Archive of SID

International Conference on Industrial Management
19 & 20 April 2017
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی
(30 و 31 فروردین 1396)
دانشگاه مازندران

# تخصیص بهینه بلوک‌های جراحی به اتاق‌های عمل با درنظرگرفتن زمان آماده‌سازی وابسته به توالی عمل‌ها

اشکان عیوق[1] ، علیرضا موتمنی[2] و مائده حسن‌زاده بالانی[3]

[1] استادیار گروه مدیریت کسب و کار، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی؛a.ayough@sbu.ac.ir

[2] دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی؛ar_motameni@yahoo.com

[3] کارشناس ارشد مهندسی صنایع موسسه آموزش عالی کار قزوین؛ m.hasanzadeh2817@gmail.com

**چکیده:**

در این پژوهش مدلی ارائه‌شده که سعی بر کاهش هزینه‌های ثابت و متغیر موجود در اتاق‌های عمل را دارد و برای تخصیص بهینه جراحی‌ها به اتاق‌های عمل از زمان آماده‌سازی وابسته به توالی عمل‌ها استفاده‌می‌شود که این نوع تخصیص موجب استفاده بهینه از منابع و کاهش هزینه‌ها می‌شود. جهت اعتبارسنجی مدل و نمایش نحوه‌ی اجرای‌مدل، مثال‌هایی با استفاده از مقادیر عددی مناسب برای پارامترهای مدل، بیان شده و توسط نرم افزار لینگو و الگوریتم ژنتیک که به زبان سی‌شارپ طراحی شده‌است، ارائه گردیده است. نتایج حاصل از دو برنامه باهم مقایسه و مشخص شده است که در مسائل با ابعاد کوچک جواب‌های حاصل برابر ولی زمان‌ها متفاوت می‌باشند، به گونه‌ای که الگوریتم ژنتیک در زمان کمتری به جواب بهینه رسیده است، در مسائل با ابعاد متوسط تفاوت اندکی در جواب‌ها مشاهده می‌شود به گونه‌ای که نرم‌افزار لینگو در زمان بیشتری به جواب مطلوب‌تری نسبت به ژنتیک رسیده است و در مسائل با ابعاد بزرگ‌تر در نرم‌افزار لینگو موفق به دست‌یابی به جواب بهینه پس از زمان طولانی نگردید و به ناچار مجبور به توقف جهت‌دست‌یابی به جوابی نسبی (نه الزاماً بهینه) گردیدیم . در این نوع مسائل الگوریتم فراابتکاری ژنتیک موفق به دست‌یابی به جوابی بهتر نسبت به نرم افزار لینگوگردیده است. جواب‌ها نشان‌می‌دهند که عامل زمان آماده‌سازی وابسته به توالی جراحی‌ها در مقدار مینیمم زمان اتمام تمامی کارها تاثیرگذار بوده و منجر به واقعی‌ترشدن محاسبات شده است.

**کلمات کلیدی:**

مراقبت‌های بهداشتی، تخصیص بهینه، بلوک‌های جراحی، اتاق‌های عمل، زمان آماده‌سازی وابسته به توالی عمل‌ها، الگوریتم ژنتیک

## 1- مقدمه

رشد جمعیتی سالمندان و به تبع آن افزایش نیاز به منابع بیمارستانی و خدمات درمانی به یک مساله مهم برای تصمیم‌گیران حوزه‌ی بهداشت و درمان تبدیل شده است و تدوین یک برنامه‌ریزی جامع در جهت تامین نیازهای کشور ضروری به نظر می‌رسد. هم‌چنین مراکز درمانی با سطح پایینی از بهره‌وری به عنوان اصلی‌ترین معضل بخش سلامت روبه‌رو هستند. اگر این حوزه را به مراکز بیمارستانی محدود نماییم، اتاق‌های عمل به عنوان مهم‌ترین بخش یک بیمارستان محسوب می‌شوند، که سطح بالایی از هزینه را مصرف‌نموده و نیز منبع حیاتی برای تامین درآمدهای بیمارستان هستند. این پایان‌نامه یک مدل ریاضی برای تخصیص بهینه بلوک‌های جراحی به اتاق‌های عمل با درنظر گرفتن زمان آماده‌سازی وابسته به توالی عمل‌ها معرفی می‌شود.

در ادامه این مقاله ابتدا کلیاتی از اهم تحقیقات پیشین ارائه خواهد شد و سپس مدل تحقیق تشریح شده و با ارائه طرح الگوریتم ژنتیک و تعیین اعتبار نتایج، نتایج حل چندین مساله نمونه با نرم افزار لینگو 10 و الگوریتم طراحی شده بررسی و مقایسه خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID



## 2- ادبیات موضوع

روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی در مقالاتی در مورد زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل، کاربرد خوبی دارند. برای مثال مولهلند[1] و همکارانش(مولهلند و همکاران2005) کاربرد برنامه‌ریزی خطی برای تعیین ترکیب بیمارانی که بازده مالی بیمارستان و نیز متخصصان را بهینه می‌سازند، با توجه به صرف کلی منابع متعدد نظیر بخش مراقبت‌های ویژه و بخش ریکاوری، اتاق عمومی بیماران بستری یا بخش نگهداری شرح می‌دهند.

در مقابل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، مدل‌های برنامه‌ریزی درجه دوم، عملکرد عینی غیر خطی را ترسیم می‌کنند. بلین[2] و مئولمستر[3] (بلین و مئولمستر2007) تلاش می‌کنند تا کمبود تخت کلی مورد انتظار را به وسیله‌ی تنظیم زمان‌بندی جراحی تخصصی به حداقل برسانند. که از نظر خطی وابسته به متغیر های تصمیم گیری نیست. آن‌ها روش‌های راه حل اکتشافی را براساس برنامه‌ریزی شبیه سازی اجرایی و درجه دوم ( عدد صحیح مختلط) ارائه می‌دهند. تا هم مسئله ریشه‌ای و هم زمینه مسئله تقریبی که در آن‌ها عملکرد هدف به صورت خطی درآورده است، حل شود. هنگام مواجه با اهداف متعدد برنامه‌ریزی آرمانی به صورت یک تکنیک بهینه‌سازی انعطاف پذیر عمل می‌کند. برای هر مشاهده، یک ارزش هدف یا مقصد تعیین می‌شود. هدف به حداقل رسانی انحرافات تنبیهی حاصل از اهداف است. برای مثال ازکاراهام[4] (ازکاراهام2000) یک روش برنامه‌ریزی آرمانی ارائه می‌کند که در آن جراحی‌هایی که زمان‌بندی شده‌اند به اتاق‌های عمل اختصاص داده می‌شوند و در آن به قابلیت‌های مراقبت‌های ویژه یا اولویت‌های جراح و اتاق عمل اشاره شده است. فرمول ریاضی مسائل زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل در اندازه‌ای واقعی اغلب منجر به مجموعه عظیمی از متغیرهای تصمیم‌گیری می‌شود. به جای تعیین و افزودن این مجموعه کلی متغیرها درطرح و پیشنهاد تهیه شده، نسل ستون ایجاد می‌شود و درصورت نیاز متغیرها افزایش می‌یابند و بنابراین مسئله تنها با یک زیرمجموعه از متغیرها بهینه‌سازی می‌شود. برای مثال لمیری[5] و همکارانش(لمیری و همکاران2008) رویکرد نسل ستون را شرح می‌دهند، به‌طوری بیماران را به روزهای جراحی و اتاق‌های جراحی اختصاص می‌دهد که هزینه‌های مربوط به بیمار و هزینه‌های استفاده از اتاق عمل به حداقل می‌رسد. آن‌ها یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا مطرح می‌کنند که مسئله هزینه را حل می‌کند . یعنی مسئله فرعی که در آن متغیرهای امیدبخش(محتمل) تولید می‌شوند. چون نسل ستون نمی‌تواند متغیرهای تصمیم‌گیری را به زور به صورت عدد صحیح درآورد. محققان از خروجی کسری به عنوان ورودی برای متغییرهای سودمند و روش‌های ابتکاری بهبود استفاده می‌کنند. اگرچه نسل ستون هم می‌تواند با روش شمردن چارچوب شاخه و کران ترکیب شود تا راه‌حل‌های صحیح به دست آید. این روش شاخه و قیمت نام دارد و برای مثال به وسیله‌ی فی[6] و همکارانش(فی و همکاران2008)به کار گرفته شده‌است. آن‌ها موارد جراحی که ممکن است باز طریق موعد مقرر جراحی مشخص‌شوند را به روزها و اتاق عمل‌های خاص به نحوی اختصاص می‌دهند که هزینه‌ی عملیاتی اضافه‌کاری یا عدم

---

[1] .Mulholland
[2] .Belien
[3] .Meulemeester
[4] .Ozkaraham
[5] .Lamiri
[6] . Fei

www.SID.ir

Archive of SID



بهره برداری کلی به حداقل برسد. به همین نحو تحقیقات(بلین و همکاران2006)،(کاردوئن و همکاران2007)، (فی و همکاران2006) و (لمیری و همکاران 2008) مسئله قیمت‌گذاری مناسب را از طریق برنامه‌ریزی پویا حل می‌کنند. سایر روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی که درمورد زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل وجود دارند، برای مثال براساس تقلیل لاگرانژی که در تحقیقات (دکستر و همکاران2005) و (پردومو و همکاران2006)آورده شده‌اند.

در مورد زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل، پس از روش های برنامه‌نویسی ریاضی، رویکردهای شبیه‌سازی را نیز می‌توان ذکر کرد. بر اساس تحقیقات بین شبیه‌سازی رویداد گسسته. مونت کارلو تمایز قایل‌شده‌اند. در حالیکه شبیه‌سازی رویداد گسسته سیستمی را نشان می‌دهد که در طول نقاط قابل شمارش یا گسسته در زمان (پویا) استنتاج می‌شود شبیه‌سازی مونت کارلو یک سیستم در یک نقطه ی خاص از زمان (ساکن) را نشان می‌دهد[. برای مثال لبوویتز[7] (لبوویتز2003) شبیه‌سازی مونت کارلو را برای ارزیابی و تعیین کمی تاثیر روش‌های ترتیب‌گذاری در معیار استفاده از اتاق عمل و زمان انتظار به کار می‌گیرد. اسکیمیچن[8] و همکارانش (اسکیمیچن و همکاران2005) مدل شبیه‌سازی رویداد گسسته را به منظور ارزیابی استفاده از اتاق‌های عمل یا نظم و انضباط پزشکی، ظرفیت پذیرش بیمار و تعداد تجاوز یا تعویق‌های بیمار طراحی می‌کنند. به‌ویژه، آن‌ها شدت تغییر، درمیان دیگران، زمان‌بندی جراحی تخصصی و قوانین ترتیب‌گذاری(توالی) مورد بر معیار عملکرد ثبت شده را بررسی می‌کنند.

روش‌های ابتکاری(اکتشافی) اختصاصی عموما به دو دسته‌ی اصلی با نام‌های ابتکاری بهبود و سازنده تقسیم می‌شوند. در حالی‌که اکتشافی سازنده عمدتاً راه‌حل‌هایی برای مسائل زمان‌بندی و برنامه‌ریزی از ابتدا پدید می‌آورند، اکتشافی بهبودی اقدامات را بر اساس زمان‌بندی موجود انجام می‌دهد تا راه‌حل را به راه‌حل بهبودیافته تبدیل کند. برای مثال گونت[9] و چابن[10] (گونت و چابن2003) یک روش اکتشافی سازنده‌ی اولیه دوگانه ارائه می‌کنند که بیماران را به روزهای جراحی و اتاق‌های عمل اختصاص می‌دهد. الگوریتم آن‌ها که الگوریتم گسترش روش هانگاریان[11] است، هزینه‌های اضافه‌کاری اتاق عمل و هزینه‌های بستری بیمار را به حداقل می‌رساند. یعنی هزینه‌های حاصل از زمان انتظار بین تاریخ بستری شدن و تاریخ ترخیص. هانس[12] و همکارانش(هانس و همکاران2008) روش‌های مختلف اکتشافی سازنده بر اساس اولویت را مطرح می‌کنند که ظرفیت استفاده از اتاق عمل را به حداکثر رسانده و ریسک اضافه‌کاری را به وسیله ی نشان دادن میزان زمان ضعیف برنامه‌ریزی شده به حداقل می‌رسانند.

دنتون[13]، میلر[14] و همکاران مدلی را ارائه نمودندکه در آن هزینه‌های ثابت باز بودن و اضافه‌کاری اتاق عمل در نظرگرفته شده و نتایج بدست آمده از روش روبوست[15] و روش ابتکاری طولانی‌ترین زمان پردازش[16] را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دادند.

---

[7] .Lebowoitz
[8] . Scimachen
[9] .Guinet
[10] .Chaabane
[11] .Hungarian
[12] .Hans
[13] . Denton
[14] . Miller
[15] . Robust
[16] . Longest proseccing time(LPT)

www.SID.ir

Archive of SID



در کنار اجرا شبیه سازی، مطالب دیگری در تحقیقات آورده شده که سایر انواع متاهیوریستیک را به کار می‌برند. برای مثال سوو[17] و همکارانش(سوو و همکاران2003) یک مورد مسئله ترتیب‌گذاری را به وسیله‌ی جستجوی ممنوع[18] حل می‌کنند. تا هم تعداد مورد نیاز پرستاران ریکاوری را و هم زمان خاتمه‌ی آخرین بیمار ریکاوری به حداقل رسانده شود. از طرف دیگر رولند[19] و همکارانش(رولند و همکاران 2006) گزارش ساخت الگوریتم ژنتیک را ارائه می‌کنند که از نظر ابتکاری هزینه‌های مرتبط با گشایش اتاق عمل و اضافه‌کاری را به حداقل می‌رساند. به ویژه مسئله زمان‌بندی آن‌ها که با مسئله زمان‌بندی پروژه منابع محدود شناخته شده ارتباط نزدیکی دارد، تحقیق می‌کند که در چه تاریخی، چه اتاق عملی و چه زمان شروعی باید به مجموعه‌ای از جراحی‌ها اختصاص داده شود. آن‌ها عملکرد الگوریتم ژنتیک را از طریق مقایسه با رویکرد برنامه عددصحیح مختلط تایید می‌کنند.

این تحقیق به توسعه مدل بیان شده توسط دنتون، میلر و همکاران پرداخته و پارامتر زمان آماده‌سازی وابسته به توالی عمل‌ها را مدنظر قرار داده است.مدل پیشنهادی با استفاده از یک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک که برای آن خصوصی سازی شده است حل گردید و نتایج آن مورد بررسی قرارگرفت.

در این تحقیق از مقاله تخصیص بهینه بلوک‌های جراحی به اتاق‌های عمل تحت شرایط نامشخص که نوسط دنتون و همکارانش (دنتون و همکاران2010) صورت گرفته به عنوان مقاله مبنا استفاده شده است و در زیر تشریح می‌شود :

1) $z = \min\{\sum_{j=1}^{m}(c^f x_j + c^u o_j)\}$
2) $s.t: yij \le xj \quad \forall(i,j)$
3) $\sum_{j=1}^{m} yij = 1 \quad \forall i$
4) $\sum_{i=1}^{n} diyij \le Txj + oj \quad \forall j$
5) $xj, yij \in \{0,1\}\ \forall(i,j)\ , oj \ge o, \forall j$

$i$ : ورودی بلوک‌های جراحی $i = 1, \dots, n$

$j$ : ورودی اتاق‌های عمل $j = 1, \dots m$

$id$ : مدت زمان جراحی بلوک$i$

$T$ : طول جلسات برنامه‌ریزی شده برای هر اتاق عمل

$Cf$ : هزینه ثابت برای باز کردن یک اتاق عمل

$Cu$ : هزینه متغیر در هر واحد زمانی برای باز نگه‌داشتن اتاق عمل بعد ازاتمام زمان T

$xj$ :متغیر تصمیم‌گیری دوگانه نشانگر این که اتاق عمل $j$ باز است یا خیر .

$yij$ : متغیر تصمیم‌گیری دوگانه نشانگر اینکه آیا بلوک $i$ به اتاق عمل $j$ اختصاص داده شده است.

$oj$ : متغیر تصمیم‌گیری نشانگر اضافه‌کاری برای اتاق عمل $j$ .

در مدل مبنا هدف کمینه کردن مجموع هزینه‌های ثابت و اضافه‌کاری است (1)، محدودیت اول بیان‌کننده این موضوع است که در صورت باز بودن اتاق عمل $j$، جراحی $i$ به آن تخصیص داده می‌شود (2)، محدودیت بعدی نشان‌دهنده این است که هر جراحی تنها به یک اتاق عمل $j$ می‌تواند تخصیص یابد (3)، عبارت بعد نشان‌دهنده این

[17] .Hsu
[18] . Tabu search
[19] .Roland

www.SID.ir

Archive of SID



موضوع است که آیا اضافه‌کاری وجود دارد یا خیر(4).

## 3- مدلسازی مساله تحقیق

مدلی که در نظر گرفته شده است؛ چگونگی‌تخصیص بهینه بلوک‌های جراحی به اتاق‌های عمل را بیان می‌کند. این بهینه سازی با توجه به زمان آماده سازی وابسته به توالی عمل‌ها صورت می‌گیرد، بدین صورت که؛ در این مدل سعی شده عمل‌هایی که از لحاظ آماده سازی فضای اتاق عمل و تجهیزات جراحی نسبت به هم مشابهت‌هایی دارند را به صورت متوالی قرار دهند(توجه کنید که این مدل نه تنها با مجموعه جراحی‌ها بلکه با موضوع توالی آن‌ها هم ارتباط دارد). زیرا این امر موجب استفاده بهینه از زمان در دسترس و همینطور کاهش هزینه های موجود می‌شود.

### مفروضات

مفروضات مدل به شرح زیر است:

1)زمان آماده‌سازی بین عمل‌ها وابسته به توالی است.

2)هر عمل جراحی می‌تواند تنها به یک اتاق عمل تخصیص پیدا کند.

3)مدت زمان برنامه‌ریزی شده برای هر اتاق عمل، هزینه ثابت مربوط به باز شدن اتاق عمل، هزینه اضافه‌کاری و هزینه بیکاری برای تمام اتاق عمل‌ها یکسان واز قبل مشخص هستند.

4) زمان انجام هر عمل جراحی معلوم و در هر اتاق عمل یکسان در نظر گرفته می‌شود.

5)در تمام اتاق عمل‌ها جراحی‌های اول از زمان صفر شروع به کار می‌کنند.

6)زمان‌ها برحسب دقیقه و هزینه‌ها برحسب واحد پولی بیان می‌شوند.

### نمادهای مدل

در مدلی که در نظرگرفته‌ایم متغییرها و پارامترها به شرح زیر می‌باشند:

پارامترها:

$i, i'$: شاخص برای بلوک‌های جراحی، $i \,\&\, i' = 1,2,\dots,n$

$j$ : شاخص برای اتاق عمل‌ها، $j = 1,2,\dots,m$

$di$: مدت زمان انجام جراحی بلوکi(برحسب دقیقه)

$T$: مدت زمان برنامه‌ریزی شده برای هر اتاق عمل(برحسب دقیقه)

$Sti', i$ : زمان آماده سازی وابسته به توالی اگر اتاق عمل ،جراحی $i'$ را انجام داده و اکنون قصد انجام عمل i را دارد

$Cf$: هزینه ثابت برای باز شدن یک اتاق عمل

$Cu$ : هزینه متغییر برای هر واحد زمان در صورتی‌که اتاق عمل بیشتراز زمان $T$ بازنگه داشته شود

$C'u$ : هزینه متغییر برای هر واحد زمان در صورتی که بیکاری وجود داشته باشد

$L$ : یک عدد بزرگ دلخواه

متغییرها:

www.SID.ir

Archive of SID



$yj$: متغییر تصمیم‌گیری صفر و یک برای نشان‌دادن این‌که اتاق عمل $j$ باز است یا خیر

$xij$ : متغییر تصمیم‌گیری صفر و یک برای نشان‌دادن اینکه بلوک جراحی $i$ به اتاق عمل $j$ تخصیص پیداکرده یا خیر.

$Uj$ : متغییر تصمیم‌گیری صفر و یک برای نشان دادن اینکه بیکاری وجود دارد یا خیر. بدین صورت که اگر یک باشد بیکاری وجود دارد درغیراینصورت خیر.

$Fj$ : متغییر تصمیم‌گیری صفر و یک برای نشان‌دادن اینکه اضافه‌کاری وجود دارد یا خیر.بدین صورت که اگر صفر باشد اضافه‌کاری وجود دارد در غیر اینصورت خیر.

$Wi,j$: متغییرتصمیم‌گیری صفر و یک ،اگر عمل i ام به عنوان اولین عمل در اتاق عمل j انجام شده‌باشدیک درغیراینصورت صفر می‌باشد.

$Zi',I,j$: متغییر صفر و یک برای نشان دادن اینکه در اتاق عمل j جراحی $i'$ قبل از جراحی $i$ انجام‌شده است یا خیر.

$Ei$ : زمان اتمام کارجراحی $i$ام (انچه اتفاق می‌افتد).

$Sj$: زمان آخرین جراحی انجام شده در اتاق عمل $j$ (زمان اتمام کار اتاق عمل $j$ )

شاخص $i$را به عنوان شمارنده بلوک‌های جراحی در نظر می‌گیریم. اتاق‌های عمل یکسان در نظر گرفته شده و با شاخص $j$ نشان داده می‌شوند.

مدل را به عنوان یک مسئله مینیمم‌سازی به صورت زیر می توان نوشت:

$$Z = min \sum_{j=1}^{m} Cfyj + \sum_{j=1}^{m} Cu(Sj - T)(1 - fj)yj + \sum_{j=1}^{m} C'u(T - Sj)ujyj \quad (1-3)$$

s.t:

$$xij \le yj \quad (2-3)$$

$$\sum_{j=1}^{m} xij = 1 \ \forall i \quad (3-3)$$

$$\sum_{i=1}^{n} wi,j = 1 \quad \forall j \quad (4-3)$$

$$\sum_{i'=1}^{n} zi.i',j \le xi,j \quad \forall i,j \quad (5-3)$$

$$Zi',i,,j + zi,i',j \le 1 \ \forall i,i',j,i\#i' \quad (6-3)$$

$$\sum_{i'=1}^{n} Zi',i,j + wi,j = xi,j \ \forall i,j \quad (7-3)$$

$$Ei + L\left(1 - \sum_{j=1}^{m} wi,j\right) \ge \sum_{j=1}^{m} (Stii + di)xi,j\, wi,j \ \forall i \quad (8-3)$$

$$Ei - Ei' + L\left(1 - \sum_{j=1}^{m} Zi',i,j\right) \ge \sum_{j=1}^{m} (Sti',I + di)\, Xij\, Zi',i,j \forall i,i',i\#i' \quad (9-3)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{i'=1}^{n} (zi',i,j\, Sti',i)\right) + (wi,j\, Sti,i) + dixi,j = Sj \ \forall j,i'\#i \quad (10-3)$$

$$Sj \le Tyj + L(1 - uj) \ \forall j \quad (11-3)$$

$$Sj \ge Tyj - Luj \ \forall j \quad (12-3)$$

$$Sj \le Tyj + L(1 - fj) \ \forall j \quad (13-3)$$

$$Sj \ge Tyj - \ \forall j \quad (14-3)$$

$$Xj, yij, uj, fj, Wij, Zi',i,j \in \{0,1\}$$

www.SID.ir

Archive of SID



در مدل بالا هدف مینیمم‌سازی مجموع هزینه‌ها است که این هزینه‌ها شامل: هزینه ثابت به ازای باز بودن هر اتاق عمل(عبارت اول)هزینه متغییر در صورت بیکار بودن اتاق عمل(عبارت دوم)، هزینه متغییر در صورت اضافه کاری(عبارت سوم)می باشند.

محدودیت (3-2) نشان‌دهنده این است که در صورت باز بودن اتاق عمل j ، تخصیص بلوک i به اتاق عمل j امکان‌پذیر می‌باشد. محدودیت (3-3)یعنی هر بلوک جراحی i تنها می‌تواند به یک اتاق عمل j تخصیص یابد. محدودیت (3-4) یعنی به ازای هر اتاق عمل j تنها یک جراحی می‌تواند بعنوان اولین جراحی تخصیص یابد. محدودیت(3-5) بعد از تخصیص و انجام هر جراحی i درهر اتاق عمل j ، جراحی بعد از i را مشخص می‌کند. محدودیت(3-6) جهت رعایت درست توالی در بین جراحی‌ها می‌باشد. محدودیت (3-7)یعنی زمانی‌که جراحی i به اتاق عمل j تخصیص یابد، یا به‌عنوان اولین عمل تخصیص می‌یابد یا بعد از جراحی i’ که در اتاق عمل j به اتمام رسیده است. محدودیت‌های (3-8) و (3-9) نشان‌دهنده توالی جراحی‌ها در اتاق‌های عمل می‌باشد بصورتی‌که محدودیت (3-8) برای جراحی‌هایی که به‌عنوان اولین جراحی در اتاق انجام می‌شوند و محدودیت (3-9) برای سایرجراحی‌ها که بعد از اولین جراحی تخصیص می‌یابند. محدودیت (3-10) زمان اتمام کار اتاق عمل j را محاسبه می‌کند که شامل زمان عمل و زمان آماده‌سازی می‌شود لازم به ذکر است که به علت در نظرگرفتن اینکه در هر اتاق عمل اولین جراحی از زمان صفر شروع می‌شود لذا $sti.i$ در محاسبات صفر در نظر گرفته می‌شود. محدودیت‌های (3-11) الی (3-14) مشخص‌کننده وجود بیکاری یا اضافه‌کاری در اتاق عمل هستند، به این صورت که در دو محدودیت اول اگر $Uj = 1$ باشد نشان‌دهنده وجود بیکاری است و در دو محدودیت آخر اگر $fj = 0$ باشد نشان‌دهنده وجود اضافه‌کاری است.

مدل پیشنهاد شده، طرح توسعه یافته مدل ارائه شده توسط دنتون و همکارانش که به عنوان مقاله مبنا در نظر گرفته شده، و در ادبیات موضوع تشریح گردیده است، می‌باشد. نوآوری مدل پیشنهادی را در تابع هدف و محدودیت ها می‌توان مشاهده کرد. به این ترتیب که در تابع هدف هزینه زمان بیکاری نیز علاوه بر هزینه ثابت و اضافه‌کاری که در مقاله مبنا آورده شده، در نظر گرفته‌شده‌است. علاوه بر تابع هدف، نحوه تخصیص جراحی ها ضمن رعایت توالی، در محدودیت های 3-1 تا 8-1 و در نظر گرفتن زمان آماده سازی وابسته به توالی در محاسبه زمان اتمام کار در محدودیت 9-1 و همچنین محدودیت 10-1 و 11-1 نیز برای معرفی بیکاری آورده‌شده‌اند. مدل برای مسائل کوچک توسط نرم‌افزارلینگو و الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک حل و مقایسه می‌شود که در این مطلب اعتبار کدنویسی ژنتیک را نشان می‌دهد.

در ادامه نمونه‌ای از اعتبارسنجی مدل و همچنین توضیحاتی پیرامون الگوریتم فرا ابتکاری ارائه می‌گردد.

## 4- طراحی الگوریتم ژنتیک:

در این قسمت مقاله با ارائه شبه کد الگوریتم طراحی شده و جزئیات آن، نحوه عمل الگوریتم تشریح می شود. شکل(1)شبه کد الگوریتم ژنتیک را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



مقادیر اولیه را دریافت کن. (جمعیت اولیه، تعداد عمل، تعداد اتاق عمل، هزینه اضافه‌کاری، هزینه بیکاری، هزینه ثابت، بیشینه زمان، درصد تقاطع، درصد جهش، درصد تولید مجدد، تعداد نسل)
اعمال محدودیت‌های اولیه به منظور تخصیص عمل به اتاق عمل.
محاسبه‌ی تابع هدف برای جمعیت اولیه‌ها.
محاسبه‌ی درصد برازندگی.
مرتب سازی درصدهای برازندگی.
محاسبه‌ی تعداد کروموزوم‌های شرکت‌کننده در تقاطع و جهش.
اعمال تقاطع بین تعداد مشخص‌شده.
بدست آوردن عدد اعشاری بین 0 و 1. اگر مقدار بدست آمده از 0.3 بیشتر باشد عملیات جهش انجام‌می‌شود.
عملیات تولید مجدد انجام شود.
تابع هدف بدست آید.
تابع هدف فعلی با مقادیر اولیه مقایسه گردد.
1) اگر مقدار تابع هدف اولیه بیشتر از مقدار بدست آمده باشد، عملیات تولید مجدد اعمال می‌گردد.
2) اگر مقدار تابع هدف اولیه کمتر از مقدار بدست آمده باشد، عملیات تولید مجدد به حالت اولیه باز خواهد گشت.
تکرار عملیات از مرحله‌ی 7 الی 11 به اندازه‌ی تعداد نسل‌ها.
مرتب سازی ماتریس تابع هدف بدست آمده.
محاسبه‌ی زمان بدست آمدن نتایج هر مرحله.
ثبت مراحل بدست آمده در برنامه اکسل.
رسم تابع از تابع هدف بدست آمده

**شکل(1) شبه کد الگوریتم ژنتیک**

**جمعیت اولیه و فرایند انتخاب:**

در الگوریتم ژنتیک مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها به‌عنوان جمعیت اولیه معرفی می‌شوند. اندازه مجموعه دلخواه است و توسط کاربر تعریف می‌شود که اغلب تصادفی می‌باشند. نوع کروموزوم‌ها در این پژوهش باینری می‌باشد.

فرایند انتخاب کروموزوم برای ایجاد نسل موفق، نقش مهمی در الگوریتم ژنتیک دارد. همانطور که پیش از این گفته شد روش‌های مختلفی برای فرایند انتخاب وجود دارد. در این پژوهش، روش انتخاب براساس چرخ رولت برای انتخاب کروموزوم به‌کار گرفته شده است. در این روش، بعد از بدست آوردن مقدار برازندگی هرکدام از کروموزوم‌ها، درصد برازندگی محاسبه می‌شود کروموزومی که دارای درصد برازندگی بهتری باشد شانس بیشتری برای انتخاب دارد.

هریک از اعضای فضای جواب در الگوریتم ژنتیک باید در ساختار یک کروموزوم تعریف شوند. ساختار کروموزوم در این مدل بصورت ماتریس $i \times j$ تعریف می‌شود که i تعداد جراحیها و j تعداد اتاق‌های عمل می‌باشند. در ادامه در شکل(2) یک کروموزوم تصادفی 3×5 ایجاد شده است. همانطور که گفته شد کروموزوم‌ها باینری می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |

**شکل(*2*) یک کروموزوم تصادفی**

در اینجا سه اتاق عمل و پنج جراحی در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که در تعیین این جمعیت محدودیت‌ها و فرضیه‌های ابتدایی باید رعایت شوند برای مثال هر عمل تنها می‌تواند به یک اتاق عمل تخصیص یابد.

بعد از این مرحله باید با به‌کارگیری عملیات ژنتیک اقدام به ایجاد کروموزوم‌های جدید موسوم به فرزند نمود. این عملیات به دو گونه عمده تقاطعی و جهشی تقسیم‌بندی می‌شوند. همچنین برای گزینش کروموزوم‌هایی که نقش والدین را بازی می‌کنند دو مفهوم نرخ تقاطعی و نرخ جهشی کاربرد فراوان دارد که توسط کاربر تعیین می‌گردد.

در این پژوهش از عملگر تقاطع دوسطر-دوستون، عملگر جهش تقارن قائم-افق وعملگر تولید مجدد استفاده شده است.

**عملگر تقاطع دوسطر-دوستون:**

اشکال (3) الی (5) نحوه عمل عملگر تقاطع دوسطر-دوستون را نشان می دهند

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 |

**شکل( 3) تقاطع دو ستون**

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 |

**شکل( 4) جدول تقاطع دو سطر**

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|

www.SID.ir

Archive of SID



| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |

**شکل( 5) تولید فرزند از کروموزوم نمونه توسط**

**عملگر جهش قائم-افقی:**

اشکال (6) الی (8) نحوه عمل عملگر جهش قائم-افقی را نشان می دهند

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |

**شکل( 6)جهش قائم**

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 |

**شکل(7) جهش افقی**

| J / I | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 |
| **5** | **0** | **0** | **1** |

**شکل( 8) تولید فرزند از کروموزوم نمونه توسط عملگرجهش قائم- افق**

**عملگر تولید مجدد:**

درصدی از بهترین‌های جمعیت هر نسل براساس میزان برازندگی به نسل بعد منتقل می‌شوند.

**شرط توقف:**

www.SID.ir

Archive of SID



در این پژوهش شرط توقف تعیین محدودیت برای تولید نسل‌ها در نظرگرفته شده است. بطور مثال تعدادنسل 500.

## 5- بررسی نتایج

در این قسمت مقایسه عملکرد الگوریتم ژنتیک با نتایج به‌دست آمده از حل مدل توسط نرم‌افزار لینگو از چندین مسئله که درابعاد مختلف تولید شده‌اند، در جدول (1) آورده شده است. در همه این مسائل، تمامی فاکتورها و محدودیت‌های بررسی شده در این تحقیق که مهم‌ترین آنها زمان آماده‌سازی وابسته به توالی جراحی‌ها می‌باشد، در نظر گرفته شده است.

| شماره مسئله | ابعاد مسئله | | | | | نتایج نرم افزار لینگو | | نتایج الگوریتم ژنتیک | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تعداد اتاق عمل | تعداد جراحی ها | هزینه ها | | | مقدار | زمان (ثانیه) | مقدار | زمان (ثانیه) |
| | | | ثابت | اضافه کاری | بیکاری | | | | |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۵۰۰۰ | ۵۰ | ۴۰ | ۱۲۶۰۰ | ۱ | ۱۲۶۰۰ | ۰/۳۵ |
| ۲ | ۲ | ۵ | ۱۰۰۰۰ | ۴۰ | ۳۰ | ۲۲۵۶۰ | ۱۸۰ | ۲۲۷۶۰ | ۱/۳۷ |
| ۳ | ۳ | ۷ | ۵۰۰۰۰ | ۱۰۰ | ۹۰ | ۸۰۳۰۰ | ۱۹۸۵ | ۸۰۳۰۰ | ۲۸/۱۷ |
| ۴ | ۳ | ۱۰ | ۵۰۰۰۰ | ۹۰ | ۸۰ | ۱۰۳۵۵۰ | ۲۲۰۷ | ۱۰۷۶۵۰ | ۳۰/۹۱ |
| ۵ | ۴ | ۷ | ۵۰۰۰۰ | ۱۰۰ | ۹۰ | ۱۰۲۷۰۰ | ۲۵۵۳ | ۱۰۴۵۳۰ | ۶۴/۰۸ |
| 6* | ۵ | ۲۰ | ۵۰۰۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۴۴۵۱۰۰ | دوروز | ۲۴۰۵۰۰ | ۷۰/۷۱۲ |
| ۷* | ۱۰ | ۴۰ | ۶۰۰۰۰ | ۱۰۰ | ۹۰ | ۹۰۰۲۰۰ | دوروز | ۶۱۶۰۴۰ | ۸۴/۰۷ |
| ۸* | ۱۰ | ۱۰۰ | ۶۰۰۰۰ | ۱۰۰ | ۸۰ | ۱۹۰۵۰۰۰ | بیش از دوروز | ۱۲۰۰۱۰۰ | ۱۰۱ |
| ۹* | ۲۰ | ۸۰ | ۶۰۰۰۰ | ۱۵۰ | ۹۰ | ۲۱۱۵۰۵۰ | بیش از دوروز | ۱۳۲۰۳۰۰ | ۱۱۵ |
| ۱۰* | ۲۰ | ۱۰۰ | ۶۰۰۰۰ | ۱۵۰ | ۸۰ | ۲۴۰۰۲۵۰ | بیش از دوروز | ۱۶۰۶۴۰۰ | ۱۳۴ |

**جدول (1) مقایسه نتایج حاصل از لینگو و الگوریتم ژنتیک**

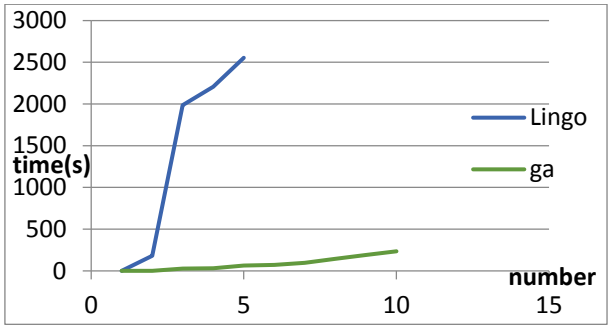
همانطور که درنمودار 1 مشخص است با بزرگ شدن ابعاد مسئله، نرم‌افزار لینگو زمان بسیار طولانی‌تری را نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

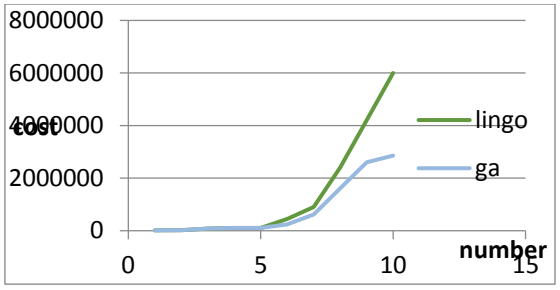


الگوریتم ژنتیک برای رسیدن به جواب بهینه نیاز دارد .




**نمودار 1مقایسه ژنتیک و لینگو ازنظر زمان حل *مسائل متعدد***

در نمودار 2 نیز مشخص است که در مسائل کوچک مقادیر جواب بهینه یکسان می‌باشند، در مسائل با ابعاد متوسط اختلاف کمی دارند و در مسائل بزرگتر با توقف، بعد از مدت بسیار طولانی می‌توان به جواب بهینه نسبی دست پیداکرد. پس با توجه به اینکه در مسائل کوچک نرم افزار لینگو و الگوریتم ژنتیک جواب‌های یکسانی دارند. پس صحت الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی اثبات می‌شود و برای حل این نوع مسائل که دارای پیچیدگی می‌باشند، استفاده از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک پیشنهاد می‌شود. نمودار 3 همگرا شدن الگوریتم به جواب نزدیک به بهینه برای مساله نمونه شماره 2 در جدول شماره 7 را نشان می دهد.

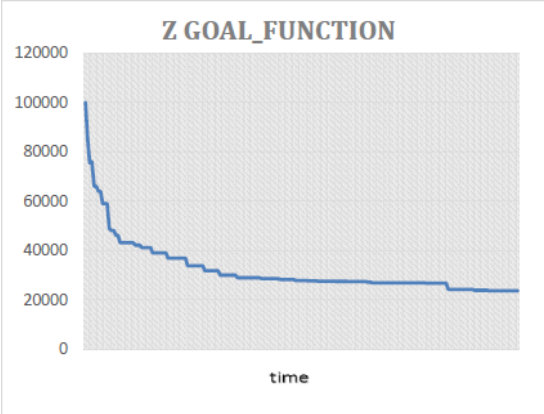



**نمودار 2 مقایسه ژنتیک و لینگوازنظر مقدار بهینه تابع هدف**

www.SID.ir

Archive of SID

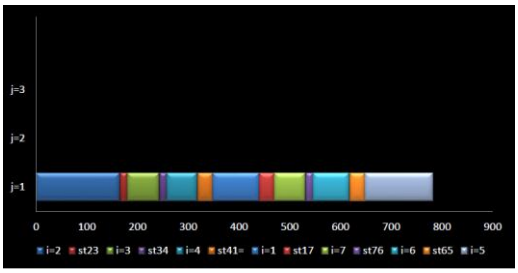





نمودار 3 نمودار همگرایی مسئله 2

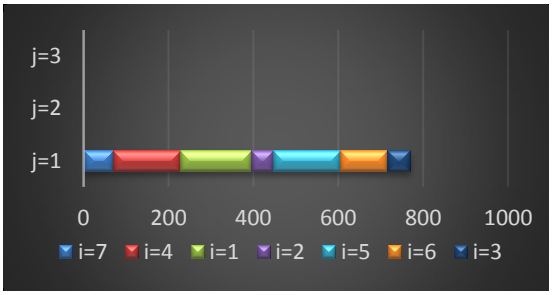
مسائل حل شده با در نظر گرفتن زمان آماده سازی وابسته به توالی می باشند ، حال با حل یکی از مسائل بدون در نظر گرفتن پارامتر زمان آماده سازی وابسته به توالی ، به مقایسه نتایج بدست آمده و نحوه تخصیص و توالی بلوک های جراحی در اتاق های عمل می پردازیم.

مقدار بهینه تابع هدف مسئله شماره 3 با توجه به اطلاعات آورده شده در جدول(1) با در نظر گرفتن زمان آماده سازی وابسته به توالی،80300 واحدو نحوه تخصیص و توالی بلوک ها طبق نموار (4) می باشد:




نمودار(4) .گانت چارت برای مساله نمونه با در نظر گرفتن زمان های آماده سازی

مقدار بهینه تابع هدف همین مسئله بدون در نظر گرفتن زمان آماده سازی وابسته به توالی که برای امکان مقایسه صفردر نظر گرفته شده 79000واحد ونحوه تخصیص و توالی بلوک ها طبق نمودار (5) می باشد:




نمودار(5) .گانت چارت برای مساله نمونه بدون در نظر گرفتن زمان های آماده سازی

www.SID.ir

Archive of SID



## 6 - نتیجه‌گیری

همان‌طور که می‌دانیم یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در بیمارستان‌ها بخش جراحی می‌باشد، بنابراین با برنامه‌ریزی و تخصیص مناسب جراحی‌ها به اتاق‌های عمل می‌توان تاثیر بسزایی در استفاده بهینه از منابع موجود هم‌چون زمان و هزینه و سایر امکانات داشت. مقالات متعددی به این موضوع پرداخته‌اند از جمله در مقاله دنتون و همکارانش که با ارائه مدلی سعی بر تخصیص بهینه جراحی‌ها به اتاق عمل‌ها داشته‌اند. ولی در هیچکدام از مقالات بررسی شده زمان آماده‌سازی وابسته به توالی جراحی‌ها در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش به معرفی مدلی که طرح توسعه یافته مدل دنتون و همکارانش است، پرداختیم؛ در این مدل پیشنهادی علاوه زمان آماده سازی وابسته به توالی، هزینه بیکاری نیز در نظر گرفته شده تا مدلی کامل‌ترنسبت به مقاله مبنا ارائه‌گردد. جهت اثبات قطعیت مدل پیشنهادی از نرم‌افزارلینگو 15 استفاده شد که با حل یک مثال با ابعاد کوچک مشاهده شد تمامی مفروضات و محدودیت‌های مدل در نظر گرفته می‌شود. سپس یک الگوریتم فراابتکاری مناسب(ژنتیک) جهت حل مدل معرفی شد. مدل را با در نظرگرفتن ابعاد مختلف در نرم‌افزارلینگو و الگوریتم ژنتیک حل کردیم و نتایج محاسبات در جدول(1) آورده شدوبا مقایسه این نتایج و بررسی نمودارهای مربوطه به این نتیجه می‌رسیم که در مسائل با ابعاد کوچک به جواب‌های یکسانی می‌رسیم ولی الگوریتم ژنتیک در زمان کوتاهتری نسبت به نرم افزار لینگو موفق به دست‌یابی به جواب بهینه می‌شود، در مسائل با ابعاد متوسط تفاوت اندکی بین دو جواب مشاهده می‌کنیم که اگرچه جواب حاصل از لینگوبا توجه به نوع تابع هدف مقدار کمتر و بهینه‌تری دارد اما در زمان طولانی به این جواب رسیده‌است. در مسائل با ابعاد بزرگ نرم افزار لینگو بعد از گذشت زمان بسیار طولانی (دوروزو بیشتر) موفق به دست‌یابی به جواب بهینه نشده و به ناچار مجبور به توقف جهت دست‌یابی به جوابی نسبی (نه الزاما بهینه)می‌گردیم. پس برای حل این نوع مدل‌ها که دارای پیچیدگی محاسباتی می‌باشند با توجه به اثبات صحت، استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری توصیه می‌شود.

در نظر گرفتن زمان آماده سازی وابسته به توالی در مدل که با توجه به مشابهت جراحی‌ها می‌باشد منجر به تخصیص بهینه جراحی‌ها در اتاق عمل‌ها میشودبه طوری‌که در زمان اتمام جراحی تاثیرگذار بوده و منجر به واقعی‌تر شدن محاسبات می‌شود. تحقیقات آتی می‌تواند به دو دسته کلی تقسیم شود:توسعه مدل و رویکرد حل .در مدل ارائه شده تابع هدف کمینه‌سازی هزینه‌های موجود می‌باشد، می‌توان مدل را با تابع هدف کمینه‌سازی زمان اتمام کار اتاق‌های عمل حل کرد.

در این مدل جراحی‌های اورژانسی در نظر گرفته نشده و مدل استاتیک می‌باشد، می توان مدل را برای حالت متغییر که امکان ورود جراحی‌های اورژانسی نیزمی‌باشد توسعه داد. ویا با تعیین بازه مشخص برای اضافه‌کاری و بیکاری زمانشان را مشخص و محدود کرد.از پیشنهادات دیگران است که می توان مدل را با احتمالی کردن هزینه‌ها حل نمود و یا مدل را با روش استوار حل کرد . در مسائل با ابعاد بزرگ زمان حل در روش‌های دقیق بسیار افزایش می‌یابد از این رو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک برای حل مدل پیشنهاد شد، حال می‌توان برای مدل از سایر الگوریتم های ابتکاری یا فراابتکاری استفاده‌کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



منابع:

BeliÄen.J and Demeulemeester.E(2007) " ،Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy "،.*European Journal of Operational Research*.176 (2):1185–1204 .

BeliÄen.J and Demeulemeester.E, and Cardoen.B(2006)" ،Visualizing the demand for various resources as a function of the master surgery schedule: A case study "،.*Journal of MedicalSystems*.30 (5):343–350

Cardoen,B, Demeulemeester.E, and BeliÄen.J(2007)" Scheduling surgical cases in a day-care environment: A branch-and-price approach "،.*Working paper, KatholiekeUniversiteitLeuven,Belgium*

Denton. Brian T, Miller. Andrew J, Balasubramanian. Hari J, Huschka.Todd R(2010). "Optimal Allocation of Surgery Blocks to Operating Rooms Under Uncertainty "،*Informs,Operations Research* .58: 802-816

Denton .B, Viapiano .J, and Vogl .A(2007) " Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty "،*Health Care Management Science* 10: 13-24 .

Dexter.F, Ledolter .J, and Wachtel .R.E(2005)" ،.Tactical decision making for selective expansion of operating room resources incorporating– nancial criteria and uncertainty in subspecial-ties' future workloads "،.Anesthesia and Analgesi.

Fei .H, Chu C, Meskens.N, and Artiba.A(2008)" ،.Solving surgical cases assignment problem by a branch-and-price approach "،*International Journal of Production Economics.*

Fei .H ,Meskens.N, and Chu.C(2006) " An operating theatre planning and scheduling problem in the case of a block scheduling strategy "،*In Proceedings of the International Conferenceon Service Systems and Service Managemen* .

Guinet .A and Chaabane.S(2003) " ،.Operating theatre planning "،.*International Journal of Production Economics*. 85:69–81

Hans .E, Wullink .G, van .Houdenhoven .M, and Kazemier .G(2008) " ،.Robust surgery loading "،. *European Journal of Operational Research*

Hsu V.N, de Matta .R , and Lee. C.-Y(2003) " ،.Scheduling patients in an ambulatory surgical center "،*Naval Research Logistics*.50:218–238

Lamiri .M .Xie .M.X, and Zhang (2008)" ،Column generation for operating theatre planning with elective and emergency patients "،*IIE Transactions*

www.SID.ir

Archive of SID



Lebowitz. .P(2003) " ،.Schedule the short procedure– rst to improve OR exciency "،*.AORN Journal*.78 (4):651–659

Mulholland .W, Abrahamse .P, and Bahl .V(2005)" Linear programming to optimize performance in a department fo surgery "،*.Journal of the American College of Surgeons* 200(6): 861-868

Ozkarahan.I (2000)" ،.Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming "،*Journal of Medical Systems*.24:339–378

Perdomo .V, Augusto.V, and Xie .X(2006)" ،.Operating theatre scheduling using lagrangian relaxation "،*.In Proceedings of the International Conference on Service Systems and ServiceManagement*

Pinedo.M(2008) "Scheduling, Theory Algorithms and Systems "،*Third Edition,Prentice Hall*

Roland .B, Martinelly .C.DI , and Riane .F(2006) " ،.Operating theatre optimization: A resource-constrained based solving approach "،*.In Proceedings of the International Conference onService Systems and Service Management* .

Sciomachen .A, Tanfani .E, and Testi .A(2005)" ،.Simulation models for optimal schedules of operating theatres "،*International Journal of Simulation* . 6 (12-13):26–34

www.SID.ir