Arch

ارائه مدل ریاضی اندازه انباشته تولید با در نظر گرفتن توده گلوگاه در سیستم تولید چند مرحله ای

رضا احمدی[۱]، سمیه درستان[۲]، علیرضا ویسی[۳]

۱-عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مدیریت، دانشگاه غیاث الدین جمشید کاشانی، قزوین، ایران

۳-کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

چکیده

در سیستم تولید چند محصولی با محدودیت ظرفیت، معمولاً محصولات زیادی تهیه و تولید می شوند. از آنجا که یک استراتژی با اندازه بزرگ برای تولید مؤثر و بهره ور بالا بسیار مهم است، این امر علاقه عملی و پژوهشی را در تصمیم گیری برای اندازه انباشته استراتژیک برای حداقل زمان اجرا در یک محیط عملیاتی سفارش تحویل به موقع (OTD) را تشویق می کند. در حالی که طرح اندازه انباشته می تواند به وسیله مطالعه پارامترهای تولید روش گلوگاه ایجاد شده تشکیل شود. در یک سیستم تولید چند مرحله ای، محدودیت ثابت نیست و با نرخ تولید و اندازه دسته متغیر است. این مقاله استراتژی اندازه انباشته ای را پیشنهاد می کند تا اندازه بهینه مورد نظر برای هر کلاس محصول را در نظر بگیرد. روش تجزیه و تحلیل شبکه صف برای مقابله با مدل برنامه نویسی عدد صحیح مختلط غیرخطی با هدف حداقل کردن زمان جریان کل سیستم استفاده می شود.

واژگان کلیدی: سیستم های تولید، سیستم های تولید چند مرحله ای، زمان انتظار، تجزیه و تحلیل شبکه صف

www.SID.ir

Arch

مقدمه

در دوران تولید مدرن، شرکت ها به طور فزآینده ای به منظور بهینه سازی زمان کل جریان تحویل به موقع در محیط تمرکز می کنند. با گسترش در انواع محصولات، معمولاً بسیاری از محصولات با هدف بهبود راندمان تولید و کاهش هزینه ها، در همان سیستم تولیدی پردازش و تولید می شوند. در سیستم تولید چند محصولی، بهره وری و زمان تحویل تولید کارگاهی به طور مستقیم تحت تاثیر اندازه دسته محصول می باشد. با تولید انبوه، می توان بهره وری را افزایش داد، هر چند که مدت زمان بیشتری برای تولید قطعه وجود دارد. با تولید کم حجم، اثر معکوس می شود. (Zhou et al, 2017)

در ادبیات، این پدیده در اندازه های زیاد باعث ایجاد زمان تحویل طولانی به عنوان اثر انباشته شناخته می شود. با کاهش اندازه انباشته (زمینه کار کارگاهی)، زمان تحویل نیز کاهش می یابد، اما با رسیدن به اندازه حداقل اندازه قطعه، شدت ترافیک زیاد منجر به زمان تحویل طولانی تر می شود که اثر اشباع نامیده می شود. بنابراین برای رسیدن به کوتاهترین زمان تحویل ممکن است، اغلب لازم است نوع مناسب را تعیین کرده و محصولات را در مقدار مناسب تولید کنید. (Zhou et al, 2017)

ما تاثیرات دسته ای را بررسی می کنیم. مدل های زیادی وجود دارد که در این ادبیات بر روی ارتباط پیچیده بین دسته، زمان تحویل، کار در فرآیند تمرکز دارد.

مرور ادبیات

عابدی و همکاران (۱۳۹۰) موسسات تولیدی و خدماتی برای تصمیم گیری بهینه در جهت کاهش زمان انتظار مشتریان خود می بایست از نظریه های صف بهره گیری نمایند، تا نه تنها سطح منابع لازم برای سرمایه گذاری را مشخص نمایند، بلکه تا آنجا که امکان دارد رضایت مشتری را تامین نمایند. این موضوع بویژه برای ادامه حیات اقتصادی شرکت ها در شرایط کاملا رقابتی اهمیت ویژه ای دارد. لذا تحقیق در زمینه توصیف عملکرد سیستم های صف در شرایط محیطی مختلف امری ضروری محسوب می گردد.

در این مقاله با تحلیل سیستم های صف واقعی با محدودیت های استقرار چیدمان در شرایط خاص و با استفاده از مفاهیم و اصول زنجیره مارکوف در تئوری صف مدل ترکیبی معرفی گردیده است. این مدل می تواند اساس و پایه ارزیابی سیستم های صف با پارامترهای احتمالی خدمت رسانی محسوب گردد. در این مقاله سعی شده است با ارایه یک مطاله موردی به تشریح کامل مدل پیشنهادی پرداخته شود. برای این منظور جایگاه های سوخت رسانی که یکی از بزرگ ترین سیستم های صف در کشور می باشد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود استفاده از نظریه صف در بهینه سازی سیستم های کنترل موجودی از جایگاه ویژه ای در ادبیات موجودی کالای فاسدشدنی برخوردار است. با این وجود، حجم کمی از مقالات در این حوزه به

www.SID.ir

Arch

بررسی زنجیره تأمین کالاهای فاسدشدنی پرداخته اند. در این مقاله از مبانی نظریه صف برای بهینه سازی سیستم کنترل موجودی در زنجیره تأمین دو سطحی کالاهای فاسدشدنی با طول عمر نمایی استفاده شده است. زنجیره شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش است. خرده فروش براساس سیاست مرور پیوسته به بازپرسازی انبار می پردازد. مدت زمان تحویل سفارش دارای توزیع ارلنگ بوده و مشتریان براساس فرآیند پواسون وارد سیستم می شوند. هدف، تعیین مقادیر بهینه نقطه سفارش مجدد و اندازه سفارش با کمینه کردن هزینه های کل زنجیره است. بدین منظور، با بررسی شرایط زنجیره در حالت پایدار و بدست آوردن معادلات تعادلی، معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم محاسبه شده و مدل ریاضی توسعه می یابد. برای حل مدل پیشنهادی از روش جستجوی مستقیم استفاده شده و آنالیز حساسیت مدل با بررسی مثال عددی صورت گرفته است.

باقری نژاد و قهقایی (۱۳۹۵) از طریق مدلسازی با نظریه صف، رفتار یک سیستم تولیدی MTS/MTO شامل دو ایستگاه، مورد تحلیل قرار گرفته است. در ایستگاه اول، کالاهای نیمه ساخته تولیدشده و در انبار میانی (بافر) که براساس سیاست ذخیره پایه کنترل می شود، نگهداری می گردد. در ایستگاه دوم، پس از دریافت سفارش مشتری کالای نیمه ساخته به منظور تأمین سفارش مشتری تکمیل و سفارشی سازی می شود. زمان تولید در ایستگاه اول دارای توزیع نمایی و در ایستگاه دوم دارای توزیع ارلنگ نوع k می باشد. تقاضای مشتریان نیز دارای توزیع پواسون و به صورت ورود گروهی می باشد. هدف از این پژوهش تعیین نقطه بهینه نفوذ سفارش و ظرفیت بهینه بافر می باشد که براساس حداقل هزینه کل که شامل هزینه های نگهداری، کسری و تولید کالاهای نامنطبق با سفارش مشتری می باشد مشخص شدند. به منظور ارزیابی عملکرد و تعیین هزینه های سیستم، احتمالات پایداری با استفاده از روش تحلیل ماتریس محاسبه گردید. نتایج نشان می دهد، اگر چه تغییر ظرفیت انبار میانی و نرخ ورود مشتریان ارتباط مستقیمی با مقدار بهینه نقطه نفوذ سفارش ندارد ولی با افزایش درصد عدم انطباق کالاهای نیمه ساخته با تقاضای مشتریان و همچنین افزایش نرخ سرویس دهی در ایستگاه اول نقطه نفوذ سفارش کاهش می یابد.

لی و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهش خود طی دهه های گذشته، تجزیه و تحلیل عملکرد تولید و بهینه سازی نقش مهمی در صف بندی طراحی سیستم تولید شبکه و بهره برداری از کارخانه های تولیدی داشته است، اما نحوه بهینه سازی عملکرد سیستم تولید و حل آن چالش های بزرگی را به همراه دارد. به دلیل استفاده گسترده از شبکه های صف، سناریوهای غیر منطبق با محصول مانند دوباره کاری و عزیمت، باعث تداخل تصادفی جمعی می شوند. حل این مشکلات هنگام همراهی با مشکلات NP-hard که در مدلهای آنالیز معمولی و بهینه سازی همراه است، بسیار مشکل است. در این مقاله یک مدل تقریبی شبکه صف اول M / M / n / m-first آمده برای اولین بار (M / M / n / m-FCFS) ارائه شده است که برای تجزیه و تحلیل حداکثر استفاده و سود با تجزیه و تحلیل زمان و طول صف ایجاد شده است. محصولات تحت شرایط محدودیت. یک روش فراشناختی ترکیبی برای حل مدل تقریبی استفاده می شود، هم نرخ خدمات و هم تخصیص بافر سیستم شبکه صف تعیین می شود. سرانجام، برای ارزیابی اثربخشی روش پیشنهادی، نتایج تجربی عددی

www.SID.ir

Arch

گسترده از تقریب مدل با شبیه سازی ARENA مقایسه می شود، و تجزیه و تحلیل حساسیت و اعتبار سنجی نیز انجام می شود که اثبات آن دقیق، قابل اعتماد و موثر است.

جلالی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود تأثیر ظرفیت تولید محدود در تصمیمات با کیفیت و قیمت مناسب یک تولید کننده لوازم آرایش به سهام را در نظر گرفتند. محصولات با یک شاخص کیفیت متفاوت می شوند. بسته به قیمت و سطح کیفیت محصولات ارائه شده، مشتریان تصمیم می گیرند کالای معینی را بخرند یا اصلاً آن را خریداری نکنند. ما نشان می دهیم که با فرض کردن بارهای سرب اگزوژن ثابت و تقاضای محصول به طور عادی توزیع شده، راه حل بهینه ساختار ساده ای دارد (به این سیستم مستقل از بار گفته می شود). با استفاده از آزمایش های عددی، نشان می دهیم که با ظرفیت تولید محدود (که حاکی از بار سرب وابسته به بار است) ممکن است تولید کننده انگیزه ای برای محدود کردن کیفیت ارائه شده به مشتریان و کاهش پوشش بازار بخصوص در مواردی که کیفیت محصول به بالاتر منجر می شود، داشته باشد. احتقان در تولید. یافته های ما نشان می دهد که راه حل ساده با فرض کردن بار سرب مستقل از فشار، کمترین حد است و نتیجه آن ضرر سود است. با این حال، این محدودیت سود را می توان با محدود کردن استفاده از سیستم هنگام تصمیم گیری در مورد کیفیت و قیمت، کاهش داد. نتایج ما اهمیت رابطه بین تصمیمات بازاریابی و بار منجر به تولید وابسته به بار را برجسته می کند.

معرفی مدل

مفروضات

خط تولید یک سیستم با بسیاری از فرآیندهای کاری است. هر ایستگاه خدمت دهنده نشان دهنده عملیات پردازش یا مونتاژ است. انواع محصولات به طور مستقل و با حداقل واحد وارد و خارج می شود. هر بچ محصولات استراتژی صف (FCFS) را دنبال می کند.

- نرخ مصرف تجهیزات کمتر از یک می باشد و بهره وری نمی تواند از ظرفیت تولید فراتر رود.
- هر ایستگاه خدمات ظرفیت تولید مشابه برای محصولات مشابه را نشان می دهد.
- نسبت هر یک از محصولات شناخته شده است و هر طبقه محصولات دارای یک روش تولید ثابت است.
- زمان پردازش محصولات متفاوت و مستقل است.
- دسته از محصولات به عنوان فرآیند پوآسون وارد می شوند.
- زمان آماده سازی قبل از تولید اندازه بچ و زمان تولید هر محصول متفاوت و مستقل است.
- تقاضای محصول j در دوره کوچک برنامه ریزی یعنی $D_{t,j}$ یک متغیر تصادفی می باشد.

www.SID.ir

Arch

تعریف علائم، پارامترها و متغیرهای مساله

F	کل زمان پردازش، واحد/ دوره
$\bar{F}_j$	میانگین زمان پردازش در قرآیندj ، واحد/ دوره
$\bar{w}_j$	میانگین زمان صف بندی در تجهیزاتj ، واحد / دوره
$\bar{s}_j$	میانگین زمان پردازش تجهیزاتj ، واحد / دوره
x_i	بهره وری از آیتم محصولi ،
q_i	مقدار آیتم محصولi
r_i	سهم آیتم محصولi
p_{ij}	زمان پردازش در تجهیزات j مورد محصولi
τ_{ij}	زمان راه اندازی در تجهیزات j مورد محصولi
s_{ij}	مجموع زمان مورد نیاز برای محصولi
μ_{ij}	نرخ خدمات از یک آیتم دسته ای خاص i
ρ_j	شدت لجستیک تجهیزاتj
λ_i	میانگین تعداد ورودی محصول i در واحد زمان (نرخ ورود)
cs_j	ضریب متغیر زمان پردازش تجهیزاتj
ca_j	ضریب متغیر زمان ورود به محصول بر روی تجهیزاتj
cd_j	ضریب تغییر در زمان تعویض محصول در تجهیزاتj

$D_{t,j}$: متغیر تصادفی تقاضای محصول jام در دوره t

$P(D_{t,j})$: تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی $D_{t,j}$

At: هزینه راه اندازی

Ct: هزینه عملیاتی یک واحد از محصول jام در دوره t

Yt: اگر در دوره t راه اندازی صورت گیرد ۱ در غیر این صورت ۰ می شود.

مدل ریاضی مساله

مدل برنامه ریزی عدد صحیح غیرخطی (MIP) فرموله و ساخته شده با حداقل زمان کل جریان با روش QNA، روش های الگوریتم از طریق پیاده سازی عملیات در این بخش طراحی و اجرا می شود.

تابع هدف

هدف بهینه سازی مساله توصیف شده به عنوان کل هزینه های عملیاتی و راه اندازی تولید با در نظر گرفتن احتمالی بودن تقاضای محصولات و هزینه نگهداری

$$\text{Min } F = \sum(AtYt + Ct \sum Dt,j P(dt,j) + htIt) \quad (1)$$

www.SID.ir

Arch

$$s.t. \sum_{i=1}^{m}(x_i p_{ij} + x_i \tau_{ij}/q_i) < 1 \quad (2)$$

$$u_j = \sum_i \quad (3) \quad 1,2,\dots,m$$

$$u_{ij} = x_i p_{ij} \quad (4)$$

$$v_j = \sum_i \quad (5) \quad 1,2,\dots,m$$

$$v_{ij} = x_i \tau_{ij} \quad (6)$$

$$q_i \le \bar{q}_i, q_i \quad (7)$$

$$x_i, q_i > 0 \quad (8)$$

$x \in X$

$I_t =$ (9) $t = 1, \dots, T$

$I_0 = I_T = 0$ (10)

$I_t, d_t \ge 0$ (11)

$Y_T = 0$ یا 1 (12)

جایی که پارامترهای u و v به ترتیب میزان استفاده از پردازش و میزان استفاده از تنظیم است. تابع هدف برای به حداقل رساندن کل زمان تولید است. معادلات ۲ تا ۸ محدودیت های مربوط به بهره وری، سفارش و تولید عملی است.

نتیجه گیری

نظر به اینکه موضوع مورد بررسی این مقاله ارائه یک مدل غیرخطی عدد صحیح مختلط برای مقابله با مشکل اندازه های بزرگ برای سیستم های تولید چند سطحی و چند محصولی می باشد و این موضوع که این مدل نه تنها در سیستم های فوق الذکر کاربرد دارد بلکه می توان از آن در سیستم های تولید حساس که تنگناهای آن با تنوع ترکیب محصولات بعلاوه اندازه بزرگ مواجه است، بهره برد. عملکرد عالی این مدل با استفاده از نرم افزار فلکسیم که نرم افزار شبیه سازی می باشد نشان داده شده است. اما در مقایسه و ارزیابی نتایج مدل ارائه شده تنوع قابل توجهی مشاهده می شود که این موضوع ناشی از دقیق نبودن پارامترهای زمان انتظار می باشد. بنابراین از پیشنهادات توسعه برای این مدل می توان به بهبود و افزایش دقت این پارامتر اشاره نمود.

www.SID.ir

Arch

همچنین مسئله تصمیم گیری در اندازه های بزرگ که به طور همزمان تنگراه ها را نیز در نظر می گیرد می تواند مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

عابدی، صادق و حمیدی، ناصر و پرخوان، مصطفی، مدل سازی سیستم های احتمالی صف با بهره گیری از زنجیره مارکوف با محدودیت چیدمان، مجله پژوهشگر مدیریت، دوره هشتم، شماره ۲۲، تابستان ۱۳۹۰، ۶۶- ۵۴

هاشمی، طاهره و تیموری، ابراهیم و جولای، فریبرز، کاربرد تئوری صف در بهینه سازی سیستم کنترل موجودی در زنجیره تأمین کالاهای فاسدشدنی، دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، بهمن ۱۳۹۲

باقری نژاد، جعفر و قهقایی، آرزو، تحلیل سیستم تولیدی MTS/MTO با مدلسازی صف مبتنی بر ورود گروهی پواسون و سرویس ارلنگ، مجله پژوهش های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره چهارم، شماره هفتم، بهار و تابستان ۱۳۹۵، ۷۹- ۶۹

Zhou, F.L and Wang, X and He, Y.D and Goh, M. (2017). Production lot-sizing decision making considering bottleneck drift in multi-stage manufacturing system, Advances in Production Engineering & Management, Vol. 12, No. 3, 213–220

Changjun and ZHANG, Jinbin and LI, Bo. (2018). Performance analysis and LI, optimization of queueing network production systems considering non-conforming products rework and departure. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. Vol. 12. No. 2. JAMDSM0052

Jalali, Hamed and Carmen, Raïsa and Van Nieuwenhuyse, Inneke and Boute, Robert N. (2019). Quality and pricing decisions in production/inventory systems. European journal of operational research. Vol. 272. No. 1. 195-206

www.SID.ir