نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولیـــد دانشگاه علم و صنعت ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۷، صفحه ۵۴-۴۱

HEURISTIC ALGORITHM TO SOLVE THE MULTI-FLOOR LAYOUT PROBLEM WITH THE CONSIDERATION OF ELEVATOR

M. Saviz Asadi. L.

M.Sc student, Industrial Engineering Department, Tarbiat Modares University
Saviz_asady@yahoo.com

S.H. Zegordi

Associate professor, Industrial Engineering Department, Tarbiat Modares University
zegordi@modares.ac.ir

Abstract: In the past few decades along with the developing industrial units, the use of multi floor factories has increased. On the other hand according to the service provided and being in city centers, office buildings, hospitals, universities, ministries etc. represent the most multi floor buildings. One of the most costly procedures which these factories and buildings (which are multi floored) face is the cost of transporting equipment among different departments. These transportations are divided into horizontal and vertical, according to being a multi floor building. For vertical transportation the machine always recommended is an elevator. Placing and elevator is a costly procedure, therefore the number of elevators needed and their locations should be decided. Since 1967 a number of algorithms have been introduced to solve multi floor buildings designing problems, using a lot of simplifying theories based on the large amount of calculations needed. Therefore they are only described theoretically and mathematically, but can't be used in a real setting. In this research we have tried to define an algorithm to solve multi floor designing problem so that it could be used in real settings. All the simplifying theories used for the previous algorithms have been eliminated. Results show that this algorithm to a large extent can be applied to real settings.

الگوریتم ابتکاری برای حل مسئله طراحی ساختمانهای چند طبقه با اعمال محدودیتهای واقعی استفاده از آسانسور

محمد ساویز اسدی لاری و سید حسام‌الدین ذگردی

چکیده: در این مقاله، مسأله طراحی چیدمان ساختمان‌های چند طبقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. تابع هدف کمینه-سازی هزینه نقل و انتقال مواد در بین دپارتمان‌ها می‌باشد. بررسی ادبیات نشان می‌دهد که نتایج بدست آمده از حل این مسأله قابل اجرا در عمل نمی‌باشد؛ پس از مدلسازی ریاضی، بعلت NP-hard بودن مسأله، برای حل از دو الگوریتم ابتکاری استفاده شده است. اولین الگوریتم چیدمان ابتدایی دپارتمان‌ها را تولید می‌کند؛ سپس الگوریتم دوم به جابجایی دپارتمان‌ها با هدف کمینه‌سازی مقدار تابع هدف می‌پردازد. در نهایت تجزیه و تحلیل و مقایسه الگوریتم پیشنهادی انجام می‌شود. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی دارای کارایی بسیار بالایی در عمل و در دنیای واقعی می-باشد.

واژه‌های کلیدی: ساختمان‌های چندطبقه، آسانسور، طراحی چیدمان، مدلسازی ریاضی، الگوریتم‌های ابتکاری.

تاریخ وصول: ۸۵/۹/۱۷
تاریخ تصویب: ۸۶/۱۲/۱۲

محمد ساویز اسدی لاری، کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، saviz_asady@yahoo.com.
دکتر سید حسام‌الدین ذگردی، دانشیار بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، zegordi@modares.ac.ir.

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

در چند دهه گذشته با پیشرفت واحدهای صنعتی، استفاده از کارخانه های چند طبقه رونق خاصی پیدا کرده است. از طرف دیگر ساختمان های اداری، بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها، وزارتخانه‌ها و ... ، با توجه به نوع خدمت و قرارگرفتن در مرکز شهرها، بیشترین حجم ساختمان‌های چند طبقه را به خود اختصاص می‌دهند.

یکی از بیشترین هزینه‌هایی که این نوع کارخانه‌ها و ساختمان‌ها (که به صورت چند طبقه ساخته شده‌اند) با آن در ارتباط هستند، هزینه‌هایی است که از نقل و انتقال مواد در بین دپارتمان‌ها بوجود می‌آید.

با توجه به چند طبقه بودن ساختمان، این جابجایی به نقل و انتقال افقی و عمودی تقسیم می‌شود. وسیله‌ای که برای جابجایی عمودی همواره پیشنهاد شده است، آسانسور می باشد. با توجه به هزینه بالای نصب آسانسور، باید آسانسورها از لحاظ تعداد و مکان تعیین شوند.

از سال ۱۹۶۷ تاکنون الگوریتم‌های زیادی برای حل مسائل طراحی چیدمان ساختمان های چند طبقه مطرح شده است که با توجه به پیچیدگی مساله و حجم بالای محاسبات از فرض‌های ساده ساز بسیار زیادی استفاده کرده اند [۱] به گونه‌ای که مساله فقط از نظر ریاضی و تئوری توجیه پذیر است، ولی در عمل و در دنیای واقعی قابل استفاده نمی باشد.

از این رو در این مقاله سعی شده است با ارائه الگوریتمی، مساله چیدمان چند طبقه به گونه‌ای حل شود که قابلیت استفاده آن در دنیای واقعی وجود داشته باشد. به همین منظور کلیه فرضهای ساده ساز الگوریتم‌های قبلی حذف شده است. نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی نشان دهنده کارایی قابل توجه این الگوریتم و قابلیت استفاده از آن در دنیای واقعی است. به منظور استقرار تجهیزات در ساختمان‌های چندطبقه یا مساله چیدمان چندطبقه دو روش عمده وجود دارد:

الگوریتم‌های تک‌مرحله‌ای: در این دسته از الگوریتم ها هر دپارتمان، به جز آنهایی که در محل خود ثابت شده‌اند، می‌توانند در طول حل مساله هر طبقه‌ای را به خود اختصاص دهند [۵].

الگوریتم‌های دو مرحله‌ای: در این دسته از الگوریتم‌ها در مرحله اول هر دپارتمان به طور ثابت و دایمی به یکی از طبقات اختصاص داده می‌شود و در مرحله دوم طرح چیدمان برای هر طبقه به صورت جداگانه تعیین می‌شود [۵].

الگوریتم های تکمیل شده دومرحله ای نیز وجود دارد که در صورت رسیدن به جواب بهتر اجازه تغییر طبقه را در مرحله دوم به دپارتمانهای ثابت شده می دهند [۱] و [۱۵]. می‌توان گفت بدون وجود هیچ محدودیتی در زمان حل، الگوریتم‌های تک مرحله در مقایسه با الگوریتم های دومرحله‌ای دارای عملکرد بالاتری می‌باشند؛ چراکه در این الگوریتم‌ها، دپارتمان‌ها اجازه تغییر طبقه در طی اجرای الگوریتم را دارا هستند. با این حال، در صورتی که زمان حل مساله را نیز در نظر بگیریم، مشخص نیست که روش‌های تک‌مرحله‌ای منجر به جواب‌های بهتری در مقابل روش‌های دومرحله‌ای شوند. چراکه مجبور به جستجو در فضای جواب بزرگتری هستند. از طرف دیگر عملکرد روش های دومرحله‌ای ، وابسته به کیفیت تخصیص دپارتمان‌ها به طبقات است که در مرحله اول انجام می‌گردد[۱].

کلیه الگوریتم‌های استقرار چندطبقه دارای حداقل یکی از محدودیت‌های زیر می‌باشند:

- دپارتمان‌ها امکان شکسته شدن بین طبقات را دارند.
- موقعیت‌های متفاوت برای بالابرها در نظر گرفته نشده است.
- در اکثر الگوریتم‌ها فرض شده است که کلیه دپارتمان‌ها دارای مساحت مساوی هستند.
- نادیده گرفتن راهرو ها در حل مساله.
- وقتی که دپارتمان به یک طبقه تخصیص یافت امکان تغییر طبقه وجود ندارد. (در الگوریتم‌های دو مرحله‌ای)
- تعداد آسانسورها در این الگوریتم‌ها مدنظر قرار نگرفته است.
- مساحت آسانسورها نیز در کلیه الگوریتم‌های پیشنهادی ناچیز فرض شده است.
- تاثیر نداشتن مدت زمان انتظار برای آسانسور بر چیدمان دپارتمان‌ها در مساله.
- محاسبه فاصله افقی بین دو دپارتمان، بدون در نظر گرفتن دیوارها.

بسط و توسعه الگوریتمی به منظور بهبود الگوریتم‌های پیشنهادی که تمامی فرضیات ساده‌ساز بالا را آزاد نماید به عنوان یک نوآوری در حل مساله طراحی چیدمان چند طبقه مطرح می‌گردد، که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲. تعریف مسأله و مدلسازی ریاضی

مدل سازی مساله چیدمان چند طبقه دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد، زیرا با تعیین درست و بجای پارامترها می‌توانیم، بسیاری از محدودیت‌هایی که در اینگونه مسائل و الگوریتم‌های معرفی شده تا به حال، وجود دارد و موجب شده است تا مساله بصورت عملی مورد توجه زیادی قرار نگیرد و تنها به جنبه تئوری آن توجه شود، جلوگیری کنیم.

از طرف دیگر با وارد کردن تاثیر زمان بر چیدمان مساله و تعیین فضا برای آسانسور به عنوان یک دپارتمان و تعیین راهروها پیچیدگی مساله را دوچندان کرده است. زیرا از طرفی باید مساله به صورت عملی قابل قبول باشد و از طرف دیگر جنبه ها و نوآوری‌های جدید مساله را بپوشاند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. مقایسه الگوریتم های پیشنهادی

	نوع الگوریتم	سال طرح	آسانسور					دپارتمان						
			محل	فضا	زمان انتظار	چند تایی	بهینه سازی	شکسته نشدن	نا مساوی بودن	مربعی	راهرو	نسبت طول به عرض	دیوارها
ALDEP	دو مرحله ای	۱۹۶۷	×	×	×	×	×	×	O	×	×	×	×
SPS	دو مرحله ای	۱۹۸۱	×	×	×	×	×	×	×	O	×	×	×
SPACECRAFT	تک مرحله ای	۱۹۸۲	×	×	×	×	×	×	O	×	×	×	×
MSLP	دو مرحله ای	۱۹۸۸	×	×	×	×	×	×	×	O	×	×	×
BLOCPLAN	دو مرحله ای	۱۹۹۰	×	×	×	×	×	×	O	O	×	×	×
MULTIPLE	تک مرحله ای	۱۹۹۴	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
SABLE	تک مرحله ای	۱۹۹۶	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
FLEX	دو مرحله ای	۱۹۹۷	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
STAGES	دو مرحله ای	۱۹۹۷	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
MULTI-HOPE	دو مرحله ای	۱۹۹۸	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
MUSE	تک مرحله ای	۱۹۹۹	O	×	×	O	O	O	O	O	×	×	×
TABU CRAFT	تک مرحله ای	۲۰۰۰	×	×	×	O	×	×	O	×	×	×	×
F.G.TS	دو مرحله ای	۲۰۰۰	×	×	×	O	×	O	O	×	×	×	×
الگوریتم پیشنهادی	نوع سوم	۲۰۰۶	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

۱-۲. تعریف متغیرها و مجموعه‌ها

در این قسمت تمامی پارامترها و علائم بکار رفته در مدل و الگوریتم ارائه شده به اختصار توضیح داده شده است.

n : تعداد دپارتمان ها

C_{ij}^{V} : هزینه انتقال عمودی بر واحد مسافت یک واحد از دپارتمان i به دپارتمان j

C_{ij}^{H} : هزینه انتقال افقی بر واحد مسافت یک واحد از دپارتمان i به دپارتمان j

d_{ij}^{H} : فاصله افقی بین دپارتمان i , j

d_{ij}^{V} : فاصله عمودی بین دپارتمان i , j

i , j : نشان دهنده دپارتمان ها می باشند

g , k : نشان دهنده طبقات می باشند

d_{ij}^{kg} : فاصله عمودی بین دپارتمان i، j هنگامی که در طبقات k، g قرار گرفته اند

δ : فاصله بین دو طبقه همسایه

D_{kg} : فاصله بین طبقات g، k

f_{ij} : مقدار جریان بین دو دپارتمان i، j در واحد زمان

a_i : مینیمم فضای مورد نیاز برای دپارتمان i

Ω_i : ضریب مورد قبولی شکل

A_i : مساحت دپارتمان i

P_i : محیط دپارتمان i

$MinE_n$: حداقل تعداد آسانسورها

$MaxE_n$: حداکثر تعداد آسانسورها

A_k : ماکسیمم فضای موجود درطبقه k

υ : سرعت حرکت آسانسور

h_i : مسافت مجازی که به علت انتظار در صف ایجاد می شود

S_{ij} : هزینه کلی عمودی بین دپارتمان i، j

Q_{ij}^{H} : هزینه کلی افقی بین دپارتمان j،i

ℓ : آسانسور

ℓ_b : آسانسور شماره b

$t\ell_b$: مدت زمان انتظار آسانسور شماره b

$y_j\ell_b$: مکان آسانسور b در مرحله قبل که از آن استفاده شده است

A_ℓ : مساحت آسانسور

A_c : مساحت راهرو

E_n : تعداد آسانسورها

E_c : هزینه نصب هر آسانسور در یک روز

W_1 : نقاط داخلی

W_2 : نقاط مرزی

W_3 : نقاط گوشه

Archive
www.SID.ir

۲-۲. معرفی و تعیین تابع هدف

تابع هدف اصلی مساله به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$MinF(x)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(C_{ij}^{H}d_{ij}^{H}+C_{ij}^{V}d_{ij}^{V})f_{ij}+E_nE_c \quad (۱)$$

تابع هدف ذکر شده برحسب هزینه می باشد و در طول حل مساله به مینیمم کردن هزینه‌های ناشی از فاصله های عمودی و افقی و تعداد آسانسور که منجر به مینیمم شدن هزینه کل می‌شود، پرداخته می‌شود. در تابع هدف C^{V}_{ij} ، C^{H}_{ij} ، f_{ij} و E_c پارامترهای مساله (به عنوان اعداد ورودی) بوده و در آن d^{V}_{ij} ، d^{H}_{ij} و E_n متغیر تصمیم است. مدل کلی و ساده شده مسائل چیدمان چند طبقه بدون توجه به وجود آسانسور به صورت زیر می‌باشد:

$$MinF(x)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(C_{ij}^{H}d_{ij}^{H}+C_{ij}^{V}d_{ij}^{V})f_{ij} \quad (۲)$$

$$s.t.\ \sum_{k=1}^{k}x_{ik}=1 \qquad i=1,\ldots,N$$

$$\sum_{i=1}^{N}a_ix_{ik}\le A_k \qquad k=1,\ldots,K$$

$$x_{ik}=\begin{cases}1 & \text{if department } i \text{ is assigned to floor } k\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

در مدل بالا اولین محدودیت مربوط به شکسته نشدن دپارتمان‌ها در بین طبقات می‌باشد. محدودیت بعدی مربوط به قرار گرفتن دپارتمان در طبقات با توجه به مساحت دپارتمان و مساحت باقیمانده در آن طبقه می‌باشد. مدل بالا هیچگونه توجهی به محدودیت‌هایی که در مورد فاصله‌های عمودی و افقی موجود می‌باشد، ندارد.

۲-۲-۱. تعیین فاصله عمودی و هزینه عمودی

تعیین فاصله عمودی بین دپارتمان‌ها و پس از آن محاسبه هزینه نقل و انتقال عمودی یکی از اهداف اصلی چیدمان چند طبقه می‌باشد. تابع زیر به محاسبه هزینه نقل و انتقال عمودی بین دپارتمان‌های i و j هنگامی که دپارتمان i در طبقه k و دپارتمان j در طبقه g قرار دارد، می‌پردازد.

$$S_{ij}=Min\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sum_{g=1}^{K}f_{ij}c_{ij}^{v}D_{kg}x_{ik}x_{jg} \quad (۳)$$

اما مدل بالا مدل کاملی نیست و فواصل داخلی طبقات را در نظر نمی‌گیرد. اگر فاصله بین دو طبقه همسایه را مساوی یا تقریباً مساوی در نظر بگیریم به شرط اینکه خواهیم داشت:

$$d_{ij}^{kg}=\delta|k-g| \quad (۴)$$

در ضمن با توجه به عبارت روبرو می‌توانیم برای هر دپارتمان یک شماره طبقه اختصاص دهیم:

$$y_i=\sum_{k}^{K}kx_{ik} \quad (۵)$$

در نتیجه فاصله عمودی به صورت روبرو تعریف می‌شود:

$$d_{ij}^{kg}=\delta|y_i-y_j| \quad (۶)$$

با توجه به موارد ذکر شده خواهیم داشت:

$$S_{ij}=Min\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}|y_i-y_j|\delta\ C_{ij}^{V}\ f_{ij} \quad (۷)$$

$$s.t.\ \sum_{k=1}^{k}x_{ik}=1 \qquad i=1,\ldots,N$$

$$\sum_{i=1}^{N}a_ix_{ik}\le A_k \qquad k=1,\ldots,K$$

$$\sum_{k=1}^{K}k\,x_{ik}=y_i \qquad i=1,\ldots,N$$

$$x_{ik}=\begin{cases}1 & \text{if department } i \text{ is assigned to floor } k\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۲-۲. تعیین فاصله افقی و هزینه افقی

کاملاً واضح است که اگر دپارتمانهای i وj در یک طبقه واقع شوند به استفاده از آسانسور نیازی نیست و فاصله افقی در تمامی الگوریتم‌های پیشنهادی، به صورت فاصله مستقیم مرکز دپارتمان تا مرکز دپارتمان دیگر محاسبه می شود.

۱-۲-۲-۲. محاسبه فاصله افقی بدون در نظر گرفتن زمان انتظار برای آسانسور

این نوع اندازه گیری و محاسبه فاصله افقی که در قسمت قبل ذکر شد با توجه به وجود دیوارها، بی معنی می‌باشد. در ضمن با وجود راهروها، بدیهی است که این فاصله از طریق راهرو ها باید محاسبه شود .

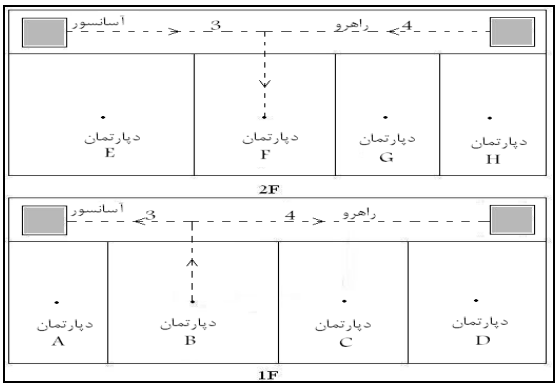
$$d_{ij}^{H} = d_{ic_i}^{H} + d_{c_i c_j}^{H} + d_{c_j j}^{H} \qquad (۸)$$

اگر دپارتمانهای i وj در طبقات متفاوت واقع شوند آنگاه d^{H}_{ij} برابر با فاصله مرکز دپارتمان i تا راهرو، فاصله راستای عمودی مرکز دپارتمان i در راهرو تا آسانسور، فاصله آسانسور (در طبقه بعدی) تا راستای عمودی مرکز دپارتمان j (در طبقه بعدی) در راهرو و فاصله راهرو تا مرکز دپارتمان j می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$d_{ij}^{H} = d_{ic_i}^{H} + d_{c_i \ell}^{H} + d_{\ell c_j}^{H} + d_{c_j j}^{H} \qquad (۹)$$

همچنین اگر بیش از یک آسانسور جهت نقل و انتقال موجود باشد، فاصله افقی بین دپارتمانها از طریق کلیه آسانسورها محاسبه شده و مینیمم آنها به عنوان فاصله افقی بین دپارتمانها منظور می‌گردد.

$$d_{ij}^{H} = \underset{\ell}{Min}(d_{ic_i}^{H} + d_{c_i \ell}^{H} + d_{\ell c_j}^{H} + d_{c_j j}^{H}) \qquad (۱۰)$$



شکل۱. محاسبه فاصله افقی در الگوریتم جدید

۱-۲-۲-۲. محاسبه فاصله افقی با در نظر گرفتن زمان انتظار برای آسانسور

همانطور که در قسمت گذشته نیز اشاره شد، الگوریتم های موجود بدون توجه به مدت زمانِ انتظاری که برای واحدهای قابل انتقال هر دپارتمان، که موجب مشغول بودن آسانسورها می‌وند، ارائه شده‌اند. یعنی «بهترین آسانسور برای حمل واحدی، از دپارتمان i به j آسانسوری است که فاصله افقی بین دپارتمانi و j را حداقل سازد.» ولی با در نظر گرفتن زمان انتظار، همواره بهترین آسانسور برای حمل، آسانسوری نیست که موجب کوتاه ترین فاصله افقی شود .به همین دلیل، باید به طریقی مدت زمان انتظار برای آسانسور را در مدل ریاضی خود به گونه‌ای جای دهیم، که تاثیر مستقیم در انتخاب آسانسور داشته باشد. اگر فردی از دپارتمان i در یک طبقه بخواهد به دپارتمان j در طبقه دیگری برود، در مرحله اول مسیر دپارتمان i تا راهرو سپس راهرو تا آسانسور را باید طی کند، هنگامی که به آسانسور می‌رسد (اگر آسانسور خالی باشد) با سرعت V شروع به حرکت می‌کند؛ ولی اگر آسانسور مشغول باشد به اندازه T ، (مدت زمان مشغول بودن آسانسور) باید منتظر بماند؛ پس بدیهی است به اندازه VT از برنامه سفر خود عقب می‌افتد. مدل زیر نشان دهنده تاثیر زمان بر مسافت طی شده می‌باشد.

$$d_{ij}^{H} = Min(\underbrace{d_{ic_i}^{H} + d_{c_i \ell}^{H}}_{d_{i\ell}} + \underbrace{\alpha(V(t\ell_b))}_{h_{ij}} + \underbrace{d_{\ell c_j}^{H} + d_{c_j j}^{H}}_{d_{\ell j}}) \qquad (۱۱)$$

یکی از علائمی که در بالا مشخص می باشد $t\ell_b$ است و مفهوم آن مدت زمانی است که آن آسانسور خاص مشغول بوده است. تعیین این مدت زمان در بخش‌های آینده بطور کامل آمده است. ولی در مدل بالا علاوه بر $V(t\ell_b)$ علامت دیگری نیز وجود دارد و آن α (آلفا) می‌باشد و وظیفه آن وزن‌دهی به مسافت مجازی است که از انتظار در پشت در آسانسور بوجود می‌آید. بیشترین تاثیر α مربوط به انتخاب آسانسور می باشد. α را به دو صورت می‌توان تفسیر کرد:

۱- α به عنوان یک عدد ورودی در مساله وارد شود. یعنی برای کارفرما، مدت زمان انتظار افراد یا بار برای آسانسور، مهم و یا قابل چشم پوشی می‌باشد. به هر حال با تعویض α به عنوان عدد ورودی می‌توان از اهمییت این موضوع (تاثیر مدت زمان انتظار برای آسانسور بر چیدمان مساله) باخبر شد. بدیهی است در صورتی که $\alpha = 0$ باشد، مساله بدون تاثیر مدت زمان انتظار برای آسانسور بر چیدمان، حل می‌شود. α می تواند برای تمام دپارتمان‌ها ثابت باشد و یا برای دپارتمان های مختلف فرق کند و مانند جدول ارتباط بین دپارتمان ها وارد مساله شود و برای ارتباط بین هر دو دپارتمان یک α خاص وجود داشته باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

۲- بهترین α برای مساله داده شده پیدا شود. بر طبق استانداردهای جهانی سه سطح کیفی برای سرویس‌دهی مطلوب مبتنی بر زمان انتظار برای آسانسور ۶۰ ، ۸۰ و ۱۰۰ ثانیه وجود دارد، که مدت زمان ۶۰ ثانیه بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. پس به عنوان مثال مدت زمان انتظار ۶۰ ثانیه طبیعی بوده و مسافر یا بار می تواند منتظر بماند و از آسانسور دیگری استفاده نکند. در نتیجه بهترین α، αای است که چیدمان مساله را طوری طراحی کند که اکثر دپارتمان‌ها تا مدت زمان انتظار ۶۰ ثانیه از آسانسوری که موجب کوتاه ترین فاصله افقی شود، استفاده کنند. پس مساله با αهای مختلف باید حل شود، تا به α برسیم، که در آن بیشترین تعداد دپارتمان‌ها (نسبت به حل با بقیه α ها) در زمان کمتر از ۶۰ ثانیه، از کوتاه ترین فاصله افقی از طریق آسانسور استفاده کنند. در کل بیشترین تاثیر α بر مساله، بر روی چیدمان آسانسورها (مکان آسانسورها)، چیدمان دپارتمان‌ها و تعداد آسانسورها می‌باشد. در نتیجه هزینه افقی بین دو دپارتمان به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{ij}^{H}=\min_{\ell}(\underbrace{d_{ic_i}^{H}+d_{c_i\ell}^{H}}_{d_{i\ell}}+\underbrace{\alpha(VT_{\ell})}_{h_{ij}}+\underbrace{d_{\ell c_j}^{H}+d_{c_j j}^{H}}_{d_{\ell j}})f_{ij}C_{ij}^{H} \quad (۱۲)$$

۲-۳. کنترل اشکال دپارتمان‌ها

منظور از کنترل اشکال دپارتمان ها این است ، که چگونه اشکال دپارتمان ها را تغییر دهیم تا به کمترین بی نظمی برسیم. کنترل اشکال دپارتمان ها را می توان به دو قسمت تقسیم کرد:

۱- اشکال دپارتمان‌های نا متقارن و نا منظم (غیر مربع و مستطیل) باتوجه به تحقیقات انجام شده [۴] حد زیر مقدار قابل قبولی برای اشکال دپارتمان‌های نا متقارن و نا منظم (غیر مربع و مستطیل) می‌باشد:

$$\Omega_i=\frac{1}{4}P_iA_i^{-\frac{1}{2}}\le 1.5 \quad (۱۳)$$

۲- اشکال دپارتمان های مربع و مستطیل، این اشکال به طور عادی منظم می‌باشند، تنها حالتی که باید در این اشکال مورد کنترل باشد این است که نسبت طول به عرض آنها زیاد نشود (اشکال اتوبوسی شکل تشکیل نشود). مثلا یک شکل ۳در۳ با یک شکل ۱در۹ هم مساحت هستند و در صورت نبودن این شرط هر دوی شکلها شرط مساحت را برقرار می‌کنند؛ ولی از لحاظ هندسی در مسائل چیدمان شکل ۱در۹ غیرقابل قبول می‌باشد. برای این کار از فرمول زیر که برای محدود کردن نسبت طول به عرض می‌باشد، استفاده می‌کنیم:

$$\frac{1}{3}\le\frac{a}{b}\le 3 \quad (۱۴)$$

فرمول بالا به این معنی می باشد که اگر نسبت ضلع ها کمتر از ۳ و بزرگتر از یک سوم باشد شکل مورد قبول می باشد، بدیهی است که این اعداد قابل تغییر و بستگی به نظر طراح دارد.

۲-۴. آسانسورها

آسانسورها یکی از مهمترین اجزای تشکیل دهنده ساختمان های چند طبقه می‌باشند؛ از طرف دیگر هزینه بسیار بالایی از طراحی ساختمان‌های چند طبقه را به خود اختصاص می دهند. به همین دلیل در هنگام طراحی باید توجه خاصی به آنها شود تا از لحاظ تعداد و محل قرارگیری در جای مناسبی قرار گیرند و در مجموع موجب کاهش هزینه‌های ناشی از حمل و نقل مواد یا افراد در بین دپارتمان‌ها شوند .هدف اصلی در این قسمت ارائه راهکارهای طراحی و انتخاب مناسب ترین آسانسور با قابلیت بهره برداری مناسب از لحاظ موقعیت، تعداد، نوع، سرعت و ظرفیت می‌باشد. ساختمان و نوع عملکرد آن، تعیین کننده نوع آسانسوری است که باید تعبیه گردد.

۲-۴-۱. تعداد آسانسورها

انتخاب تعداد آسانسور یک تصمیم اساسی در طراحی ساختمان است و هرگونه اشتباهی ممکن است منجر به بالا رفتن هزینه‌های نصب آسانسور، کاهش رضایت مسافرین به علت زمان‌های طولانی انتظار و یا فضای مفیدی از ساختمان را به هدر دهد که همه موارد موجب ضرر اقتصادی بالایی می‌شود. اگر هزینه نصب آسانسور خیلی بالا باشد از آسانسورهای کمتری استفاده می‌شود تا هزینه تقلیل یابد. در هر حال هر آسانسور محدوده نقل و انتقال را کاهش می‌دهد. لذا تعداد آسانسورها با توجه به تعداد طبقات ساختمانها باید بهینه باشد. در صورتی که حداقل تعداد آسانسورهای مورد نیاز را ۱ قرار دهیم؛ حداکثر تعداد آسانسور ها نیز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$MaxE_n=\left[\frac{A_\ell}{A_c}\right]\Rightarrow 1\le E_n\le\left[\frac{A_\ell}{A_c}\right] \quad (۱۵)$$

۲-۴-۲. مکان آسانسورها (راهروها)

در طراحی محل آسانسور به اولین موردی که باید توجه کرد ، مقدار فضایی است که توسط آسانسور اشغال می‌شود. همانطور که در بخش‌های گذشته نیز مطرح شد، تمامی الگوریتم های طرح شده فضایی برای آسانسور در نظر نمی‌گرفتند. این امر موجب مشکلات بسیار زیادی در طراحی می شود . از جمله آنها می توان به موارد زیر توجه کرد:

Archive of SID
www.SID.ir

- آسانسورها در اغلب اوقات داخل دپارتمان‌ها قرار می‌گیرند.
- مقداری از مساحت دپارتمان که در اکثر موارد نسبت قابل توجهی می‌باشد به آسانسورها اختصاص می‌یابد.
- چون آسانسورها به صورت نقطه ای دیده می‌شوند، احتمال اینکه چند نقطه در کنار هم انتخاب شود وجود دارد که در عمل بی‌معنی می‌باشد.
- طرح پیشنهادی در عمل مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

در صورتی که بخواهیم فضایی را برای آسانسورها در نظر بگیریم ، حداقل به یکی از دو مشکل زیر بر می خوریم:

۱- دپارتمان‌ها از شکل مربع، مستطیلی خود درآمده و به شکل‌های نا متقارن تبدیل می شوند، که در عمل قابل قبول نمی‌باشند.

۲- در صورتی که قید مربع، مستطیلی را برای دپارتمان‌ها برقرار نگه داریم، شکل دپارتمان ها به مستطیل‌های اتوبوسی شکل (مستطیل‌هایی که نسبت طول به عرض آنها بالا می‌باشد) تبدیل می‌شوند، که در عمل قابل قبول نمی‌باشند.

برای رهایی از این دو مشکل استفاده از راهرو پیشنهاد می‌شود؛ زیرا با قرار گرفتن آسانسورها در راهرو ارتباط مستقیم دپارتمان‌ها با آسانسورها قطع می شود و تنها راه ارتباطی از طریق راهروها می‌باشد. ارائه این راهکار علاوه بر حل دو مشکل فوق موجب می‌شود مساله چیدمان در عمل نیز مورد توجه بالایی قرار گیرد. زیرا پیش از این در الگوریتم‌های ارائه شده، هیچگونه راه ارتباطی برای دپارتمان‌ها با یک دیگر و دپارتمان‌ها با آسانسورها پیشنهاد نشده است. راهروها نیز دارای محدودیت هایی می‌باشند که در زیر بیان شده است (اگر عرض راهرو را را جزء فرضیات و ورودی‌های مساله در نظر بگیریم خواهیم داشت):

حداقل مساحت دپارتمان ها + مساحت راهرو $\leq$ مساحت طبقات

حداکثر مساحت دپارتمان ها + مساحت راهرو $\geq$ مساحت طبقات

یکی دیگر از قیودی که باید رعایت شود قید زیر می باشد:

طول طبقه $\leq$ طول راهرو

۳-۴-۲. مدت زمان انتظار برای آسانسورها

یک چیدمان چندطبقه، از تعدادی بالابر یا آسانسور به منظور حمل و نقل عمودی مواد استفاده می‌کند. جریان مواد از یک دپارتمان در یک طبقه خاص به دپارتمانی در طبقه دیگر از طریق هریک از بالابرها یا آسانسورها که ممکن باشد، صورت می‌گیرد. در تمامی موارد بالابر یا آسانسور با کمترین فاصله افقی از دپارتمان‌ها انتخاب می‌گردد، ولی همانطور که در گذشته نیز مطرح شد: "همواره بهترین آسانسور برای حمل، آسانسوری نیست که موجب کوتاه ترین فاصله افقی شود."هزینه جریان مواد بین دو دپارتمان واقع شده در طبقات مختلف تابعی از بالابر انتخاب شده از بین چندین گزینه ممکن است. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بر اساس هزینه، ظرفیت و موقعیت بالابر انجام می‌گردد. تفاوت بین استقرار تک‌طبقه با چندطبقه در این است که زمان حمل و نقل در استقرارهای چندطبقه غیرخطی است. زمان سفر بین یک جفت دپارتمان که در طبقات مختلفی قرار گرفته‌اند شامل موارد زیر است:

- زمان جابجایی از دپارتمان اولیه تا بالابر انتخاب شده
- زمان صرف شده در انتظار بالابر
- زمان حمل و نقل عمودی که تابعی از تعداد دفعات توقف بالابر در بین راه است.
- زمان حمل و نقل افقی بین آسانسور و دپارتمان مقصد.

در محیط‌های ساخت و تولید که بالابرها عموما دارای حرکت‌های تناوبی هستند، زمان حمل و نقل می‌تواند به صورت یک تابع خطی تخمین زده شود. تخمین خطی زمان سفر در محیط‌های صنعتی مناسب است؛ چراکه زمان انتظار برای بالابر یا آسانسور در اینگونه محیط‌ها معمولا ناچیز است زیرا ماکزیمم تعداد طبقات در واحدهای صنعتی به طور معمول ۳ است و ترافیک حمل و نقل عمودی در واحدهای صنعتی خیلی کمتر از محیط‌های اداری است اما در محیط‌های اداری این مساله فرق می‌کند. مدت زمان انتظار در محیط‌های اداری دارای ارزش بسیار بالایی می باشد به همین دلیل بیشترین توجه در این قسمت به زمان صرف شده در انتظار آسانسور یا بالابر می باشد. این زمان انتظار تاثیر مهمی روی تعداد و مشخصات آسانسور و در مجموع بر روی چیدمان دپارتمانها دارد. سه سطح کیفی برای سرویس دهی مطلوب مبتنی بر زمان انتظار ۶۰ ، ۸۰ و ۱۰۰ ثانیه وجود دارد که مدت زمان ۶۰ ثانیه بیشتر مورد توجه قرار می گیرد. مدت زمان انتظار، برای استفاده کنندگان به صورت قطعی محاسبه می شود. این مدت زمان برابر است با زمانی که آسانسور در بین طبقات مختلف حرکت می‌کند (این مقدار به عنوان عدد ورودی در مساله ذکر می شود؛ مثلا زمان ۵/۳۳ برای حرکت بین یک طبقه و زمان ۱۰/۶۶ برای حرکت بین دو طبقه). البته این مدت زمان برای هر آسانسور محاسبه می‌شود. به عنوان مثال مدت زمان انتظار برای نفر سوم برابر با مدت زمان سفر نفر اول از طبقه مبدا خود تا طبقه مقصد خود، بعلاوه مدت زمان سفر آسانسور (به صورت خالی) از مقصد نفر اول تا مبدا نفر دوم، بعلاوه مدت زمان سفر نفر دوم از مبدا خود تا مقصد خود بعلاوه مدت زمان سفر آسانسور (به صورت خالی) از مقصد نفر دوم تا مبدا نفر سوم، می باشد. با توجه به موارد ذکر شده مدت زمان انتظار برای آسانسور شماره b با توجه به رابطه زیر به روز می‌شود.

$$t\ell_b \rightarrow t\ell_b + t\ell_b\left|y_i - y_j\right| + t\ell_b\left|y_{j'\ell_b} - y_i\right| \qquad (۱۶)$$

$t\ell_b$: مدت زمان استفاده شده از آسانسور شماره b می باشد.

$t\ell_b\left|y_i - y_j\right|$: مدت زمانی که صرف می‌شود تا آسانسور فاصله بین طبقات دپارتمان i تا j را طی کند (دپارتمان مبدا تا مقصد).

Archive of SID
www.SID.ir

$t\ell_b|y_{j'\ell_b} - y_i|$: مدت زمانی که صرف می‌شود، آسانسور (به صورت خالی) فاصله بین مکان قبلی خود تا دپارتمان i (دپارتمان مبدا) را طی کند.

ترتیب ورود به آسانسور نیز از بیشترین f_{ij} (ارتباط بین دپارتمان‌ها) به کمترین f_{ij} می باشد. در ضمن تا هنگامی که یکی از ارتباط‌هایی که بین دو دپارتمان که f_{ij} مثبت دارند انجام نشود نوبت دوباره به آنها نخواهد رسید.

درصورتی که ترتیبی بجز این ترتیب از بیشترین f_{ij} به کمترین f_{ij} تعیین شود، زمان انتظار در دوره های مختلف برای دپارتمان‌ها فرق خواهد کرد.

۳. معرفی الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم ارائه شده ، تعیین یک الگوریتم برای حل مسائل چیدمان با توجه به موارد گفته شده می‌باشد که رویکرد کمی دارد و در آن مفاهیم در قالب متغیرهای مشخص در آزمون فرض معرفی شده ، سپس جمع آوری داده‌های عددی و تعیین معیارها می‌باشد و در انتها تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم تکمیل شده دومرحله‌ای می‌باشد که در صورت رسیدن به جواب بهتر اجازه تغییر طبقه را در مرحله دوم به دپارتمانهای ثابت شده می‌دهند. از آنجا که در این تحقیق از الگوریتمی نوع سومی که مطرح شد، استفاده گردیده، مدل سازی بکار رفته در مساله نیز ترکیبی از مدل‌سازی بکار رفته در الگوریتم‌های تک‌مرحله‌ای و الگوریتم‌های دو مرحله‌ای، می باشد. در این الگوریتم ابتدا با هدف کم کردن هزینه عمودی، دپارتمان‌ها در طبقات چیده می‌شوند؛ سپس فقط جابجایی دپارتمان‌ها در بین طبقات انجام می‌شود.

در این قسمت هدف فقط کم کردن هزینه عمودی می‌باشد. پس از آن دپارتمان‌ها، فقط در طبقات جابجا می‌شوند و در این قسمت هدف فقط کم کردن هزینه افقی می‌باشد. در مرحله سوم هر دو نوع جابجایی اتفاق می‌افتد و اگر منجر به بهتر شدن تابع هدف شود جابجایی مورد قبول واقع می شود.

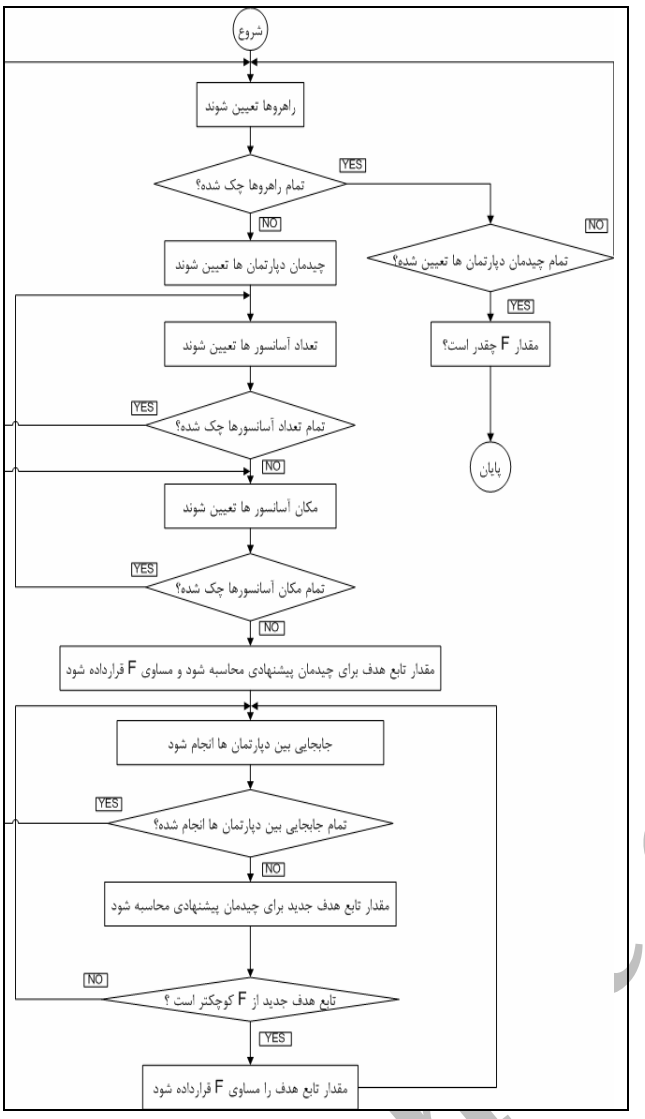
در الگوریتم پیشنهادی، ۳ مرحله برای حل مساله طراحی چیدمان چند طبقه وجود دارد:

۱- مرحله چیدمان ابتدایی دپارتمان‌ها

۲- مرحله جابجایی دپارتمان‌ها

۳- نحوه چیدمان یک دپارتمان، راهرو یا آسانسور در شکل اصلی

هر یک از موارد بالا از روش خاصی استفاده می کنند که در بخش مربوط به خود بصورت کامل توضیح داده شده است.



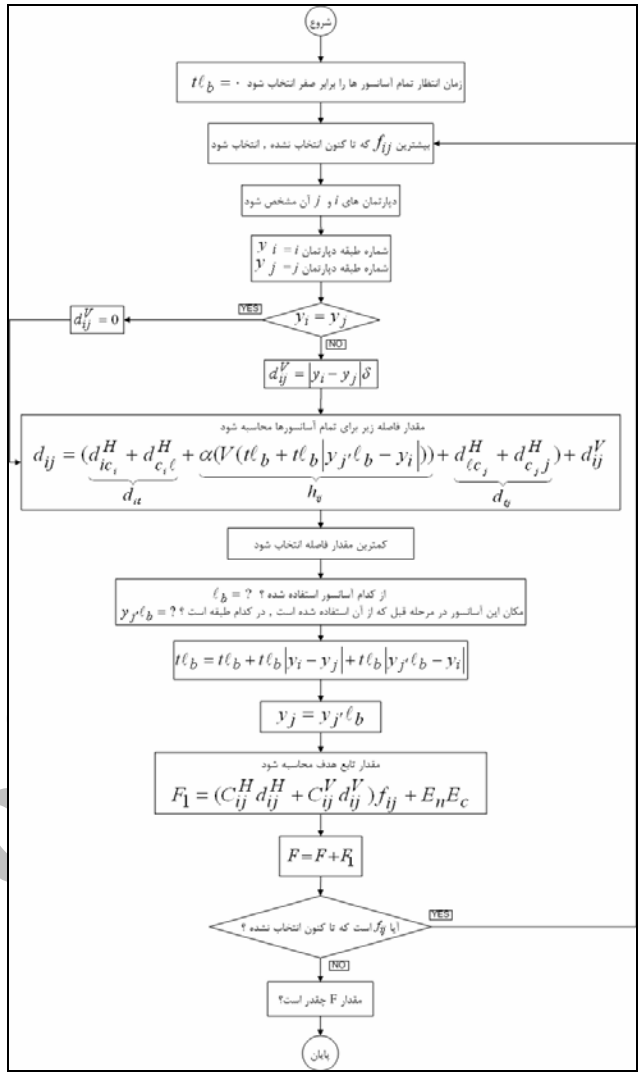
شکل ۲. نحوه عملکرد الگوریتم

شکل شماره ۳ نحوه محاسبه مقدار تابع هدف در هر مرحله را در الگوریتم اصلی نشان می‌دهد.

۳-۱. چیدمان ابتدایی دپارتمان ها

برای حل مساله طراحی چیدمان چند طبقه ، ابتدا جدول (ارتباط بین دپارتمان‌ها) بر حسب نزولی مرتب می شود، سپس دپارتمان های مربوط به هر کدام از آنها مشخص می شود و در طبقه اول تا طبقه آخر جای می‌گیرند؛ یعنی دپارتمان هایی که بیشترین ارتباط را با هم دارند در کنار هم قرار می گیرند. این روش، که روشی برای پایین آوردن هزینه ابتدایی مساله چیدمان چند طبقه می‌باشد، در ابتدای اکثر مسائل طراحی چیدمان چند طبقه استفاده شده است. سپس با استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های مخصوص به خود، به جابجایی دپارتمان‌ها و حل مساله خود می‌پردازند.

Archive of SID
www.SID.ir

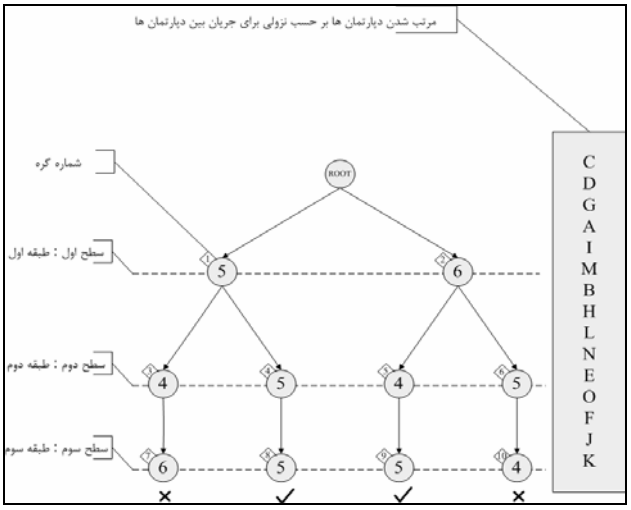


شکل ۳. محاسبه مقدار تابع هدف

در الگوریتم پیشنهادی برای چیدمان ابتدایی مساله طراحی چیدمان چند طبقه، از روش درختی استفاده شده است. تعداد سطح های این روش بر مبنای تعداد طبقات می‌باشد و بر حسب مساحت هر طبقه (بجز مساحت راهرو)، تعداد دپارتمان‌ها در هر گره در سطح‌های مختلف قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر پس از مرتب شدن دپارتمان ها (بر حسب نزولی برای جریان بین دپارتمان‌ها) تعداد دپارتمان‌های ممکن بر حسب مساحت (حداقل و حداکثر مساحت دپارتمان ها در این قسمت لحاظ می‌شود)، در هر گره در سطح های مختلف (که معادل با طبقات مختلف می‌باشد) قرار می‌گیرد و در سطح آخر (که معادل با طبقه آخر می‌باشد) تعداد دپارتمان‌های باقیمانده هر شاخه، در گره‌های مختلف قرار می‌گیرند. با توجه به محدودیت مساحت طبقه آخر (بجز مساحت راهرو) بعضی از گره ها با توجه به مساحت تعداد دپارتمان‌هایی که در آنها قرار گرفته اند و مساحتی که در طبقه آخر ایجاد می‌کنند، غیر قابل قبول می باشند و در نتیجه شاخه مربوط به آن گره حذف می‌شود. برای روشن تر شدن این روش، مثالی در زیر آورده شده است: فرض می‌شود مساله‌ای با ۱۵ دپارتمان وجود داشته باشد.

A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	N	O

مرتب شدن دپارتمان‌ها بر حسب نزولی برای جریان بین دپارتمان‌ها به ترتیب زیر می‌باشد:



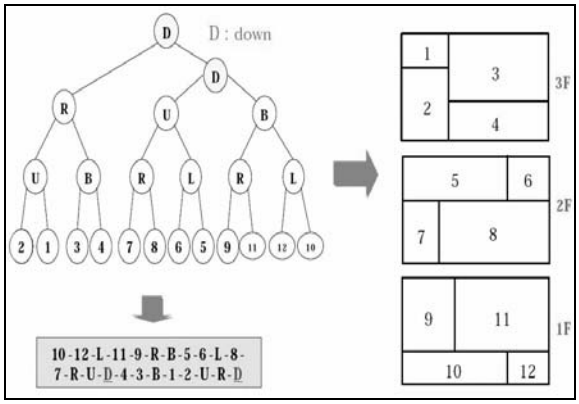
شکل ۴. چیدمان ابتدایی دپارتمان ها

سپس با توجه به مساحت طبقه اول، تعداد دپارتمان‌هایی که می‌توانند در آن جای بگیرند در گره‌های ۱ و ۲ مشخص شده‌اند. عدد ۵ در گره ۱ به معنای ۵ دپارتمان اول لیست مرتب شده می‌باشد؛ یعنی دپارتمان‌های C، D، G، A، I. برای گره دوم دپارتمان M نیز به آنها اضافه می‌شود (این تفاوت در تعداد دپارتمان به این دلیل است که هر دپارتمان یک حداقل و یک حداکثر برای مساحت خود دارد و با انتخاب متفاوت آنها مقدار مساحت بدست آمده تغییر می‌کند). برای طبقه دوم نیز گره‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۶ مشخص شده‌اند. در سطح آخر (طبقه آخر) تعداد دپارتمان‌های باقیمانده را قرار می‌دهیم. همانطور که در شکل نیز مشخص است، گره ۷ به علت اینکه مجموع حداقل مساحت‌های ۶ دپارتمان آخر بیش از مساحت طبقه آخر (بجز راهرو) می‌باشد و گره ۱۰ به علت اینکه مجموع حداکثر مساحت‌های ۴ دپارتمان آخر کمتر از مساحت طبقه آخر (بجز راهرو) می‌باشد و طبقه را پر نمی‌کند، غلط می‌باشد؛ در نتیجه شاخه های مربوط به دو گره ۷ و ۱۰ حذف می شود بنابراین جستجو در آنها انجام نمی‌شود.

۲-۳. جابجایی دپارتمان‌ها

الگوریتم LOGIC روشی برای جابجایی دپارتمان‌ها می‌باشد. این روش می تواند از دپارتمانهای بد شکل (غیر مستطیلی نا متقارن) اجتناب کند. طراحی به صورت مجموعه‌ای از بخشهای مستطیل شکل انجام می شود و به صورت درختی نمایش داده می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir



10-12-L-11-9-R-B-5-6-L-8-7-R-U-D-4-3-B-1-2-U-R-D

شکل ۵. جابجایی دپارتمان ها

سه نوع جابجایی دپارتمانها در روش LOGIC وجود دارد:

۱. جابجایی OPERATOR: جابجایی دو دپارتمان کنار هم

۲. جابجایی OPERAND: جابجایی دو دپارتمان که در طبقات مختلف قرار دارند

۳. جابجایی طرح نمودار درختی: دو شاخه از نمودار درخت با یکدیگر جابجا شده

۲-۳. چیدمان یک دپارتمان در شکل اصلی

چیدمان دپارتمان‌ها یکی از مهمترین فرایندها در حل الگوریتم می‌باشد. اکثر الگوریتم‌ها برای چیدمان دپارتمان‌ها از نمودارهای spacefilling استفاده می‌کردند. یکی از مشکلاتی که این نوع چیدمان دارد، توجه نداشتن به اشکال دپارتمان‌ها می‌باشد و اکثر دپارتمان‌ها دارای اشکال نا منظم و غیر مربع و مستطیلی می باشند. به همین جهت برای رفع این مشکل روش دیگری در الگورتیم استفاده شده است. در این روش نقاط طبقه به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

نقاط داخلی: نقاطی که در داخل چیدمان دپارتمان‌ها، راهرو ها یا آسانسور ها قرار می‌گیرند و با W_1 نشان داده می‌شوند و در چیدمان با ۰ (در صورتی که فضا هنوز توسط دپارتمان‌ها، راهروها یا آسانسورها پر نشده باشد) و یا با عدد مربوط به آن دپارتمان، راهرو یا آسانسور مشخص می شوند.

نقاط مرزی: نقاطی که در مرز (اضلاع) دپارتمان‌ها، راهروها یا آسانسورها قرار می‌گیرند و با W_2 نشان داده می‌شوند و در چیدمان با ۱- مشخص می شوند.

نقاط گوشه: نقاطی که در گوشه دپارتمان ها، راهروها یا آسانسورها قرار می‌گیرند و با W_3 نشان داده می‌شوند و در چیدمان با ۲- مشخص می‌شوند. هر دپارتمان، راهرو یا آسانسور از دو نقطه تشکیل شده است. نقطه اول نقطه ای است که (x,y) کوچکتری نسبت به مبدا داشته باشد. نقطه اول با احتمال های زیر از ۳ سری نقطه زیر انتخاب می‌شود:

با احتمال 0 از W_1 و با احتمال $\frac{1}{3}$ از W_2 و با احتمال $\frac{2}{3}$ از W_3

برای انتخاب نقطه دوم باید به نکات زیر توجه کنیم:

X : نشانگر تعداد دپارتمانی است که باید در طبقه قرار گیرد.

R : نشانگر این است که چندمین دپارتمان در حال چیدمان است.

d_f: پارامتری است که به تعداد دپارتمان‌های چیده شده و تعداد دپارتمان‌های باقیمانده، وابسته است.

$$d_f = \frac{R-1}{X-1} \qquad (۱۷)$$

در نتیجه نقطه دوم با احتمال های زیر از ۳ سری نقطه زیر انتخاب می‌شود:

با احتمال $\frac{1-d_f}{6-3d_f}$ از W_1 و با احتمال $\frac{2-2d_f}{6-3d_f}$ از W_2 و با احتمال $\frac{3}{6-3d_f}$ از W_3

این نوع احتمال موجب می‌شود که هر چقدر به چیدن آخرین دپارتمان نزدیک تر شویم، نقاط بیشتری از گوشه انتخاب شود و در نتیجه کل طبقه کاملا پر شود؛ و در چیدمان آخرین دپارتمان فقط از نقاط گوشه انتخاب شود که در عمل نیز درست می باشد. تا این مرحله دو نقطه انتخاب شده که بیانگر یک شکل می‌باشد. در صورتی که تمامی قیدها از جمله مساحت، نسبت طول به عرض، تداخل نداشتن با دپارتمان های دیگر و .... را رعایت کند می‌تواند به عنوان دپارتمان، راهرو یا آسانسور در چیدمان اصلی مساله قرار گیرد.

۴. اجرای الگوریتم و اعتبارسنجی

یکی از مباحثی که از ابتدای این مقاله بر روی آن بحث شده است ، تاثیر مدت زمان انتظار برای آسانسور برچیدمان مساله است. این تاثیر می‌تواند بر روی مکان آسانسورها، تعداد آسانسورها و جابجایی دپارتمان‌ها باشد. به همین دلیل مساله به دو صورت حل شده است: در قسمت اول هیچگونه زمان انتظاری در محاسبات در نظر گرفته نشده است $(\alpha = 0)$. در قسمت دوم، مساله با αهای مختلف حل شده است تا بر اساس تعریف ارائه شده، بهترین α برای این مساله خاص بدست آید. نتایج بدست آمده از حل قسمت دوم ، تاثیرات α را بر موارد گفته شده به خوبی نشان می دهد.

۱-۴. روش مورد مقایسه

مساله‌ای که برای مقایسه با الگوریتم پیشنهادی انتخاب شده است، مساله‌ای است که بوسیله الگوریتم MULTIPLE که توسط BOZER، Y. A.، MELLER، R. D. در سال ۱۹۹۴ ارایه گردیده، حل شده است. این الگوریتم از پر استفاده‌ترین الگوریتم‌هایی است که تا کنون معرفی شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

داده های مساله استفاده شده به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. داده‌های مساله‌ای که در مقاله زیر که مربوط به معرفی الگوریتم MULTIPLE است، آمده است و عیناً مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا به معرفی داده‌های نوع اول پرداخته می‌شود:

- حداقل و حداکثر مساحت دپارتمان‌ها

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
Min	۱۲	۷	۶	۵	۷	۲۲	۲۲	۱۳	۷	۲۲	۹	۱۳	۴	۱۷	۲۵
Max	۱۶	۱۱	۱۰	۹	۱۱	۲۶	۲۶	۱۷	۱۱	۲۶	۱۵	۱۷	۲۰	۲۱	۲۹

- جریان مواد بین دپارتمان ها f_{ij}

f_{ij}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۰
۲	۲۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۰	۰	۰	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۰
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۱۰	۲۵	۰	۲۵	۴۰	۰	۰	۲۵	۰	۴۰	۰	۲۰	۰	۰

- فاصله بین دو طبقه همسایه: $۱۰m$
- هزینه نقل و انتقال افقی برای دپارتمان های دریافت / پرداخت $۰/۲۵US\$$
- هزینه نقل و انتقال افقی برای دپارتمان‌های معمولی$US\$$۱/۰۰
- هزینه نقل و انتقال عمودی برای دپارتمان‌های دریافت / پرداخت $۱/۲۵US\$$
- هزینه نقل و انتقال عمودی برای دپارتمان‌های معمولی $US\$$۵/..
- دپارتمان ۱۵، دپارتمان دریافت / پرداخت می‌باشد و از ابتدا در کنار طبقه اول قرار می‌گیرد.
- هزینه نصب یک آسانسور در یک روز: ۱۰۰۰۰

۲. داده‌های جدیدی که برای رفع محدودیت‌های قبلی و بالا بردن کارایی الگوریتم مورد استفاده قرار گرفته است.

- مساحت هر آسانسور $۲\ m\times ۱/۶\ m$
- سرعت آسانسور $۱/۸۷۵\ m/s$ (آسانسور یک سرعته انتخاب شده)
- عرض راهرو $۲m$
- مدت زمان سفر آسانسور بین طبقات: برای ۱ طبقه ۵/۳۳ ثانیه؛ برای ۲ طبقه ۱۰/۶۶ ثانیه
- مساحت هر طبقه به مربع‌های $۰/۲\ m\times ۰/۲m$تقسیم بندی شده است.
- در ضمن مساحت هر طبقه $۷۵\ m\times m=۱۵m\times ۷m$در۳ طبقه انتخاب شده است.

۲-۴. اجرای الگوریتم

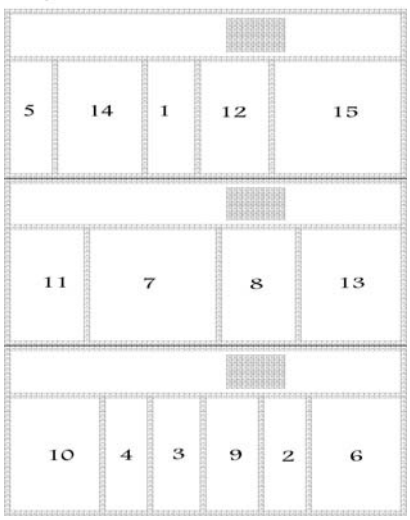
برای حل این مساله، الگوریتم ارائه شده با زبان برنامه‌نویسی MathCAD (MathCAD 2001 Professional) برنامه‌نویسی شده و توسط کامپیوتری با مشخصات Pentium(R) 4 CPU 2.80GHz، 512 MB of RAM حل شده است. زبان برنامه نویسی MathCAD یکی از متداول‌ترین زبان‌های برنامه نوسی برای حل مسائل هندسی- ریاضی است، زیرا قابلیت تعریف فضاهای هندسی در این زبان به میزان زیادی وجود دارد. نرم‌افزار تعریف شده user-friendly بوده و کاربر بدون هیچگونه محدودیتی می‌تواند با آن کار کند. این نرم افزار قابلیت حل مسائل بزرگ را داشته تنها محدودیتی که برای این نرم افزار می‌توان بیان کرد حل مسائل بسار بزرگ (مثلا ۱۰۰۰ دپارتمان) می باشد که زمان حل مساله را بسیار بالا می برد.

۱-۲-۴. مقایسه الگوریتم پیشنهادی با MULTIPLE (حل مساله بدون در نظر گرفتن زمان انتظار برای آسانسور)

شکل شماره ۶ نشان‌دهنده چیدمان نهایی الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. که مقدار تابع هدف آن ۲۱۶۸۰۰ می‌باشد $(\alpha=0)$. تعداد آسانسورها در این چیدمان ۱ می‌باشد. شکل شماره ۷ نشان دهنده چیدمان نهایی الگوریتم MULTIPLE می‌باشد. که مقدار تابع هدف آن ۱۸۶۷۳۳ می‌باشد. تعداد آسانسورها در این چیدمان ۶ می‌باشد.

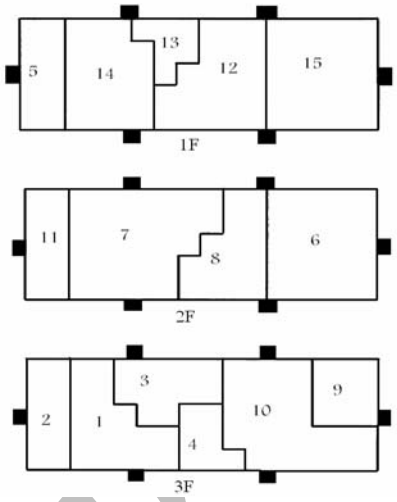
جدول ۲. مقایسه الگوریتم پیشنهادی وMULTIPLE

	مقدار تابع هدف	تعداد آسانسور
الگوریتم MULTIPLE	۱۸۶۷۳۳	۶
الگوریتم پیشنهادی	۲۱۶۸۰۰	۱



شکل ۶. چیدمان نهایی الگوریتم پیشنهادی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷. چیدمان نهایی الگوریتم MULTIPLE

همانطور که در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود اختلافی که در مقدار تابع هدف به چشم می خورد، به دلایل زیر رخ می‌دهد:

۱. اشکال دپارتمان‌ها بسیار نا منظم می‌باشند، این امر موجب می‌شود دپارتمان‌ها به هر نحوی که می‌خواهند و بدون توجه به قاعده و قانونی در طبقات جای گیرند، که این خود باعث پایین آمدن هزینه نقل و انتقال افقی و عمودی می‌شود. ولی در الگوریتم پیشنهادی دپارتمان‌ها فقط با اشکال مربع و یا مستطیل می توانند در چیدمان، چیده شوند. در ضمن اشکال دپارتمان‌ها از لحاظ نسبت طول به عرض مورد توجه قرار می گیرند تا از اشکال اتوبوسی جلوگیری شود.

۲. در محاسبه فاصله افقی، فاصله مرکز دپارتمان تا مرکز دپارتمان دیگر محاسبه می‌شود؛ که با توجه به وجود دیوارها و در نظر نگرفتن راهرو برای مساله بی‌معنی می‌باشد. در الگوریتم پیشنهادی با وجود دیوارها و در نظر گرفتن راهرو برای مساله، فاصله افقی برای دپارتمان‌ها از طریق راهروها محاسبه می‌شود. این امر موجب می‌شود فاصله افقی بین دو دپارتمان نسبت به از طریق محاسبه فاصله مرکز دپارتمان تا مرکز دپارتمان دیگر، اختلاف چشمگیری پیدا کند و بسیار بیشتر شود.

۳. آسانسورها به هر تعداد و در هر مکانی که می‌خواهند می‌توانند قرار گیرند و هیچ محدودیتی برای آنها وجود ندارد. در الگوریتم پیشنهادی آسانسورها از لحاظ حداقل و حداکثر تعین می‌شوند و در طول حل مساله از لحاظ تعداد بهینه می شوند در ضمن آسانسورها فقط در راهروها می‌توانند قرار گیرند و از لحاظ مکان نیز در طول حل مساله، مکان بهینه آسانسورها برای چیدمان پیشنهادی تعیین می‌شود.

۴. برای آسانسورها فضایی در نظر گرفته نشده است؛ ولی در الگوریتم پیشنهادی برای آسانسور ها فضا اختصاص یافته است.

تمامی این فرض‌ها اگرچه موجب بالا رفتن مقدار تابع هدف می‌شوند ولی کارایی الگوریتم پیشنهادی را در عمل بالا می برند و موجب می شوند تا در دنیای واقعی قابل استفاده باشد. همانطور که در شکل شماره ۷ و ۸ مشخص می‌باشد الگوریتم MULTIPLE فقط از لحاظ ریاضی و تئوری قابل توجیح می باشد و در عمل هیچگونه کارایی ندارد.

۲-۲-۴. حل مساله با در نظر گرفتن زمان انتظار برای آسانسور

الگوریتم برای αهای مختلف حل شده، تا بهترین α با توجه موارد گفته شده:

«برطبق استانداردهای جهانی سه سطح کیفی برای سرویس‌دهی مطلوب مبتنی بر زمان انتظار برای آسانسور ۶۰ ، ۸۰ و ۱۰۰ ثانیه وجود دارد که مدت زمان ۶۰ ثانیه بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. پس به عنوان مثال مدت زمان انتظار ۶۰ ثانیه طبیعی بوده و مسافر یا بار می‌تواند منتظر بماند و از آسانسور دیگری استفاده نکند.

در نتیجه بهترین α، α است که چیدمان مساله را طوری طراحی کند که اکثر دپارتمان‌ها تا مدت زمان انتظار ۶۰ ثانیه از آسانسوری که موجب کوتاه‌ترین فاصله افقی شود، استفاده کنند پس مساله با αهای مختلف باید حل شود، تا به α برسیم، که در آن بیشترین تعداد دپارتمان‌ها (نسبت به حل با بقیه αها) در زمان کمتر از ۶۰ ثانیه، از کوتاه‌ترین فاصله افقی از طریق آسانسور استفاده کنند.» پیدا شود.

به همین دلیل مساله با مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ و ۰/۵ و ۰/۷ و ۰/۹ و ۱ برای α حل شده است تا بهترین مقدار آن برای این مساله خاص بدست آید. همانطور که در جدول شماره ۳ نیز مشخص است در $\alpha = ./7$ به علت:

- جابجایی دپارتمان‌ها
- تغییر مکان آسانسورها

کمترین استفاده، از آسانسور مربوط به مسیرهای طولانی‌تر، در زمان کمتر از ۶۰ ثانیه، رخ داده است. در نتیجه بهترین α برای این مساله می‌باشد.

یعنی در تمام چیدمان ها ابتدا زمان انتظار برای دپارتمان‌هایی که با هم ارتباط دارند و در طبقات مختلف قرار گرفته اند محاسبه می‌شود سپس آسانسور با توجه به کمترین مسافت حقیقی و مسافت مجازی (حاصل از انتظار آسانسور) انتخاب می‌شود و در مقدار تابع هدف جای می‌گیرد. پس از آن کلیه محاسبات بدون در نظر گرفتن مسافت مجازی (حاصل از انتظار آسانسور) دوباره تکرار می‌شود. هرمقدارکه اختلاف انتخاب آسانسور در این دو حالت کمتر باشد یعنی به حالت بهینه نزدیک شده‌ایم و αمورد نظر α مناسبی برای حل مساله می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

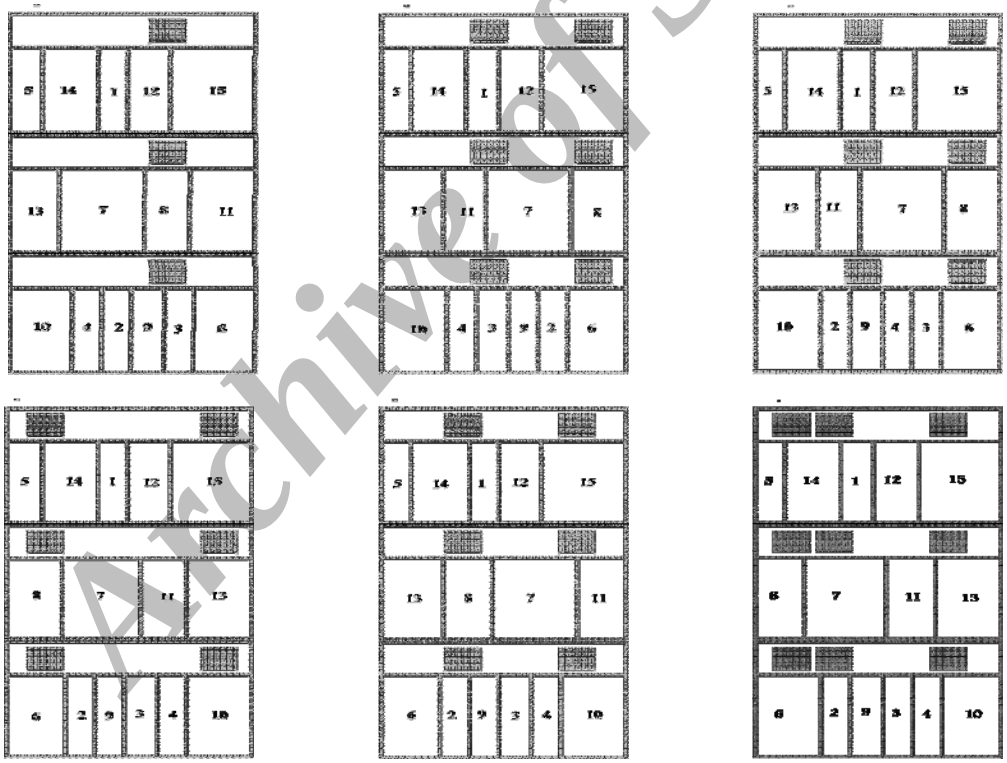
جدول ۳. مقایسه الگوریتم αهای مختلف

درصد استفاده از آسانسور مربوط به مسیر طولانی تر در زمان کمتر از ۶۰ ثانیه	مقدار تابع هدف	مقدار α
-	۲۲۲۰۰۰	۰/۱
٪۳۰	۲۲۷۲۰۰	۰/۳
٪۲۰	۲۲۹۷۰۰	۰/۵
٪۱۰	۲۳۲۲۰۰	۰/۷
٪۳۰	۲۳۴۱۰۰	۰/۹
٪۴۰	۲۳۵۷۰۰	۱

چیدمان‌های حاصل از تغییرات α، در شکل شماره ۸ مشخص می‌باشد. در شکل بالا سمت چپ α برابر ۰/۱ و به ترتیب تا شکل پایین سمت راست که α برابر ۱ می‌باشد ادامه پیدا می‌کند.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با پیشرفت صنعت وتوسعه کارخانه ها و همچنین استفاده روزافزون از ساختمان‌های چند طبقه در داخل شهرها، ارائه راهکاری که بتواند هزینه حمل و نقل را در این گونه ساختمان‌ها و کارخانه ها، حداقل سازد. یکی از مشکلات صنعتگران و طراحان ساختمان بوده است. هرچند که در طول این مدت روش‌های متعددی برای حل مسائل طراحی ساختمان‌های چند طبقه ارائه شده است، اما هیچکدام از کارایی لازم را نداشته وقابل استفاده در دنیای واقعی نمی باشند؛ وفقط از لحاظ تئوری و ریاضی قابل توجیح می‌باشند.
یکی از دستاوردهای این تحقیق حل کردن مساله طراحی چیدمان چند طبقه به گونه‌ای می‌باشد، که در عمل مورد استفاده قرارگیرد. یکی دیگر از دستاوردهای این تحقیق در نظر گرفتن زمان انتظار برای آسانسور وتاثیر آن بر حل مساله می‌باشد. در نظر گرفتن این فرض در کارخانه‌های موجب بالا رفتن راندمان تولید و در ساختمان‌های اداری موجب بالا رفتن رضایتمندی مشتریان می‌شود.



شکل ۸. تغییرات α در چیدمان دپارتمان ها

مراجع

[1] Russell, D., Meller, Yavuz A., Bozer. *"Alternative Approaches to Solve the Multi-Floor Facility Layout Problem"*, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 16, No.3, 1997.

[2] Ana Paula Barbpsa-Povpa, Ricardo Mateus, and Augusto Q. Novais. Optimal 3D layout of industrial facilities. int. j. prod. res., Vol. 40, No. 7, 2002, PP.1669-1698.

[3] Robin, S., Liggett. *"Automated Facilities Layout: Past, Present and Future"*, Automation in Construction; Vol. 9, 2000, PP. 197-215.

[4] Bozer, Y.A., Meller, R.D., Erlebacher, S.J., *"An Improvement-Type Layout Algorithm for Single and Multiple Floor Facilities"*, Management Science, Vol. 40, No.7, 1994; PP. 918-932.

[5] Kenichiro Matsuzaki, Takashi Irohara, Kazuho Yoshimoto. *"Heuristic Algorithm to Solve the Multi-*

Archive of SID
www.SID.ir

Floor Layout Problem with the Consideration of Elevator Utilization", Computers & Industrial Engineering, Vol. 36, 1999; PP. 487-502.

[6] Garey, M.R., Johnson, D.S., "*Computers and Interact Ability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*", Newyork: W H Freeman and Co. 1979.

[7] Kusiak, A., Heragu, S.S., "*The Facility Layout Problem"*, European Journal of operational research, Vol. 29, 1987; PP. 229-251.

[8] Johnson, R.V., "*SPACECRAFT for Multi-Floor Layout Planning"*, Management Science 1982, Vol 28, PP. 407-417.

[9] Meller, R.D., Bozer, Y.A., "*A New Simulated Annealing Algorithm for the Facility Layout Problem"*, International Journal of Production Research. Vol. 34, 1996; No. 6, PP. 1675-1692.

[10] Seehof, J.M., Evans, W.O., "*Automated Layout Design Program*", Journal of Industrial Engineering. Vol. 18, 1967; PP. 690-695.

[11] Donaghey, C.E., Pire, V.F., "*Solving the Facility Layout Problem with BLOCKPLAN"*, Huston TX: Industrial Engineering Dept. Univ. of Houston. 1990.

[12] Kaku, B.K., Thompson, G.L., Baybars, I., "*A Heuristic Method for the Multi-Story Layout Problem*". European Journal of Operational research. Vol. 37, 1988; PP. 384-397.

[13] Sue Abdinnour-Helm, Scott W. Hadley. Tabu search based heuristics for multi-floor facility layout. int. j. prod. res. Vol. 38, 2000, No. 2, PP. 365-383.

[14] Gero, J., Kazakov, V., "*Space Layout Problems Using Evolved Design Genes*", Artificial Intelligence in Eng. Vol. 12, No. 3, 1998, PP. 163–176.

[15] Kochhar, J.S., Heragu, S.S., "*Multi-Hope: a Tool for Multiple-Floor Layout Problems:*, int. j. prod. res. Vol. 36, No. 12, 1998, PP. 3421-3435.

[16] Dimitrios, I., Patsiatzis, Lazaros, G., Papageorgiou. "*Efficient Solution Approaches for the Multi floor Process Plant Layout Problem"*, Ind. Eng. Chem. Res. 2003, 42, PP. 811-824.

[17] Kyu-Yeul Lee, Myung-Il Roh, Hyuk-Su Jeong. "*An Improved Genetic Algorithm for Multi-&oor Facility Layout Problems Having Inner Structure Walls and Passages"*,. Computers & Operations Research 2005; 32, PP.879–899.

[18] J.M. Apple. Plant Layout Material Handling. NewYork: John Wiley & Sons, 1977.

[19] Francis, R.L., "*Facility Layout and Location: An Analytical Approach"*, Prentice Hall, PP. 179, 1974.

[20] Tam, KY., *A Simulated Annealing Algorithm for Allocating Space to Manufacturing Cells* 1992; 30(1): 63±87.

[21] Bao, G., Cassandras, C.G., Djaferis, T.E., Gandhi, A.D., Looze, D.P., "*Elevator Dispatchers for Down-Peak Traffic*," Elec. and Comp. Eng. Dept., Univ. Mass., Amherst, Tech. Rep., 1994.

[22] Gandhi, A.D., Cassandras, C.G., "*Optimal Control of Polling Models for Transportation Applications*," *J. Math. Computer Modeling*, Vol. 23, PP. 1–23, 1996.

[23] Hummet, G.T., Moser, T.D., Powell, B.A., "*Real-Time Simulation of Elevators,"* in Winter Simulation Conf., Miami Beach, FL, Dec. 4–6, 1978, PP. 393–402.

[24] Kim, C.B., Seong, K.A., Lee-Kwang, H., Kim, J.O., Lim, Y.B., "*A fuzzy Approach to Elevator Group Control System,"* IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Vol. 25, 1995, PP. 985–990.

[25] Pepyne, D.L., Looze, D.P., Cassandras, C.G., Djaferis, T.E., "*Application of Q-learning to Elevator Dispatching*," in Proc. IFAC'96 World Congr., 1996.

[26] Siikonen, M.L., "*Elevator Traffic Simulation,"* Simulation, Vol. 61, No. 4, 1993, PP. 257–267.

[27] David L. Pepyne, Christos G. Cassandras, "*Optimal Dispatching Control for Elevator Systems During Up Peak Traffic"* IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, VOL.5, NO.6, NOVEMBER, 1997.

[28] Zimmermann, G., Suter, G., "*A Multi-Floor topology to geometry transformation procedure based on shape functions"*.

[29] Barbosa-PoÂ voa, A. P.,Mateus, R. and Novais, A. Q., 2001, Optimal 2D Layout Design of Industrial facilities. *International Journal of Production Research*, 39(12), 2567±2593.

[30] Georgiadis, M. C., Rotstein, G. E. and Macchietto, S., 1997, Optimal layout design in multipurpose batch plants. *Industrial Engineering and Chemical Research*, 36(11), 4852±4863.

[31] J. Gero, V. Kazakov, Space layout problems using evolved design genes, Artificial Intelligence in Eng. 12 _3. _1998. 163–176.

[32] D. Tate, A. Smith, A genetic approach to the quadratic assignment problem, Computers Ops. Res.22_1_1995, 73–83.

[33] D. Tate, A. Smith, Unequal-area facility layout by genetic search, IIE Trans. 27 _4. 1995. 465–473.

[۳۴] نویفرت اطلاعات معماری داخلی؛ ارنست نویفرت و پیتر نویفرت؛ مترجم حسین ترشیزی؛ تهران: آزاده ،۱۳۸۱ .

[۳۵] استانداردهای جامع معماری داخلی و طراحی فضا؛ جوزف دی کیارا؛ مترجم امیر حسین سیفی، محمد رضا بیات؛ تهران: شهر آب: آینده سازان، ۱۳۸۰ .

[۳۶] مقررات ملی ساختمان، مبحث پانزدهم: آسانسورها و پله های برقی؛ تهیه کننده: دفتر تدوین وترویج مقررات ملی ساختمان، معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهر سازی؛ تهران: نشر توسعه ایران، ۱۳۸۰.

Archive of SID
www.SID.ir