت‌های موجود در عملیات مشخص می‌کند.
- ✓ گزارش پیشرفت کار و صدور دستورالعمل‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد.
- ✓ روابط میان فعالیت‌ها را به خوبی نشان می‌دهد.
- ✓ قابلیت انعطاف دارد و به سادگی به روز در می‌آید.

شبکه گرت عملیات تولید نیشکر

ابتدا فعالیت‌های عملیات تولید محصول نیشکر مشخص شده (جدول ۳) و شبکه گرت محصول در شکل ۳ نمایش داده شده است. این شبکه شامل دو بخش می‌باشد. بخش اول شبکه از فعالیت شروع (S) تا فعالیت شماره ۱۱۸ است. این بخش از شبکه با توجه به ماهیت فعالیت‌های تشکیل دهنده آن، شامل گره‌های یای عام و "و" می‌باشد؛ اما بخش دوم شبکه از فعالیت شماره ۱۱۹ تا فعالیت شماره ۱۵۱ را شامل می‌شود که این بخش از شبکه نیز با توجه به ماهیت فعالیت‌های آن از گره‌های یای خاص تشکیل شده است.

نتایج محاسبات زمانی شبکه گرت فازی بخش اول عملیات تولید نیشکر (گره‌های یای عام و "و")

مدت زمان لازم برای انجام هر یک از فعالیت‌های عملیات تولید نیشکر به صورت اعداد فازی مثلثی که در جدول ۱ نشان داده شده است تخمین زده شد. با استفاده از الگوریتم محاسبات زمانی شبکه گرت فازی متشکل از گره‌های یای عام و "و" زمان تکمیل بخش اول عملیات تولید نیشکر (۲۶۸/۲، ۲۱۲/۲، ۱۶۱/۷) روز به دست آمد. زمان تکمیل عملیات به جای یک عدد قطعی، یک فاصله زمانی و عددی فازی خواهد بود که در واقع این زمان به واقعیت نزدیک‌تر است. فازی بودن زمان فعالیت‌های عملیات استرس‌ها و تنش‌ها را در جلسات کنترل عملیات کمتر

با زمان تکمیل پروژه - T_{end} در رویداد پایان ($i = E$) و مجموعه‌ای از فعالیت‌های پیش‌نیاز برای فعالیت i ام است و d_i مدت زمان انجام فعالیت i ام است. محاسبات مسیر پسرو برای تعیین دیرترین زمان شروع و دیرترین زمان پایان نیز از روابط ۶ و ۷ پیروی کرد (۵).

$$F_i^l = \min_{j \in S(i)} \{F_j^l + \theta d_j\} \quad (6)$$

$$S_i^l = F_i^l + \theta d_i \quad (7)$$

از آنجایی که F_i^l دیرترین زمان پایان است برای $i, i = E$ ، $T_{end} = F_E^l$ است. S_i^l نیز دیرترین زمان شروع و $S(i)$ مجموعه‌ای از فعالیت‌های پیش‌نیاز برای فعالیت i ام هستند. در نهایت می‌توان زمان فازی به دست آمده برای تکمیل عملیات را بر اساس برش‌های α تحلیل کرد. α را می‌توان به عنوان سطح ریسک در نظر گرفت و تصمیم گیرنده می‌تواند در سطوح ریسک مختلف فاصله زمانی تکمیل عملیات را محاسبه و تحلیل نماید.

برش α در عدد فازی مثلثی (a, b, c) :

$$A_\alpha = [a_L^{(\alpha)}, a_U^{(\alpha)}] = [(b-a)\alpha + a, (b-c)\alpha + c] \quad \alpha \in [0,1] \quad (8)$$

A_α نشان دهنده فاصله زمانی است که درجات عضویت آن‌ها بیشتر از α است. محاسبات با تبدیلات ویژه توسط بسته نرم افزاری Win QSB انجام شد.

نتایج و بحث

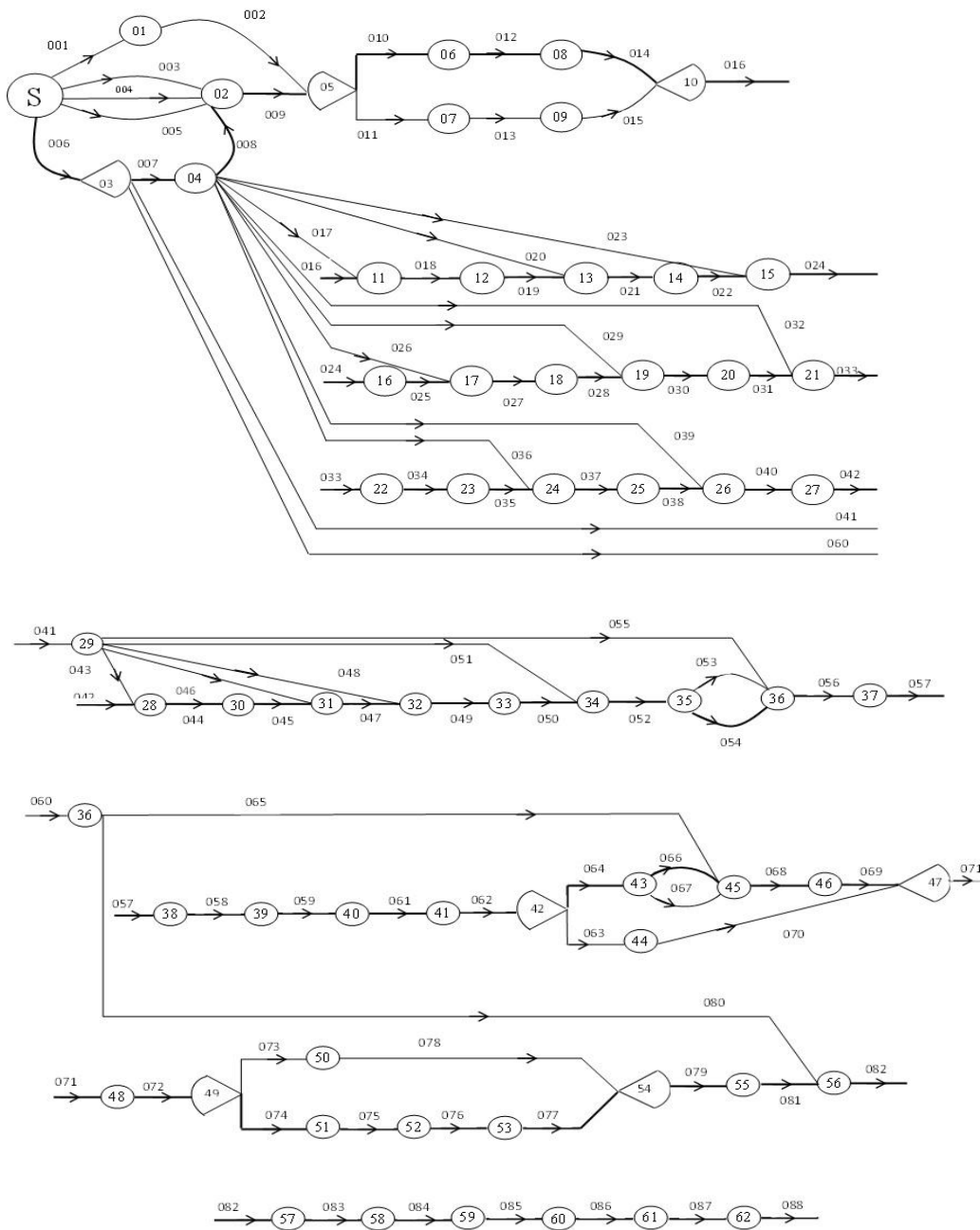
مدل شبکه حاصل دید روشنی برای مدیر واحد زارعی جهت اتخاذ تصمیمات به موقع فراهم می‌آورد تا در مرحله اجرا و عمل طبق برنامه‌ریزی، پیش‌رفته و بتواند عملیات تولید نیشکر را در زمان مطلوب و با بهره‌وری بالا به اتمام برساند. به طور کلی مدل شبکه عملیات تولید محصول نیشکر، امتیازات و نتایج ذیل را در پی خواهد داشت.

- ✓ برنامه‌ریزی قبل از شروع کار را ضروری می‌سازد.
- ✓ هماهنگی را افزایش می‌دهد.
- ✓ موارد مشکل و مسئله‌دار را اغلب از پیش مشخص می‌کند.

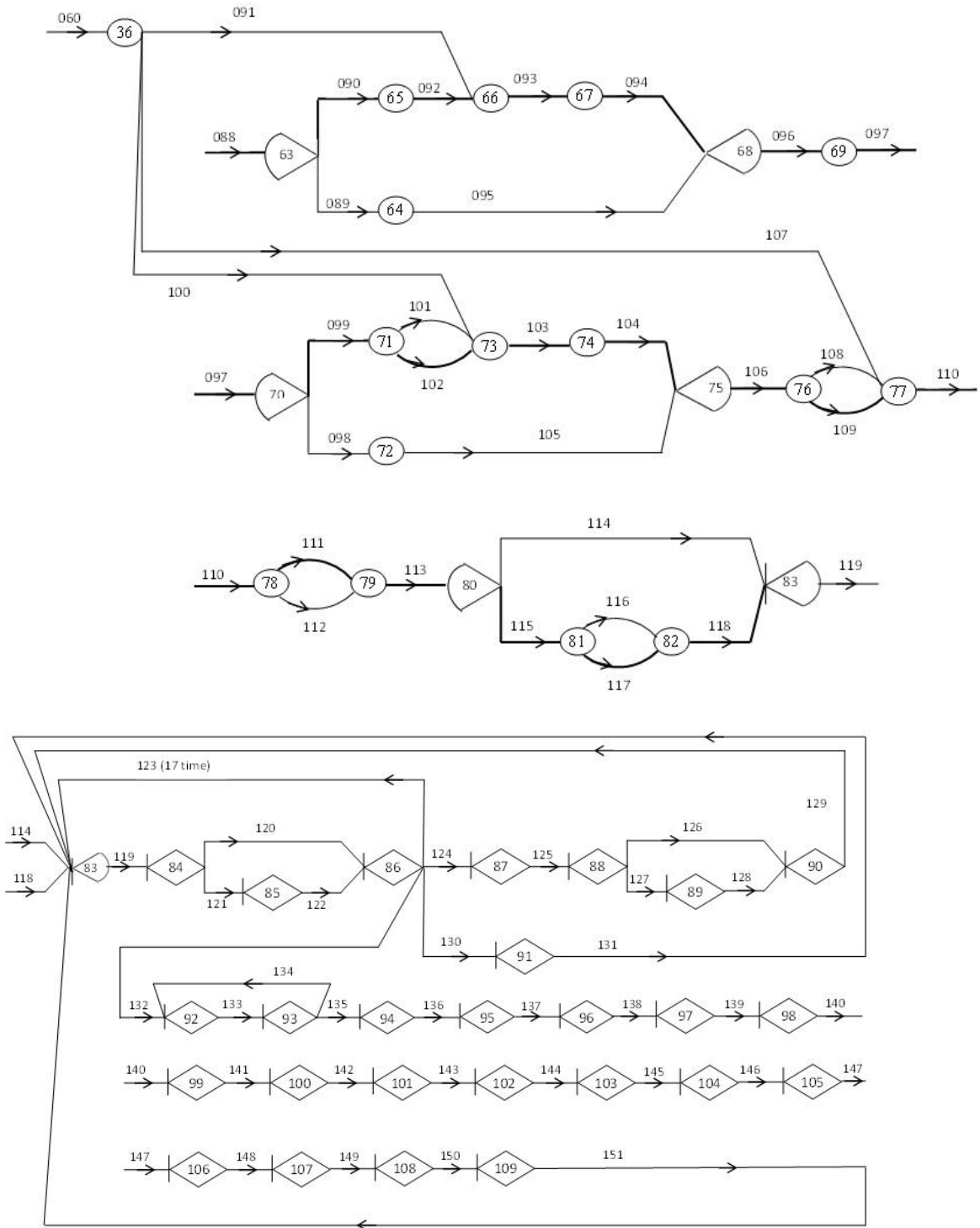
حد پایین (خوش بینانه) و حد بالا (بدبینانه) برش $\alpha=0.5$ به ترتیب برابر $186/95$ و $240/2$ روز به دست آمد. هر چقدر α بزرگتر باشد، فاصله مورد نظر کمتر و دقت بیشتر می شود؛ بنابراین مدیر عملیات می تواند در سطوح ریسک مختلف، فاصله زمانی تکمیل عملیات را محاسبه و تحلیل کند و بهتر است α ، بزرگ در نظر گرفته شود.

می کند و مدیر واحد زراعی می تواند زمان فازی به دست آمده برای تکمیل عملیات را بر اساس برش های α تحلیل کند. زمان فازی به دست آمده از روش گرت فازی با عبارت است از:

$$A_{0.5} = \frac{[(212.2-161.7)*0.5+161.7, (212.2-268.2)*0.5+268.2]}{2} = [186.95, 240.2]$$



شکل (۳) شبکه گرت عملیات تولید نیشکر
Figure (3) Operations of sugarcane production GERT network



ادامه شکل (۳) شبکه گرت عملیات تولید نیشکر
 Figure (3) Operations of sugarcane production GERT network

موجود، اطمینان کافی به مدت زمان اتمام تولید نیشکر وجود ندارد؛ ولی با این حال نتایج کسب شده از روش گرت در این تحقیق نزدیک به زمان واقعی اتمام عملیات می باشد و برآوردها را متناسب تر می نماید. زمان واقعی انجام عملیات تولید نیشکر با توجه به اطلاعات موجود در شرکت های هفت گانه کشت و صنعت نیشکر، تعیین گردید. شکل ۴، نمایش درصد فراوانی مدت زمان تولید نیشکر در بازه های زمانی ۱۰۰ روزه است. همان طور که در نمودار مشخص است، ۳۳ درصد از زمان های واقعی تکمیل عملیات، خارج از زمان فازی برآورد شده در شکل ۵ می باشد؛ بنابراین مدیر مزرعه می تواند با استفاده از برنامه ریزی صحیح و کاهش دلایل تأخیر در عملیات و استفاده از مواد شیمیایی جهت تسریع در رسیدگی محصول، افزایش ظرفیت برداشت، افزایش ظرفیت کارخانه فرآوری نیشکر یا استفاده از حداکثر ظرفیت اسمی کارخانه و... هزینه های از دست دادن زمان را کاهش دهد و زمان تکمیل عملیات را در بازه زمانی بهینه مدیریت نماید. از جمله دلایل تأخیر در عملیات تولید نیشکر، می توان از تأخیرات زمانی ناشی از مدیریت، نیروی انسانی، ماشین ها و فرآیند تولید (روش کار) نام برد که نیاز است مدیر مزرعه این عوامل را به درستی شناسایی کند و در طول دوره تولید محصول با کنترل صحیح، از لنگی های حین کار بکاهد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شبکه گرت فازی بخش دوم عملیات تولید نیشکر (گره های یای خاص)

متغیر ورودی شبکه گرت فازی بخش دوم عملیات تولید نیشکر شامل، زمان فعالیت ها در جدول ۳ ارائه گردید. تعداد تکرار برای همه فعالیت ها بجز آبیاری برابر یک است. تعداد تکرار فعالیت آبیاری ۱۷ مرتبه است. حل شبکه گرت فازی بخش دوم عملیات تولید نیشکر با استفاده از الگوریتم محاسبات زمانی بین دو گره شبکه گرت فازی متشکل از گره های یای خاص انجام شد. خروجی های این روش شامل زمان تکمیل عملیات و زمان بندی شبکه می باشد. زمان تکمیل عملیات عددی است فازی که با توجه به این که پارامترهای ورودی شبکه، اعداد فازی مثلثی هستند، در نتیجه زمان تکمیل عملیات هم یک عدد فازی مثلثی است. زمان فازی تکمیل بخش دوم عملیات تولید نیشکر برابر $\tilde{T}_{\text{project}} = M\tilde{T}_E = (80.81, 126.52, 174.22)$ روز شد و با در نظر گرفتن فاصله زمانی ۳۰ روزه بین قطع آب مزرعه و شروع عملیات برداشت، این زمان به بازه زمانی تکمیل بخش دوم عملیات اضافه می گردد؛ بنابراین زمان فازی تکمیل بخش دوم عملیات تولید نیشکر برابر $(110/81, 156/52, 204/22)$ روز خواهد بود. حال مدیر عملیات تولید، یک فاصله زمانی برای تکمیل عملیات در اختیار دارد و می تواند آن را بر اساس برش های α تحلیل کند.

زمان فازی به دست آمده از روش گرت فازی با

$\alpha=0/5$ عبارت است از:

$$A_{0.5} = [(156.52-110.81)*0.5+110.81, (156.52-204.22)*0.5+204.22] = [133.66, 180.37]$$

حد پایین (خوش بینانه) و حد بالا (بدبینانه) برش $\alpha=0/5$

به ترتیب برابر ۱۳۳/۶۶ و ۱۸۰/۳۷ روز به دست آمد.

مقایسه زمان واقعی فرآیند تولید محصول نیشکر با نتایج حاصل از روش گرت فازی

در دنیای واقعی اغلب به دلیل عدم قطعیت های

منجزی و همکاران: کاربرد روش گرت فازی...

جدول (۳) فعالیت‌ها و پارامترهای شبکه گرت فازی تولید نیشکر

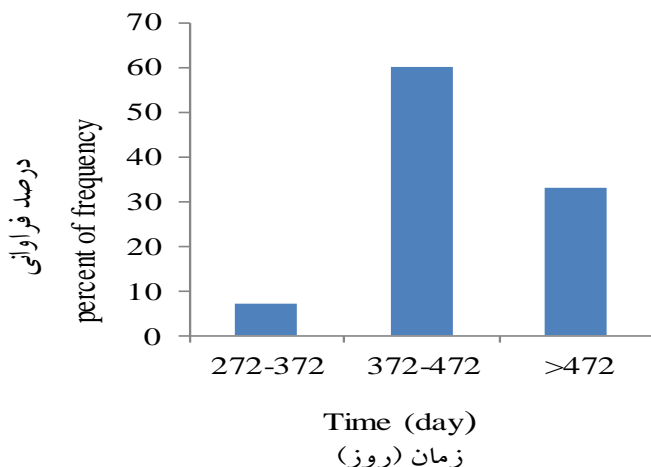
Table (3) parameters of sugarcane production fuzzy GERT network

کد فعالیت	شرح فعالیت	کد فعالیت زمان فعالیت (روز)	کد فعالیت	شرح فعالیت	کد فعالیت زمان فعالیت (روز)	کد فعالیت	شرح فعالیت	زمان فعالیت (روز)
Activity code	Activity description	Activity time	Activity code	Activity description	Activity time	Activity code	Activity description	Activity time
S	شروع (START)	(0,0,0)	051	(Fuel for covering) کاورینگ لازم سوخت	(0.1,0.1,0.1)	102	تهیه سم پاش (Sprayer supply)	(1,2,2)
001	نمونه برداری از خاک (Sampling of soil)	(1,1,1)	052	کاورینگ (Covering)	(8,9,10)	103	مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز (Chemical control of weed)	(1.5,2,3)
002	نتایج آزمایش تعیین شوری خاک (Test results of soil)	(2,3,4)	053	تهیه سم و علف کش (Pesticide supply)	(1,2,2)	104	تصمیم برای آبیاری (Decide on irrigation)	(0,0,0)
003	تهیه نقشه حوضچه‌سازی (Bordering map supply)	(2,3,3)	054	تدارک سم پاش پشت تراکتوری (Sprayer supply)	(1,2,2)	105	تصمیم برای آبیاری (Decide on irrigation)	(0,0,0)
004	تدارک تراکتور، مرزبند (Tractors, border supply)	(1,2,2)	055	تخصیص سوخت سم پاشی (Fuel for spraying)	(0.1,0.1,0.1)	106	آبیاری (Irrigation)	(3.5,4,6)
005	قرارداد بستن با اپراتور و کارگر (Operators employ)	(1,2,3)	056	سم پاشی پیش رویشی (Pre-emergence spraying)	(1.5,2,3)	107	اختصاص سوخت کشت تله سبز (Fuel for cropping green trap)	(0.1,0.1,0.1)
006	تهیه سوخت (Oil and fuel supply)	(2,3,5)	057	لوله کشی برای آبیاری (Piping for irrigation)	(1,1,1)	108	تهیه بذر ذرت و سورگوم (Seed of corn and sorghum supply)	(1,1,1)
007	تهیه سوخت تهیه زمین (Fuel for land preparation)	(0.1,0.1,0.1)	058	آبیاری اول (خاکاب) (Primary irrigation)	(3.5,4,6)	109	تدارک تراکتور و بذرکار (Tractors and row planter supply)	(1,1,1)
008	تخصیص سوخت حوضچه‌سازی (Fuel for bordering)	(0.1,0.1,0.1)	059	ریکاورینگ (Recovering)	(2,3,4)	110	مبارزه مکانیکی با آفات (Mechanical pest control)	(1,1,1)
009	حوضچه‌سازی (Bordering)	(4,5,6)	060	تهیه سوخت داشت (Fuel for preserve operations)	(0.1,0.1,0.1)	111	تدارک لوازم کنترل محصول (Crop logging equipment supply)	(7,14,20)
010	تشخیص لزوم آب‌شویی (Decide to leach)	(0,0,0)	061	آبیاری (Irrigation)	(3.5,4,6)	112	نصب ایستگاه کنترل محصول (Install crop logging equipment)	(1,2,2)
011	بی‌نیاز از آب‌شویی (Decide to non-leach)	(0,0,0)	062	بازدید از مزرعه (Visit the farm)	(1,1,1)	113	تعیین نیاز کودی (Determining the need of fertilizer plant)	(2,2,2)
012	آب‌شویی (Leaching)	(7,8,10)	063	بی‌نیاز از واکاری (Decide to non-replant)	(0,0,0)	114	بی‌نیاز از کوددهی (Decide to non-top dress)	(0,0,0)
013	ماخار (Pre-irrigation)	(4,5,6)	064	تشخیص لزوم واکاری (Decide to replant)	(0,0,0)	115	تشخیص لزوم کوددهی (Decide to top-dress)	(0,0,0)
014	تصمیم برای دیسک‌زنی (Decide to disc harrow)	(0,0,0)	065	تخصیص سوخت (Oil and fuel for replanting) واکاری	(0.1,0.1,0.1)	116	تهیه دستگاه حل‌کننده کود (Fertilizer solution device supply)	(1,1,1)

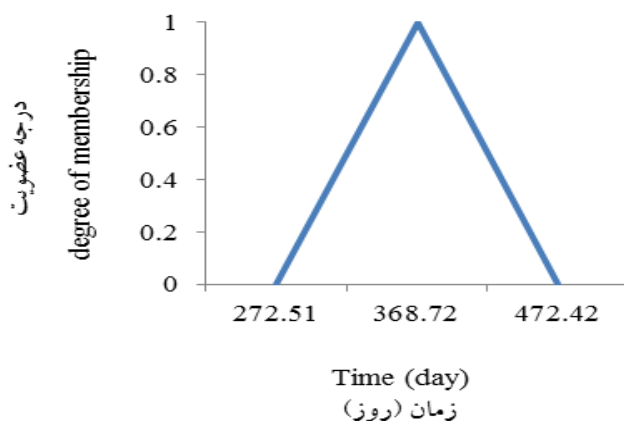
کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	کد فعالیت زمان فعالیت (روز) Activity time	کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	کد فعالیت زمان فعالیت (روز) Activity time	کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	زمان فعالیت (روز) Activity time
015	(Decide to non-disc harrow) بی نیاز از دیسک زنی	(0,0,0)	066	(Trailer and cutter supply) تدارک تریلر و قمه	(1,2,2)	117	(Chemical fertilizer supply) تهیه کود شیمیایی	(1,2,2)
016	(Disc harrow supply) تدارک دیسک	(1,1,1)	067	(Preparation for cane cuttings) تهیه قلمه‌های سالم	(1,1,1)	118	(Irrigation and top-dressing) آبیاری و کوددهی	(3.5,4,6)
017	(Fuel for disc harrowing) اختصاص سوخت دیسک زنی	(0.1,0.1,0.1)	068	(Replant) واکاری	(2,4,7)	E	(END (first part of operation)) پایان بخش اول عملیات	(0,0,0)
018	(Primary disc harrowing) دیسک اولیه	(3,4,5)	069	(Decide on irrigation) تصمیم برای آبیاری	(0,0,0)	119	(Determination of water requirement) تعیین نیاز آبی	(2,2,2)
019	(Leveler provide) تدارک ماله	(1,1,1)	070	(Decide on irrigation) تصمیم برای آبیاری	(0,0,0)	120	(Decide on non-irrigation) بی نیاز آبیاری	(0,0,0)
020	(Oil and fuel for leveling) تخصیص سوخت ماله زنی	(0.1,0.1,0.1)	071	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)	121	(Decide on irrigation) تشخیص لزوم آبیاری	(0,0,0)
021	(Primary leveling) ماله اولیه	(3,4,5)	072	(Visit the farm) بازدید مزرعه	(1,1,1)	122	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)
022	(Scraper provide) تدارک اسکرپر	(1,2,2)	073	(Decide on non-mechanical weed control) نیازی به مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز نیست	(0,0,0)	123	(Irrigation (17 times)) آبیاری (۱۷ دفعه)	(3.5,4,6)
023	(Fuel for scraper) اختصاص سوخت اسکرپر لیزری	(0.1,0.1,0.1)	074	(Decide on mechanical weed control) ضرورت وجین دستی	(0,0,0)	124	(Biological pest control) مبارزه بیولوژیکی با آفات	(1,1,1)
024	(Scrapering) اسکرپر لیزری	(7,8,9)	075	(Shovel and sickle supply) تدارک بیل دستی و داس	(1,2,3)	125	(Determination of fertilizer requirement) تعیین نیاز کودی	(2,2,2)
025	(Mold board plow provide) تدارک گاوآهن	(1,1,1)	076	(Mechanical weed control) مبارزه مکانیکی با علف هرز	(5,7,10)	126	(Decide on non-top dressing) بی نیاز از کوددهی	(0,0,0)
026	(Fuel for plowing) تخصیص سوخت لازم شخم	(0.1,0.1,0.1)	077	(Decide on irrigation) تصمیم برای آبیاری	(0,0,0)	127	(Decide on top-dressing) تشخیص لزوم کوددهی	(0,0,0)
027	(Plowing) شخم برگردان	(7,8,9)	078	(Decide on irrigation) تصمیم برای آبیاری	(0,0,0)	128	(Irrigation and top-dressing) آبیاری و کوددهی	(3.5,4,6)
028	(Subsoiler supply) تدارک زیرشکن	(1,2,2)	079	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)	129	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)
029	(Fuel for subsoiling) اختصاص سوخت لازم شیارزنی	(0.1,0.1,0.1)	080	(Fuel for hilling up) اختصاص سوخت هیلینگ آپ	(0.1,0.1,0.1)	130	(Biological pest control) مبارزه بیولوژیکی با آفات	(1,1,1)
030	(Subsoiling) شیارزنی	(7,8,9)	081	(Hilling up implement supply) تدارک دستگاه هیلینگ آپ	(1,2,2)	131	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)
031	(Disc harrow supply) فراهم کردن دیسک سنگین	(1,1,1)	082	(Hilling up) هیلینگ آپ	(3,4,5)	132	(Biological pest control) مبارزه بیولوژیکی با آفات	(1,1,1)
032	(Fuel for disc harrowing) اختصاص سوخت دیسک	(0.1,0.1,0.1)	083	(Irrigation) آبیاری	(3.5,4,6)	133	(Sugarcane sap test) آزمایش شیره نیشکر	(1,1,1)

منجزی و همکاران: کاربرد روش گرت فازی...

کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	کد فعالیت زمان فعالیت (روز) Activity time	کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	کد فعالیت زمان فعالیت (روز) Activity time	کد فعالیت Activity code	شرح فعالیت Activity description	زمان فعالیت (روز) Activity time
033	دیسک تهیه زمین (Second disc harrowing)	(6,7,8)	084	فراهم کردن تله نوری (Optical trap provide)	(3,5,7)	134	عدم رسیدگی محصول (Diagnosis of product prematurity)	(0,0,0)
034	ماله تهیه زمین (Second leveling)	(3,4,5)	085	مبارزه مکانیکی با آفات (Mechanical pest control)	(1,1,1)	135	رسیدگی محصول (Diagnosis of product ripe)	(0,0,0)
035	تدارک فاروئر (Furrower supply)	(1,1,1)	086	تهیه زنبور پارازیتوئید (Parasitoid wasps supply)	(5,7,10)	136	قطع آب مزرعه (Cut off irrigation)	(1,1,1)
036	تخصیص سوخت فاروئرزی (Fuel for furrowing)	(0.1,0.1,0.1)	087	مبارزه بیولوژیکی با آفات (Biological pest control)	(1,1,1)	137	آماده سازی مزرعه جهت برداشت (Preparing for harvesting)	(1,1,1)
037	فاروئرزی و مارکزنی (Furrowing)	(3,4,5)	088	بازدید مزرعه (Visit the farm)	(1,1,1)	138	آتش زدن مزرعه (Fire field)	(1,1,1)
038	تهیه کودریز (Fertilizer supply)	(1,2,2)	089	کنترل علف هرز نیاز نیست (Decide on non-weed control)	(0,0,0)	139	تدارک دروگر، سید حمل (Harvester and transporter supply)	(1,2,2)
039	اختصاص سوخت کودریزی (Fuel for fertilizing)	(0.1,0.1,0.1)	090	ضرورت کلتیواتورزی (Decide on cultivator)	(0,0,0)	140	تخصیص سوخت لازم برداشت (Oil and fuel for harvesting)	(1,1,1)
040	کودریزی (Fertilizing)	(3,4,5)	091	اختصاص سوخت کلتیواتورزی (Fuel for cultivator)	(0.1,0.1,0.1)	141	برداشت و حمل (Harvesting and carrying cane)	(6,8,10)
041	تهیه سوخت برای مرحله کاشت (Fuel for planting stage)	(1,2,2)	092	تدارک کلتیواتور (Cultivator supply)	(1,2,2)	142	تدارک گراپ لودر (Grap loader supply)	(1,2,2)
042	تدارک قمه یا دروگر (Harvester supply)	(1,2,2)	093	کلتیواتورزی (Cultivator)	(2,3,4)	143	عملیات لیلیکو (Liliko)	(1,2,3)
043	تخصیص سوخت (Fuel supply)	(0.1,0.1,0.1)	094	تصمیم برای آبیاری (Decide on irrigation)	(0,0,0)	144	تخصیص سوخت لازم راتونینگ (Fuel for rationing)	(1,1,1)
044	تهیه قلمه (Preparation on cane cuttings)	(1,2,3)	095	تصمیم برای آبیاری (Decide on irrigation)	(0,0,0)	145	شیارزی راتون (Subsoiling)	(4,5,6)
045	فراهم کردن تریلر (Trailer supply)	(1,2,2)	096	آبیاری (Irrigation)	(3.5,4,6)	146	تدارک دیسک ریشپ (Reshaper supply)	(1,1,1)
046	اختصاص سوخت حمل قلمه (Fuel for carrying cuttings)	(0.1,0.1,0.1)	097	بازدید مزرعه (Visit the farm)	(1,1,1)	147	ریشپ راتون (Ratoon and reshape)	(3,4,5)
047	حمل قلمه به محل کشت (Carry cuttings)	(1,1,1)	098	علف کش نیاز نیست (Decide to non-herbicide spraying)	(0,0,0)	148	کودریزی راتون (Ratoon fertilizing)	(3,4,5)
048	اختصاص سوخت کشت قلمه (Fuel for planting)	(0.1,0.1,0.1)	099	ضرورت استفاده از علف کش (Decide to herbicide spraying)	(0,0,0)	149	سمپاشی مکانیکی (Ratoon spray)	(1.5,2,3)
049	کشت قلمه (Plant)	(8,9,10)	100	اختصاص سوخت سم پاشی (Fuel for herbicide spraying)	(0.1,0.1,0.1)	150	لوله کشی برای آبیاری (Piping for irrigation)	(1,1,1)
050	تدارک دیسکاور، بیل دستی (Disc cover-shovel supply)	(1,1,1)	101	تهیه علف کش (Herbicide supply)	(1,1,1)	151	آبیاری اول راتون (Primary irrigation)	(3.5,4,6)



شکل (۴) زمان واقعی تکمیل عملیات تولید نیشکر
Figure(4) Real-time completion of operation of sugarcane production



شکل (۵) زمان فازی تکمیل عملیات تولید نیشکر
Figure(5) Fuzzy time completion of operation of sugarcane production

گرفتن سایر عوامل موثر درگیر در عملیات تولید، زمان اتمام را در بازه تخمینی بصورت مناسب قرار دهد؛ به طوری که در اجرای فعالیت‌ها خللی وارد نشود و از طرفی هزینه‌های به موقع انجام نشدن کار نیز حداقل شود. بنابراین شبکه گرت فازی با استفاده از قابلیت‌های بالای گرت در برنامه‌ریزی و استفاده از منطق فازی در بیان عدم قطعیت‌ها، ابزاری مناسب برای زمان‌بندی عملیات تولید نیشکر است.

نتیجه‌گیری

در روش گرت فازی زمان‌های محاسبه شده برای بخش‌های اول و دوم عملیات تولید نیشکر به ترتیب (۲۶۸/۲، ۲۱۲/۲، ۱۶۱/۷) و (۲۰۴/۲۲، ۱۵۶/۵۲، ۱۱۰/۸۱) روز به دست آمد که از مجموع آن‌ها زمان کل اتمام عملیات برابر (۴۷۲/۴۲، ۳۶۸/۷۲، ۲۷۲/۵۱) روز می‌باشد. لذا روش گرت فازی این امکان را در اختیار مدیریت مکانیزاسیون واحد زراعی قرار می‌دهد تا با در نظر

منابع

1. Abdi, R., Ghasemzadeh, H. R., Abdollahpur, S., and mesri, T. 2010a. Planning and Scheduling Agricultural Mechanization Project Using network technique. Proceedings of the 6th conference of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. September 15-16. Iran, Karaj. (In Persian)
2. Abdi, R., Ghasemzadeh, H. R., Abdollahpour, S., Sabzeparvar, M., and Dabbag Mohamadi Nasab, A. 2010b. Modeling and analysis of mechanization projects of wheat production by GERT networks. Elsevier, Agricultural Sciences in China, 9 (7): 1078-1083.
3. Abdi, R., Ghasemzadeh, H. R., Abdollahpur, S., Sabzehparvar, M., and Mohammadi Nasab, A. D. 2009. Modeling and resource allocation of agricultural mechanization projects with GERT networks. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7: 438-441.
4. Baratshoushtari, M., Ahmadian, S., and Asfia, G. H. 2009. Sugarcane in Iran. First edition, Press Aeizh, 367p. (In Persian)
5. Chen, C. T., and Huang, S. F. 2007. Applying fuzzy method for measuring criticality in project network. Information Sciences, 177: 2448-2458.
6. Chen-Tung, C., and Sue-Fen, H. 2007. Applying fuzzy method for measuring criticality in project network. Information Sciences, 177: 2448-2458.
7. Cochran, W. G. 1977. Sampling Techniques. Third Edition, Publisher: John Wiley and Sons, 448p.
8. Doroudian, M. 1995. Perth planning practices in industrial research projects. M. Sc. Thesis. Faculty of industrial engineering. Iran University of Science and Technology. Tehran. (In Persian)
9. Gavarehski, M. H. K. 2004. New fuzzy GERT method for research projects scheduling. IEEE. Transactions, 2: 820 - 824.
10. Gauri, S., and Ajay, K. S. 2002. A process control plan with two-phase inspection. Economic Quality Control, 17(1): 63-73.
11. Hsiau, H., and Lin, C. 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.
12. Joseph, L. S. 1978. Assessing system availability using the graphical evaluation and review technique simulation approach. Ph. D thesis. Department of management, Lincoln, Nebraska.
13. Kazemi, A., and fakhouri, P. 2013. A fuzzy control system for estimating the time of project termination GERT networks. International Journal of Industrial Engineering & Production management, 2(23): 252-263.

14. Lachmayer, R., Afsari, M., and Bastian, S. 2012. Fuzzy GERT method for scheduling research project. 9th International Industrial Engineering Conference, Iran, http://www.civilica.com/EnPaper-IIEC09-IIEC09_381.html. (Accessed January 2014).
15. Lin, K. P., Wena, W., Chou, C. C., Jen, C. H., and Hung, K. C. 2011. Applying fuzzy GERT with approximate fuzzy arithmetic based on the weakest t-norm operations to evaluate repairable reliability. *Applied Mathematical Modeling*, 35: 5314-5325.
16. Mahlouji, H. 2008. Discrete-event simulation systems. Fourth Edition, published by the Institute of Sharif University, Tehran. 710p. (In Persian)
17. Manju, A., and Pooja, M. 2007. Reliability analysis of consecutive-k, r-out-of-rr. DFM system using GERT. *International Journal of Operations Research*, 4(2): 110-117.
18. Sadri, M., and Sakaki, S. H. 2005. Effective networking techniques in the management of exploration projects. Proceedings of the conference of Mining Engineering Iran. January 31- February 2. Iran, Tehran. (In Persian)
19. Shomeili, M. 2012. Evaluation of agricultural wastes produced during operation of sugarcane production. CD Proceedings of the 7th conference of Iranian sugar cane technologists. February 21-23. Iran, Ahvaz. (In Persian with English abstract)
20. Wang, C., Yang, G., Hung, K., Chang, K., and Chu, P. 2011. Evaluating the manufacturing capability of a lithographic area by using a novel vague GERT. *Expert Systems with Applications*, 38 (1): 923-932.