بهینه‌سازی طرح استقرار جایگاه سوخت‌رسانی با کاربرد ابزار شبیه‌سازی در تئوری صف

صادق عابدی[*,۱]، رضا رادفر[۲]، ناصر حمیدی[۳]
[۱] دانشکده مدیریت و حسابداری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین (عهده‌دار مکاتبات)
[۲] دانشکده مدیریت- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
[۳] دانشکده مدیریت و حسابداری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۸ تاریخ داوری: بهمن ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۸

چکیده

بحران‌های انرژی در جهان و تقاضای روزافزون منابع سوختی چالش‌های متعددی را در سطح بین‌المللی به‌وجود آورده است. آمار و اطلاعات منتشره در سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد که ایران با مصرف بنزین ۱۹،۸۸۹ میلیون لیتر در سال با سرانه مصرفی، بیش از دو برابر میانگین مصرف جهانی، رتبه دهم در جهان را به خود اختصاص داده است. افزایش بی‌سابقه قیمت سوخت در طی سال‌های اخیر، بهینه‌سازی و مدیریت بر مصرف سوخت را امری ضروری نموده است.

در این مقاله سعی می‌شود با ارایه طرح بهینه چیدمان برای جایگاه‌های سوخت‌رسانی، دو هدف افزایش ظرفیت استفاده از ایستگاه سوخت و رضایت‌مندی مشتریان را پوشش دهد. ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش تکنیک‌های تئوری صف و ابزارهای شبیه‌سازی هستند.

کلمات کلیدی: جایگاه سوخت، تئوری صف، شبیه‌سازی، بهینه‌سازی.

۱- مقدمه

افزایش تعداد خودروها و وجود تعداد زیادی خودروی فرسوده، افزایش مدت انتظار در ترافیک و جایگاه سوخت، افزایش تعداد سفرهای درون شهری و برون شهری، کمبود وسائل حمل و نقل عمومی، عدم سامان‌دهی مناسب امکانات شهری و عدم بهره‌گیری از فن‌آوری‌های جدید، میزان روند صعودی مصرف بنزین را به‌عنوان یک چالش اساسی در کشور مطرح ساخته است، به‌طوری که سرانجام دولت با اجرای طرح سهمیه‌بندی بنزین در سال ۸۶ سعی کرد تا مصرف بنزین را کنترل کند. آمار و اطلاعات منتشر شده نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۳، ایران با مصرف بنزین ۱۹،۸۸۹ میلیون لیتر در سال (سرانه مصرف، دو برابر میانگین مصرف جهانی) رتبه دهم را در جهان به خود اختصاص داده است [۱]. همچنین مصرف این فراورده در سال ۱۳۸۵ در کشور ۲۶،۸۹۱ میلیون لیتر (معادل ۷۳،۶ میلیون لیتر در روز) رسید که نسبت به سال ۱۳۸۴ رشدی معادل ۹/۹ درصدی داشته است [۲]. در این میان در سال ۱۳۸۵ تهران با مصرفی معادل ۵،۹۰۸ میلیون لیتر (۱۶ میلیون لیتر در روز) بنزین رتبه نخست در کل مصرف این فراورده نفتی را در کشور به خود اختصاص داد [۳] که این امر یارانه‌ای معادل ۲۰،۶۷۸،۰۰۰ میلیون ریالی را بر دولت تحمیل نمود که سهمی بالغ بر ۲۲ درصدی از کل یارانه تخصیصی دولت در بخش مصرف بنزین در کشور است [۴]. در این زمینه با توجه به رشد نسبی مصرف سوخت در کشور با توجه به افزایش تعداد خودروهای تولیدی شاهد رشد جایگاه پمپ بنزین در کشور و به‌ویژه در شهرهای بزرگ بوده‌ایم. لذا طراحی بهینه احداث جایگاه سوخت‌رسانی جدید با هدف افزایش کارایی جایگاه برای ارائه خدمت و نیز بهره‌ورکردن جایگاه سوخت‌رسانی موجود با توجه به سرمایه‌گذاری سنگین احداث جایگاه سوخت به‌ویژه در شهرهای بزرگ با توجه به قیمت بالای زمین و خرید تجهیزات مربوط زمین در داخل کشور امری ضروری و اقتصادی تلقی می‌شود. در مجموع می‌توان گفت جانمایی نامناسب جایگاه‌های سوخت‌رسانی، نوع چیدمان پمپ‌های بنزین، کم بودن فاصله بین دو ردیف پمپ‌های بنزین، عدم داشتن فضای کافی برای خودروها در استفاده بهینه از تمامی پمپ‌ها و در نهایت نوع پمپ‌های داخلی که عمدتاً تک نازله هستند باعث به وجود آمدن صف‌های طولانی در ایستگاه‌های پمپ بنزین در داخل کشور شده که این امر علاوه بر به‌وجود آمدن صف‌های طولانی که به تبع آن افزایش مدت زمان انتظار افراد جهت دریافت خدمت، موجب هدر رفتن بنزین در ایستگاه‌ها به علت روشن بودن خودرو در زمان انتظار در صف می‌گردد. در ادامه ابتدا به بررسی انواع مدل‌های صف و سیستم‌های شبیه‌سازی در حل مسائل پرداخته می‌شود. سپس برای تحلیل شرایط سیستم موجود جایگاه سوخت‌رسانی و سیستم

* sadegh.abedi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

پیشنهادی، طراحی آزمایشات (شهر تهران به‌عنوان جامعه آماری منتخب) جهت تخمین توابع توزیع ورود افراد به سیستم و خدمت‌دهی صورت گرفت. در پایان با توجه به پیچیده بودن محاسبات ریاضی و محدودیت‌های مدل‌های صف (مدل صف G/G/C) در حل مدل در شرایط موجود و پیشنهادی، ما از نرم‌افزار شبیه‌سازی برای مدل‌سازی سیستم‌ها و تحلیل نتایج استفاده کردیم.

۲- مبانی نظری

نظریه صف[1] با کار تحقیقاتی مهندسی دانمارکی به نام ای. کی. ارلنگ[2] در سال ۱۹۰۹ آغاز گردید. در آن سال‌ها او مطالعات و انجام آزمایشات بر روی میزان افزایش و کاهش تقاضا در سیستم تلفن به بررسی عوامل و روابط موجود در سیستم مورد مطالعه پرداخت. هشت سال بعد او از جزئیات مطالعات صورت پذیرفته اتوماتیک کردن سیستم تلفن و نتایج حاصل از روابط موجود، که پایه و اساس تئوری‌های صف قرار گرفت منتشر ساخت. در پایان جنگ جهانی دوم او کاربرد استفاده از مدل‌های صف را در حوزه‌های عمومی و تجاری به سرعت گسترش داد [۵]. نظریه صف از قدیمی‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین تکنیک‌های تجزیه و تحلیل در خطوط انتظار است که استفاده می‌شود و ما همه روزه با آن مواجه هستیم.

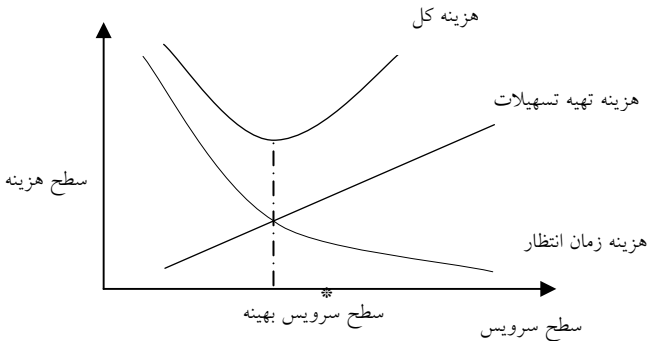
۲-۱- صف و رفتار هزینه‌ای[3]

به‌طور کلی ما علاقه نداریم که برای دریافت خدمات در صف انتظار بکشیم انتظار در صف جهت دریافت خدمت را دوست نداریم ولیکن کاهش مدت زمان انتظار معمولاً سرمایه‌گذاری زیادی را به همراه خواهد داشت. برای تصمیم گرفتن این سرمایه‌گذاری و تاثیر آن بر میزان زمان انتظار ما به مدل‌ها و تکنیک‌هایی برای تجزیه و تحلیل وضعیت سیستم مورد بررسی نیاز داریم.

ارتباط بین هزینه‌های انتظار، هزینه‌های ایجاد تسهیلات و همچنین کل هزینه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است [۶]. در این شکل مشاهده می‌گردد با افزایش سطح سرویس هزینه‌های انتظار (شامل هزینه‌های فرصت از دست‌رفته برای سیستم و هزینه‌های انتظار مشتریان) کاهش می‌یابد، اما هزینه‌های تهیه تسهیلات و تجهیزات افزایش می‌یابد. هدف مطالعه سیستم‌های صف حداقل کردن هزینه‌ها در حد امکان می‌باشد. مدل‌های صف بر خلاف مدل‌های موجودی یک حل بهینه واقعی به ما نمی‌دهد، بلکه توصیفی از شرح رویدادهایی که در تحت شرایط مطمئن در سیستم اتفاق می‌افتد ارائه می‌دهد.

مدل‌های صف بر حسب ماهیت کاربرد آنها در سیستم‌های تولیدی، حمل‌ونقل، سیستم‌های انبارداری، ارتباطات و سیستم‌های اطلاعات به طور وسیعی مورد استفاده می شود. مدل‌های صف مخصوصاً برای طراحی جانمایی، ظرفیت سنجی و کنترل بسیار مفید هستند. در ادامه به صورت

1- Queuing Theory
2- A. K. Erlang
3- Queuing and Cost Behavior



شکل (۱): ارتباط بین هزینه‌های انتظار، هزینه‌های ایجاد تسهیلات

محدود مدل‌های پایه‌ای صف و روابط مهم بین آنها را توضیح می‌دهیم.

۲-۲- انواع سیستم‌های صف بر حسب چیدمان فیزیکی[4]

در این تقسیم‌بندی سیستم‌های صف بر اساس دو عامل نوع کانال ورودی[5] و خدمت‌دهنده[6] مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد [۹]. اگر در ساده‌ترین سیستم صف یک کانال ورودی برای ورود مشتریان و یک خدمت‌دهنده سرویس دهد اصطلاحاً به این سیستم، سیستم تک کاناله و تک خدمته می‌گویند و در پیچیده‌ترین حالت سیستم صف ما، چندین کانال ورودی به سیستم و چندین خدمه (که سرویس‌های متفاوتی را عرضه می‌کنند) داریم که اصطلاحاً به سیستم چند کاناله[7] و خدمت‌دهنده چندگانه[8] معروف است. در شکل ۲ انواع عمومی سیستم‌های صف بر حسب چیدمان فیزیکی نشان داده شده است:

۲-۳- مدل‌های صف و نمادسازی کندال[9]

ساده‌ترین مدل پایه‌ای برای توصیف مدل صف که در بسیاری از فرایندهای عملیاتی، تجهیزات و ارتباطات استفاده می‌گردد، در شکل ۳ نمایش داده شده است.

از جمله قوانین موجود برای توصیف مدل صف عبارت است از [۱۰]:

- نرخ فرایند ورود مشتریان به سیستم[10]:

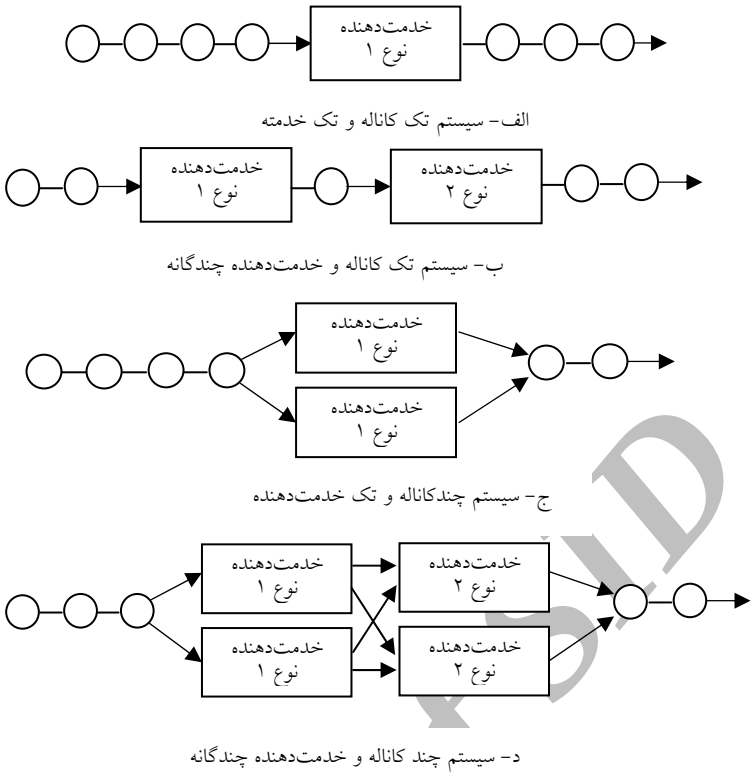
معمولاً ما فرض می‌کنیم که زمان ورود مشتریان سیستم صف مستقل از هم است و تابع توزیع ورود عمومی هستند. به‌طور معمول در خیلی از موقعیت‌های عملی مشتریان مطابق با نرخ پواسون وارد می‌شوند (توزیع نمایی). در این سیستم ممکن است مشتریان به صورت تک‌تک یا به صورت گروهی (مانند ورود مشتریان به ترن) وارد شوند.

- رفتار مشتریان[11]:

مشتریان ممکن است رفتارهای متفاوتی در درازمدت در صف انتظار از خود نشان دهند. ممکن است که طول صف مطلوبیت لازم برای ورود فرد

4- Physical Layout
5- Terms Channel
6- Server
7- Multi-Channel
8- Multi-Server
9- Kendall
10- The Arrival Process of Customers
11- The Behavior of Customers

Archive of SID
www.SID.ir



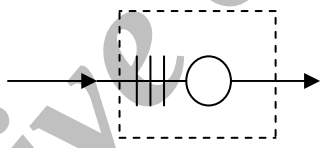
الف- سیستم تک کاناله و تک خدمته

ب- سیستم تک کاناله و خدمت‌دهنده چندگانه

ج- سیستم چندکاناله و تک خدمت‌دهنده

د- سیستم چند کاناله و خدمت‌دهنده چندگانه

شکل (۲): انواع سیستم‌های صف



شکل (۳): مدل پایه‌ای صف

به سیستم صف را نداشته باشد و فرد از ورود به سیستم انصراف دهد و یا اینکه در مواردی فرد در حین انتظار در صف سیستم را ترک نماید.

- زمان خدمت‌دهی[۱۲]:

معمولاً زمان خدمت را مستقل از هم درنظرگرفته و تابع توزیع آن را توزیع نمایی در نظر می‌گیرند. همچنین زمان خدمت‌دهی می‌تواند وابسته به طول صف باشد. به‌طور مثال نرخ فرایند کاری ایستگاه‌های کاری در خطوط تولیدی که می‌تواند بسته به تعداد محصولات در صف انتظار افزایش یا کاهش یابد.

- توالی خدمت‌دهی[۱۳]:

مشتریان می‌توانند به‌وسیله یک یا چند خدمت‌دهنده سرویس‌دهی شوند که در زیر به برخی سیستم‌های خدمت‌دهی اشاره شده است [۱۱]:

- نخستین ورود به سیستم، اولین خدمت را دریافت می‌نماید[۱۴].
- آخرین ورود به سیستم اولین سرویس را دریافت می‌نماید[۱۵].
- فرایند خدمت‌دهی بر اساس تصادفی
- فرایند خدمت‌دهی بر اساس اولویت مشتریان
- فرایند خدمت‌دهی بر اساس تقسیم انشعاب

- ظرفیت سیستم[۱۶]:

می‌تواند در قالب تک خدمت‌دهنده یا خدمت گروهی به مشتریان سرویس دهد.

- محدودیت ظرفیت سیستم[۱۷]:

با تعداد مشتریان در سیستم می‌تواند ارتباط داشته باشد. سیستم‌های صف ممکن است با تعداد مشتریان محدود ظرفیت داشته باشد. به عبارتی دیگر سیستم اجازه تشکیل صف از یک حد خاص را به مشتریان را اجازه نمی‌دهد. کندال، نمادی را به‌صورت اختصاری برای توصیف دامنه پارامترهای مدل‌های صف ارائه داده است [۱۲]. این نماد شامل سه کد به‌صورت a/b/c می‌باشد. اولین حرف نمایانگر توزیع زمان

12- The Service Times
13- Service Discipline
14- FIFO
15- LIFO
16- Service Capacity
17- The Service Capacity

Archive of SID
www.SID.ir

ورود مشتریان[18] به‌سیستم، دومین حرف بیانگر توزیع زمان خدمت‌دهی[19] می‌باشد. برای مثال برای توزیع‌های عمومی حرف G و برای توزیع نمایی توزیع M و برای زمان قطعی حرف D به کار برده می‌شود و سومین حرف نمایانگر تعداد خدمت‌دهنده‌های موجود در سیستم می‌باشد. از جمله مدل‌های عمومی مورد استفاده در تئوری‌های صف عبارت است از:M/M/1, M/M/C, M/D/1, M/G/1. این نمادها می‌توانند با سایر پارامترهای دیگر جهت پوشش دادن به سایر مدل‌های صف توسعه پیدا کنند. به‌طور مثال سیستم M/M/C/N نمایانگر مدل صفی است با توزیع زمان ورود و زمان خدمت‌دهی نمایی با C خدمت‌دهنده و نیز محدودیت ظرفیت سیستم برای N مشتری تعریف گردیده است. عموماً مدل‌های پایدار صف مدل‌های نمایی هستند که زمان بین دو ورود متوالی مشتریان (با آهنگ λ) و همچنین مدت زمان خدمت‌دهی (با میانگینμ) متغیر تصادفی نمایی می‌باشند. اهمیت اینگونه مدل‌ها در این است که می‌توان اکثر سیستم‌های صف در چارچوب این مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شود.

۲-۴- نرخ کارکردی سیستم

در یک سیستم تک خدمته G/G/1 با نرخ ورود λ و میانگین زمان خدمت E(B) میزان کار وارده شده در واحد زمان برابر با λE(B) می‌باشد. اگر نرخ ورود مشتری به سیستم بزرگتر از نرخ خدمت‌دهی به مشتریان باشد، مطابق رابطه ۱:

$\lambda E(B) < 1$ (۱)

ظرفیت سیستم جوابگوی کل تقاضا برای دریافت خدمت نبوده و لذا صف رفته رفته طولانی‌تر می‌شود و در نهایت طول صف به سمت بی‌نهایت میل می‌کند هنگامی که رابطه λE(B)=۱ برقرار گردد و به همین دلیل شرط λE(B)<۱ شرط پایداری جهت اکثر سیستم‌های صف است. به‌جز سیستم D/D/1 و سیستم‌هایی که با حالت‌های تصادفی نیستند و سیستم به‌صورت گروهی ارائه نمی‌شود، رابطه ۲ به صورت معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳]:

$\rho = \lambda E(B)$ (۲)

اگر ρ<۱ برقرار باشد آنگاه ρ نرخ کارکردی[20] یا ضریب بهره‌وری[21] نامیده می‌شود. این نسبت عملاً برابر نرخ ورود کار به داخل سیستم نسبت به افزایش ظرفیتی است که سیستم می‌تواند کار انجام دهد.

۲-۵- معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم‌های صف

برای ارزیابی نحوه عملکرد[22] سیستم‌های صف از معیارهای زیر بهره گرفته می‌شود [۱۴]:

- توزیع مدت زمان ورود افراد به سیستم صف و مدت زمان انتظار[23] مشتری در سیستم. مدت زمان انتظار مشتری nام در سیستم برابر با مدت زمان انتظار جهت دریافت خدمت به علاوه مدت زمان خدمت‌دهی می‌باشد.

$$T_s^{(n)} = T_l^{(n)} + S_n \quad (۳)$$

- توزیع تعداد مشتریان موجود در سیستم (به انضمام تعداد افراد در سیستم خدمت‌دهی)

- تخمین توزیع مدت زمان خدمت‌دهی که شامل جمع زمان سرویس در هنگامی که مشتریان در حال دریافت خدمت هستند و زمان سرویس‌دهی باقیمانده سایر مشتریان که در صف انتظار هستند.

در نهایت با توجه به پارامترهای فوق با استفاده از میانگین زمان انتظار[24] و میانگین زمان خدمت‌دهی[25] می‌توانیم عملکرد سیستم را اندازه‌گیری کنیم. حال با توجه به مدل صف G/G/C چنانچه متغیر تصادفی L(t) بیانگر تعداد مشتریان موجود در سیتم در زمان t و S_n بیانگر زمان انتظار n مشتری در سیستم می‌باشد. تحت فرض ضریب بهره‌وری $\rho < 1$ آنگاه با فرض اینکه $n \to \infty$ و $t \to \infty$ می‌توان نشان داد که متغیر تصادفی L(t) یک توزیع حدی دارد. با فرض اینکه متغیرهای تصادفی L و S دارای توزیع حدی به نام L(t) و S_n باشند آنگاه p_k احتمال وجود k نفر در سیستم در دراز مدت عبارت است از:

$$p_k = P(L = K) = \lim_{t\to\infty} P(L(t) = K) \quad (۴)$$

$F_s(X)$ احتمال اینکه زمان انتظار یک مشتری دلخواه در سیستم کوچکتر از x واحد زمانی باشد:

$$F_s(X) = P(S \le x) = \lim_{n\to\infty} P(S_n \le x) \quad (۵)$$

همچنین طبق رابطه ۶ و ۷ میانگین تعداد مشتریان موجود در سیستم در یک بازه زمانی [0,t] و نیز میانگین زمان خدمت‌دهی در بلندمدت برابر است با $E(L)$ و $E(S)$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{1}{t} \int_{x=0}^{t} L(X)\,dx = E(L) \quad (۶)$$

$$\lim_{n\to\infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} S_K = E(S) \quad (۷)$$

دو پارامتر به‌دست آمده از معادلات فوق در تجزیه و تحلیل سیستم‌های صف کاربرد اساسی دارند. همچنین طبق قانون لیتل[26] رابطه بسیار مهمی بین $E(L)$ (میانگین تعداد مشتریان در سیستم)، $E(S)$ (میانگین زمان انتظار) و λ (میانگین تعداد مشتریانی که در واحد زمان وارد سیستم صف می‌شوند) وجود دارد که طبق رابطه ۸ نشان داده شده است [۱۵]:

$$E(L) = \lambda E(S) \quad (۸)$$

18- Inter Arrival Time Distribution
19- Service Time Distribution
20- Occupation Rate
21- Utilization
22- Performance
23- Waiting Time
24- Mean Waiting Time
25- Mean Sojourn Time
26- Little's Law

Archive of SID
www.SID.ir

۳- شبیه‌سازی

از شبیه‌سازی[۲۷] تعاریف زیادی ارائه شده است اما جامع‌ترین و کامل‌ترین تعریف را شانون ارائه داده است [۱۶]. شانون شبیه‌سازی را چنین تعریف می‌کند «شبیه‌سازی عبارت است از فرآیند طراحی مدلی از سیستم واقعی و انجام آزمایش‌هایی با این مدل است که با هدف پی‌بردن به رفتار سیستم یا ارزیابی استراتژی‌های گوناگون برای عملیات سیستم، صورت می‌گیرد.» بنابراین درمی‌یابیم که فرآیند شبیه‌سازی، هم شامل ساختن مدل و هم شامل استفاده تحلیلی از آن برای مطالعه یک مسئله است. در تعریف فوق، سیستم واقعی به معنای سیستمی که وجود دارد یا قابلیت ایجاد شدن را دارد، به کار رفته است. روش‌های تحلیل ریاضی هر جا که ممکن باشد، مطلوب‌ترین و دقیق‌ترین روش‌ها برای مطالعه سیستم‌ها هستند، زیرا این روش‌ها معمولاً با کمترین کوشش، جواب‌ها یا نتایجی را تولید می‌کنند که برای مقادیر مختلف پارامترهای مدل قابل محاسبه بوده و میزان دقت آنها صددرصد است. اما جایی که روش‌های تحلیلی، به‌علت پیچیدگی مدل‌ها نیاز به تولید واقعی‌تر رفتار سیستم غیر عملی است، روش‌های مطالعه سیستم از طریق شبیه‌سازی مطرح می‌گردد. شبیه‌سازی به‌عنوان آزمایش کردن با مدل یک سیستم واقعی تعریف می‌شود. یک مسئله آزمایشی، موقعی پدید می‌آید که به اطلاعات به‌خصوصی درباره یک سیستم نیاز بوده و آنها را از منابع موجود نتوان تهیه کرد. در صورت وجود یک یا چند شرط از شرایط زیر، تحلیل‌گر می‌تواند از شبیه‌سازی استفاده کند [۱۶]:

۱- تدوین ریاضی کاملی از مسئله وجود نداشته، یا برای حل مدل ریاضی هنوز روش‌های تحلیل به وجود نیامده باشد.

۲- روش‌های تحلیلی وجود داشته اما شیوه‌های ریاضی آن قدر پیچیده و سخت باشند که شبیه‌سازی، روشی ساده‌تر برای حل مسئله به حساب آید.

۳- علاوه بر برآورد پارامترهای خاص، مشاهده گذشته در طول دوره‌ای از زمان مطلوب باشد.

۴- ممکن است به علت مشکلات موجود در انجام آزمایش‌ها و مشاهده پدیده‌ها در محیط واقعی آنها، شبیه‌سازی تنها راه ممکن باشد. ایجاد یک سازمان جدید مثالی از این حالت است.

۴- بیان مسئله پژوهش

در گام نخست برای بررسی میزان ارتباط مدت زمان حضور افراد در صف با تعداد پمپ‌های موجود در جایگاه سوخت‌رسانی از تهران (جامعه آماری) نمونه‌هایی جهت تحلیل به‌شرح زیر جمع‌آوری گردید: (مدت زمان انتظار بر حسب دقیقه می‌باشد).

جدول (۱): رابطه مدت زمان حضور افراد در صف با تعداد پمپ‌های موجود

شماره جایگاه	تعداد پمپ بنزین	مدت زمان انتظار
۱۷۷	۲۴	۷
۱۸۲	۲۲	۱۴
۱۷۸	۲۰	۱۵
۱۴۷	۱۴	۱۶
۱۴۹	۱۲	۲۰

با استفاده از رابطه ۹ و ۱۰ زیر جهت محاسبه ضریب همبستگی داریم [۷]:

$$r = \frac{n.\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n.\sum x^2{}_i - (\sum x_i)^2}.\sqrt{n.\sum y^2{}_i - (\sum y_i)^2}} \quad (۹)$$

$$r = \frac{5\times1240-(92)(72)}{\sqrt{5\times1800-(92)^2}.\sqrt{5\times1126-(72)^2}} = \frac{-424}{\sqrt{536}.\sqrt{446}} = -0.88 \quad (۱۰)$$

چون $-1 < r < 0$ است بین دو متغیر تعداد پمپ بنزین و مدت زمان انتظار همبستگی خطی منفی است و برای محاسبه میزان وابستگی موجود بین این دو متغییر طبق رابطه زیر داریم:

$$R^2 = r^2 = (-0.87)^2 = 0.76 \quad (۱۱)$$

علی‌رغم اینکه انتظار داشتیم رابطه بسیار شدیدتری بین تعداد پمپ‌های بنزین و مدت زمان انتظار وجود داشته باشد، بر اساس محاسبات فوق مشاهده گردید فقط ۷۶ درصد تاثیرگذار است و ۲۴ درصد از تغییرات آن به سایر عوامل بستگی دارد. با بررسی‌های به عمل آمده بر روی جایگاه‌های مختلف پمپ بنزین، سایر عوامل تأثیرگذار بر مدت زمان انتظار در سیستم صف به‌ترتیب اولویت به شرح ذیل آمده است:

- نوع چیدمان[۲۸] پمپ‌های بنزین در جایگاه
- تعداد سکوهای موجود یا به‌عبارتی تعداد انشعاب‌های فرعی صف
- جانمایی[۲۹] محل احداث جایگاه
- نوع پمپ‌های بنزین (تک نازله و دو نازله)
- سرعت خدمت‌دهی پمپ‌ها (نرخ خروج بنزین از نازل)
- سایر عوامل (سوخت‌گیری موتور سیکلت‌ها، سوخت‌گیری افراد متفرقه جهت دریافت بنزین اضطراری، خرابی پمپ‌ها و غیره)

حال با توجه به موارد ۱ و ۲ ذکر شده هدف در این تحقیق طراحی چیدمان پیشنهادی جایگاه‌های سوخت‌رسانی چگونه بر عوامل زیر تأثیرگذاری می‌کند؟

- بر کارایی جایگاه و ضریب بهره‌وری پمپ‌ها
- رضایت‌مندی[۳۰] مراجعین

27- Simulation

28- Layout
29- Location

Archive of SID
www.SID.ir

- مدت زمان حضور در سیستم و متوسط حضور در صف
- افزایش منافع ملی

۵- عوامل تأثیرگذار برونی بر سیستم صف در جایگاه سوخت

برای شروع عمل زمان‌سنجی و تهیه نمونه‌هایی به منظور محاسبه مدت زمان انتظار در صف پارامترهایی دخیل هستند که باید برای شروع زمان‌سنجی تأثیرات آنها بررسی شود. در واقع این عوامل بر تشکیل‌های صف‌های انتظار مدت زمان انتظار در صف تأثیر مستقیم خواهد داشت.

۵-۱- عامل اول: ایام هفته

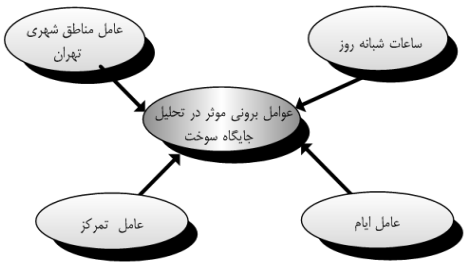
مسلماً یکی از عوامل تأثیرگذار بر تشکیل صف‌های انتظار در جایگاه پمپ بنزین، شلوغ و خلوت شدن آن در ایام هفته خواهد بود. برای اثبات این حرف کافی است طول صف‌های انتظار در روزی مثل شنبه و در ساعت‌های ابتدایی صبح که ماشین‌های مختلف پس از یک روز تعطیل و مصرف شدن بنزین اتومبیل‌ها در این روز و در نتیجه سوخت‌گیری برای شروع یک هفته کاری اقدام می‌کنند با روزی مثل سه‌شنبه که یک روز خلوت‌تری نسبت به روزهای دیگر هفته است مقایسه کنیم. پس عامل ایام هفته را به دو سطح تقسیم می‌کنیم. اگر عامل مدت زمان انتظار در صف در روزهای هفته را با X_i نشان دهیم i به روزهای شلوغ ($i=1$) و روزهای خلوت هفته ($i=2$) در ایام هفته تقسیم می‌شود.

۵-۲- عامل دوم: ساعات شبانه روز

ساعات شبانه روز هم بر ویژگی مورد بررسی ما تأثیر مستقیم خواهد گذاشت. مسلماً میزان تشکیل صف در ساعات پایانی یک روز (پیک زمان دریافت سوخت) که ماشین‌ها برای سوخت‌گیری اقدام می‌کنند با ساعات صبح همان روز تفاوت فاحش خواهد داشت پس اگر عامل مدت زمان انتظار در صف در ساعات شبانه روز را با X_j نشان دهیم j به ساعات شلوغ ($j=1$) و ساعات خلوت ($j=2$) در شبانه روز تقسیم می‌شود.

۵-۳- عامل سوم: مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

با توجه قوانین راهنمایی و رانندگی و ترافیکی به سه منطقه طرح ترافیک، زوج و فرد و آزاد تقسیم‌بندی شده است که ما برای راحتی کار در طراحی آزمایش‌ها[31] این عامل را در سه سطح به‌صورت زیر تقسیم‌بندی کرده‌ایم. پس اگر عامل مدت زمان انتظار در صف در مناطق ۲۲ گانه تهران را با X_k نشان دهیم K به طرح ترافیک ($k=1$)، طرح زوج و فرد ($k=2$) و آزاد ($k=3$) از لحاظ مکانی تقسیم می‌شود. در شکل ۴ نمایی شماتیک از ارتباط عوامل برونی موثر در تحلیل جایگاه سوخت مشاهده می‌گردد:



شکل (۴): عوامل برونی موثر در تحلیل جایگاه سوخت

۵-۴- تمرکز تعداد ماشین‌های موجود در یک منطقه

بنا به دلایل مختلف منطقه‌ای که به لحاظ تمرکز و تراکم تعداد ماشین‌ها، یک منطقه نسبتاً خلوت به حساب آید (برای توضیح بیشتر یک جایگاه پمپ بنزین را در نظر بگیرید در مسیر بین شهری و در یک جاده ارتباطی بین دو شهر واقع شده است و به لحاظ جمعیتی یک منطقه تقریباً خالی از جمعیت است) اگر چه کلیه عوامل سه گانه فوق که بر تشکیل صف اثرگذار خواهند وجود دارد اما به دلیل نبودن ماشین زیاد در این منطقه عوامل فوق بی‌تأثیر یا کم‌تأثیر خواهد بود در واقع می‌توان گفت ماشینی وجود ندارد که صفی تشکیل شود پس اگر عامل تمرکز تعداد ماشین‌های موجود در یک منطقه در تهران را با X_p نشان دهیم p به مناطق با تمرکز ماشین زیاد ($p=1$)، مناطق با تمرکز ماشین زیاد ($p=2$) تقسیم می‌شود.

۵-۵- محاسبه حجم نمونه

برای شروع عمل نمونه‌گیری با توجه به داشتن ۴ عامل که سه عامل دو سطحی و یک عامل سه سطحی است به‌طور کل ۲۴ اجرا برای نمونه‌گیری خواهیم داشت [۸]:

تعداد اجرا = $۲^۳ \times ۳ = ۲۴$

برای محاسبه حجم نمونه از یک آزمون فرض آماری دیگر استفاده می‌کنیم. در حال حاضر میانگین زمان انتظار در پمپ بنزین‌های شهر تهران با توجه به وضعیت فعلی استقرار چیزی در حدود ۱۲ دقیقه با انحراف معیار ۲ دقیقه است و ما مدعی هستیم که با اجرای طرح فوق میانگین زمان انتظار را به ۷ دقیقه خواهیم رساند. پس با توجه به برآورد زمانی تخمین زده شده، آزمون فرض خود را اینگونه تعریف می‌کنیم:

H0 : میانگین زمان انتظار ۱۲ دقیقه است

H1 : میانگین زمان انتظار۷ است

هم اکنون با توجه به آزمون فرض فوق می‌خواهیم ادعای خود را در سطح اطمینان ۹۵٪ (α=٪۵) و توان ۰/۹۷۵ (β=۰/۰۲۵) آزمون کنیم. برای محاسبه حجم نمونه از رابطهٔ زیر استفاده کرده و خواهیم داشت [۶]:

$$n = \frac{\left(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta} \right)^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_0)^2}$$

30- Satisfaction
31- DOE

Archive of SID
www.SID.ir

$$n = \frac{(1.96 + 1.96)^2 * 4}{(12 - 7)^2} \approx 3$$

یعنی برای هر اجرا در جدول زیر باید ۳ نمونه گرفته شود یعنی در کل به حداقل ۷۲ نمونه نیاز داریم.

۵-۶- گردآوری داده‌ها و تخمین توابع توزیع

برای تخمین تابع توزیع ورود خودروها به صف، با توجه به طراحی آزمایش‌ها صورت گرفته در مراحل قبل، فاصله زمانی بین دو ورود متوالی خودروها در جایگاه‌های مختلف در پیوست ۱ آورده شده است.

برای تخمین تابع توزیع ورود خودروها به سیستم صف از نرم‌افزار تخصصی تحلیل‌گر داده‌ها[۳۲] استفاده نمودیم که خروجی نتایج حاصل از تحلیل نتایج بر حسب اولویت در پیوست ۱ نمایش داده شده است.

با توجه به پارامتر کمترین مجذور مربعات خطا، تابع توزیع ورود خودروها مطابق شکل ۵ نرمال با میانگین ۱۵.۶ ثانیه و انحراف معیار ۴.۳۲ تخمین زده می‌شود.

۵-۷- تخمین تابع توزیع مدت زمان خدمت‌دهی

همچنین با توجه به طراحی آزمایشات صورت گرفته در مراحل قبل، مدت زمان خدمت‌دهی در جایگاه‌های مختلف در پیوست ۲ آورده شده است.

Function	Sq Error
Normal	0.00781
Poisson	0.0079
Weibull	0.00822
Beta	0.00911
Gamma	0.0105
Erlang	0.011
Triangular	0.0115
Lognormal	0.0149
Uniform	0.0305
Exponential	0.0434

شکل (۵): تخمین توابع توزیع ورود

برای تخمین تابع توزیع مدت زمان خدمت‌دهی در سیستم صف از نرم‌افزار تخصصی تحلیل‌گر داده‌ها استفاده نمودیم که خروجی نتایج حاصل از تحلیل نتایج در زیر نمایش داده شده است:

Function	S q Error
Normal	0.00276
Beta	0.00558
Weibull	0.00932
Triangular	0.0126
Erlang	0.022
Gamma	0.0253
Uniform	0.0636
Lognormal	0.0837
Exponential	0.0928

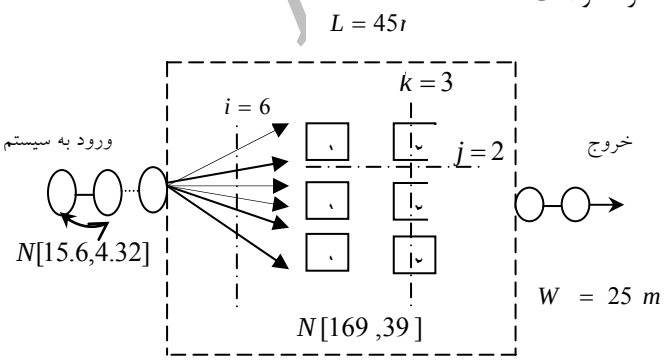
شکل (۶): تخمین توابع توزیع خدمت‌دهی

32- Arena Professional Software

با توجه به پارامتر کمترین مجذور مربعات خطا، تابع توزیع مدت زمان خدمت‌دهی، نرمال با میانگین ۱۶۹ ثانیه و انحراف معیار ۳۹ تخمین زده می‌شود.

۶- تحلیل وضعیت سیستم موجود جایگاه سوخت‌رسانی

چیدمان پمپ‌های بنزین در جایگاه‌های موجود در کشور طوری طراحی و احداث شده‌اند که خودروها پس از اتمام سوخت‌گیری در خروج از سیستم (به‌جز خودروهایی که از اولین پمپ جلو در هر سکو سوخت‌گیری می‌کنند) از آزادی عمل ندارند که این امر باعث آن می‌گردد که نه تنها میانگین زمان سوخت‌گیری خودروهایی که از پمپ‌های عقب‌تر خدمت دریافت می‌کنند با گذشت زمان بیش از میانگین زمانی است که واقعاً سوخت‌گیری می‌کنند، بشود بلکه در شرایطی امکان دارد که با اینکه خودروهایی که از اولین پمپ جلو در هر سکو سوخت‌گیری کردند و از سیستم خارج شدند خودروهای داخل صف نمی‌توانند به دلیل محدودیت لی‌اوت وارد جایگاه پمپ خالی شوند و باید صبر کنند تا عملیات سوخت‌گیری خودروی عقب‌تر (دومین پمپ در سکو) به پایان برسد که بر مدت زمان انتظار در صف تاثیرگذار خواهد بود. مدل صف سیستم موجود از یک صف اصلی که غالباً خارج از فضای تخصیص یافته داده شده به جایگاه می‌باشد (به‌دلیل کوچک بودن فضای جایگاه) تشکیل شده است که طبق محاسبات صورت پذیرفته تابع توزیع زمان بین دو ورود خودرو نرمال با میانگین ۱۵.۶ ثانیه و انحراف معیار ۴.۳۲ می‌باشد. سپس خودروها پس از طی زمان معین وارد انشعابات فرعی صف می‌شوند. لازم به ذکر می‌باشد انتخاب انشعابات برای فرد تصمیم‌گیرنده بر اساس کوتاه‌ترین انشعاب فرعی می‌باشد و در مرحله آخر جهت دریافت سوخت وارد محل سوخت‌گیری (سکوها) می‌شوند که تابع توزیع زمان خدمت نرمال با میانگین ۱۶۹ ثانیه و انحراف معیار ۳۹ تخمین زده شده است. نهایتاً پس از اتمام سوخت‌گیری در صورت عدم محدودیت خروج، از سیستم خارج می‌شوند. در شکل ۷ نمایی شماتیک از جایگاه موردی موجود به مساحت $L*W$ و تعداد n پمپ بنزین (شامل ۶ پمپ دو نازله) برای تحلیل نشان داده شده است. لازم به ذکر است در شکل زیر i و k و j به ترتیب شامل تعداد انشعابات فرعی، تعداد سکوها، تعداد پمپ در هر سکو است.



شکل (۷): نمایی شماتیک از جایگاه موردی موجود سوخت‌رسانی

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به دو عامل زیر جهت تحلیل سیستم از نرم‌افزار شبیه‌سازی استفاده نمودیم:

۱- با توجه به تابع زمان بین دو ورود متوالی به سیستم و تابع توزیع مدت زمان خدمت‌دهی هر دو نرمال می‌باشند و تعداد پمپ‌ها ۱۲ عدد می‌باشد پس مدل صف ما G/G/12 می‌باشد که عملاً محاسبات آن به صورت دستی بسیار پیچیده می‌باشد.

۲- با توجه به محدودیت‌های موجود در مدل جایگاه سوخت‌رسانی موجود (محدودیت‌های خروج از سیستم).

نتایج حاصل از تحلیل سیستم فوق در یک بازه زمانی ۸ ساعته در یک روز با استفاده از نرم‌افزار تخصصی شبیه‌سازی[۳۳] طبق جدول ۲ به‌دست آمده است:

جدول (۲): نتایج حاصل از تحلیل سیستم موجود

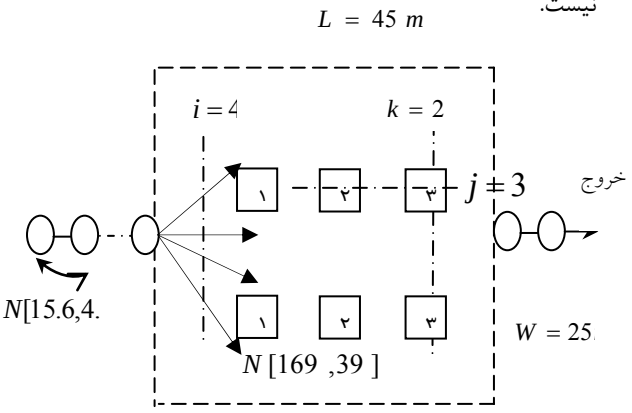
واحد	مقدار	پارامتر	عنوان
ثانیه	۵۹۰	Wq	میانگین مدت زمان مشتریان در صف
نفر	۳۸	Lq	متوسط تعداد افراد در صف
نفر	۶۸	$Lq\max$	ماکزیمم طول صف
درصد	۸۸	ρ	میزان بهره وری سیستم
نفر	۱۷۰۰	$X'(t)$	تعداد کل خودروهایی که تا لحظه t از سیستم خدمت گرفته اند
عدد	۱۲	N	تعداد پمپ بنزین های موجود
ردیف	۶	i	تعداد انشعابات صف
عدد	۲	j	تعداد پمپ در هر سکو
ردیف	۳	k	تعداد سکو
متر مربع	۴۰×۲۵	S	مساحت جایگاه

۷- تحلیل وضعیت طرح جانمایی پیشنهادی جایگاه سوخت‌رسانی

در مدل پیشنهادی بر اساس رفع محدودیت سیستم موجود پایه‌گذاری گردیده است. چنانچه با افزایش فاصله بین دو سکوی سوخت‌گیری بتوان آزادی عمل در خروج خودروها از سیستم بعد از اتمام سوخت‌گیری را به وجود آمده است طراحی گردیده است. در این لی-اوت پیشنهادی با حذف یک سکو از جایگاه و تخصیص پمپ‌های مربوطه به دو سکوی دیگر، کارایی سیستم را به ماکزیمم خود در ارائه خدمت و کاهش مدت زمان انتظار می‌رساند. لازم به ذکر است با بررسی‌های صورت گرفته بر روی جایگاه سوخت‌رسانی در شهر، امکان افزایش طولی سکوها (با توجه به فضای آزاد طولی) جهت تخصیص بیشتر پمپ‌ها امری امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به دو عامل زیر جهت تحلیل سیستم از نرم‌افزار شبیه‌سازی استفاده نمودیم:

۱- روش‌های تحلیلی برای حل مدل وجود داشته اما شیوه‌های ریاضی آن قدر پیچیده و سخت باشند که شبیه‌سازی، روشی ساده‌تر برای حل مسئله به حساب آید.

۲- پیاده‌سازی مدل در واقعیت به علت هزینه بالای احداث جایگاه بر اساس مدل پیشنهادی عملاً امکان‌پذیر نبوده و نمونه مشابه آن موجود نیست.



شکل (۸): نمایی شماتیک از سیستم پیشنهادی سوخت‌رسانی

نتایج حاصل از تحلیل سیستم پیشنهادی در یک بازه زمانی ۸ ساعته در یک روز با استفاده از نرم‌افزار تخصصی شبیه‌سازی ذکر شده طبق جدول ۳ به‌دست آمده است:

جدول (۳): نتایج حاصل از تحلیل سیستم پیشنهادی

واحد	مقدار	پارامتر	عنوان
ثانیه	۳۰	Wq	میانگین مدت زمان مشتریان در صف
نفر	۱	Lq	متوسط تعداد افراد در صف
نفر	۶	$Lq\max$	ماکزیمم طول صف
درصد	۹۵	ρ	میزان بهره وری سیستم
نفر	۱۸۲۵	$X'(t)$	تعداد کل خودروهایی که تا لحظه t از سیستم خدمت گرفته اند
عدد	۱۲	N	تعداد پمپ بنزین‌های موجود
ردیف	۴	i	تعداد انشعابات صف
عدد	۳	j	تعداد پمپ در هر سکو
ردیف	۲	k	تعداد سکو
متر مربع	۴۰×۲۵	S	مساحت جایگاه

۸- نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین چالش‌های موجود در شهرهای بزرگ جهان، میزان مصرف سوخت خودروها به لحاظ کاهش ذخایر منابع انرژی فسیلی و میزان آلاینده‌های ایجاد شده به‌وسیله آنها در محیط اطراف به لحاظ مسایل زیست محیطی است. لذا پژوهش در جهت ارائه راه‌کارهایی عملیاتی در برای کاهش مصرف سوخت که به تبع آن بتوانیم میزان آلاینده‌های خروجی از خودروها را کاهش داد، امری ضروری و اقتصادی تلقی می‌شود. در این میان شهر تهران یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش ابتدا با تحلیل سیستم‌های صف در جایگاه سوخت موجود میزان مصرف سوخت در صف انتظار محاسبه گشته و سپس با ارائه یک طرح استقرار بهینه چیدمان در جایگاه سوخت میزان کاهش مصرف ناشی از افزایش کارایی

33-Show Flow professional Software

Archive of SID
www.SID.ir

جایگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. خلاصه نتایج بین وضعیت جایگاه موجود و طرح پیشنهادی در جدول ۴ آورده شده است:

جدول (۴): خلاصه نتایج بین وضعیت جایگاه موجود وپیشنهادی

عنوان	پارامتر	مقدار		واحد
		وضعیت پیشنهادی	وضعیت موجود	
میانگین مدت زمان مشتریان در صف	Wq	۳۰	۵۹۰	ثانیه
متوسط تعداد افراد در صف	Lq	۱	۳۸	نفر
ماکزیمم طول صف	$Lq\max$	۶	۶۸	نفر
میزان بهره وری سیستم	ρ	۹۵	۸۸	درصد
تعداد کل خودروهایی که تا لحظه t از سیستم خدمت گرفته اند	$X'(t)$	۱۸۲۵	۱۷۰۰	نفر
تعداد پمپ بنزین‌های موجود	N	۱۲	۱۲	عدد
تعداد انشعابات صف	i	۴	۶	ردیف
تعداد پمپ در هر سکو	j	۳	۲	عدد
تعداد سکو	k	۲	۳	ردیف
مساحت جایگاه	S	۴۰×۲۵	۴۰×۲۵	متر مربع

با توجه به جدول مقایسه‌ای فوق مشاهده می‌گردد که با اجرای طرح لی‌اوت پیشنهادی جایگاه سوخت‌رسانی بنزین، در همان فضای اولیه بهره‌وری سیستم حدود ۱۰ درصد افزایش پیدا کرده و میانگین مدت زمان انتظار افراد در صف از ۱۰ دقیقه به کمتر از یک دقیقه کاهش پیدا کرده است که این امر علاوه بر کاهش قابل ملاحظه در میزان زمان انتظار و صرفه‌جویی در میزان سوخت مصرفی در حین مدت زمان حضور خودروها در صف، میزان خودروهایی که در همان بازه زمانی خدمت گرفته‌اند را حدود ۱۲۵ عدد افزایش می‌دهد که خود دلیلی بر کارا بودن سیستم پیشنهادی نسبت به سیستم‌های موجود است

پیوست (۱): داده‌های مربوط به فاصله زمانی بین دو ورود متوالی خودروها

فاصله زمانی بین دو ورود متوالی خودروها (بر حسب ثانیه)

ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت
۱	۱۴	۱۱	۱۴	۲۱	۱۰	۳۱	۱۰	۴۱	۱۷	۵۱	۱۸	۶۱	۱۰	۷۱	۱۳	۸۱	۱۳	۹۱	۱۷
۲	۱۵	۱۲	۲۰	۲۲	۱۱	۳۲	۱۱	۴۲	۱۴	۵۲	۱۸	۶۲	۱۶	۷۲	۱۷	۸۲	۲۰	۹۲	۲۰
۳	۱۳	۱۳	۱۹	۲۳	۲۴	۳۳	۱۹	۴۳	۱۶	۵۳	۱۲	۶۳	۱۱	۷۳	۱۴	۸۳	۱۲	۹۳	۲۶
۴	۱۶	۱۴	۱۶	۲۴	۹	۳۴	۱۷	۴۴	۱۱	۵۴	۲۱	۶۴	۱۶	۷۴	۲۰	۸۴	۲۵	۹۴	۲۸
۵	۱۶	۱۵	۲۰	۲۵	۱۹	۳۵	۱۴	۴۵	۱۴	۵۵	۱۵	۶۵	۶	۷۵	۱۷	۸۵	۱۵	۹۵	۲۲
۶	۱۲	۱۶	۱۳	۲۶	۱۶	۳۶	۲۰	۴۶	۱۹	۵۶	۱۰	۶۶	۱۶	۷۶	۱۲	۸۶	۱۱	۹۶	۱۴
۷	۱۷	۱۷	۸	۲۷	۱۵	۳۷	۱۸	۴۷	۱۳	۵۷	۱۶	۶۷	۱۰	۷۷	۲۱	۸۷	۱۶	۹۷	۲۴
۸	۱۵	۱۸	۱۳	۲۸	۲۰	۳۸	۱۰	۴۸	۲۰	۵۸	۱۸	۶۸	۱۰	۷۸	۷	۸۸	۱۶	۹۸	۱۶
۹	۱۵	۱۹	۱۵	۲۹	۱۵	۳۹	۹	۴۹	۱۵	۵۹	۲۳	۶۹	۹	۷۹	۱۳	۸۹	۲۳	۹۹	۹
۱۰	۲۲	۲۰	۱۶	۳۰	۱۶	۴۰	۱۷	۵۰	۱۷	۶۰	۱۴	۷۰	۱۴	۸۰	۱۵	۹۰	۲۱	۱۰۰	۱۵

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست (۲): داده‌های مربوط به مدت زمان خدمت‌دهی

مدت زمان خدمت‌دهی (بر حسب ثانیه)

ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت	ردیف	مدت
۱	۲۴۷	۱۱	۱۴۴	۲۱	۱۸۰	۳۱	۱۷۰	۴۱	۱۲۰	۵۱	۱۲۰	۶۱	۱۲۵	۷۱	۱۳۰	۸۱	۱۴۰	۹۱	۱۹۰		
۲	۱۸۱	۱۲	۱۲۰	۲۲	۲۱۹	۳۲	۱۶۹	۴۲	۲۳۸	۵۲	۲۲۳	۶۲	۲۰۵	۷۲	۱۹۰	۸۲	۱۱۰	۹۲	۱۱۲		
۳	۳۰۶	۱۳	۱۹۱	۲۳	۱۸۲	۳۳	۱۷۵	۴۳	۱۵۱	۵۳	۶۷	۶۳	۸۵	۷۳	۱۹۵	۸۳	۱۷۵	۹۳	۱۴۰		
۴	۱۹۰	۱۴	۱۷۰	۲۴	۱۱۸	۳۴	۱۷۹	۴۴	۲۰۵	۵۴	۱۹۲	۶۴	۱۴۳	۷۴	۱۷۰	۸۴	۱۴۶	۹۴	۱۸۶		
۵	۲۲۰	۱۵	۲۱۰	۲۵	۲۷۷	۳۵	۱۶۲	۴۵	۱۸۷	۵۵	۱۱۱	۶۵	۲۱۳	۷۵	۱۹۰	۸۵	۱۸۱	۹۵	۱۴۵		
۶	۱۱۱	۱۶	۱۴۶	۲۶	۱۶۰	۳۶	۱۹۲	۴۶	۱۲۹	۵۶	۱۳۳	۶۶	۱۸۵	۷۶	۱۸۵	۸۶	۱۲۹	۹۶	۲۱۵		
۷	۱۲۹	۱۷	۲۷۸	۲۷	۲۰۰	۳۷	۲۱۹	۴۷	۱۱۱	۵۷	۲۴۱	۶۷	۱۶۳	۷۷	۱۷۰	۸۷	۱۵۱	۹۷	۲۰۲		
۸	۱۵۲	۱۸	۱۳۲	۲۸	۱۵۵	۳۸	۱۴۲	۴۸	۱۹۴	۵۸	۱۸۲	۶۸	۱۸۴	۷۸	۲۰۰	۸۸	۱۴۴	۹۸	۱۷۰		
۹	۱۲۰	۱۹	۲۱۵	۲۹	۱۱۶	۳۹	۱۷۳	۴۹	۱۱۳	۵۹	۱۹۵	۶۹	۲۰۰	۷۹	۱۹۰	۸۹	۱۸۱	۹۹	۲۰۰		
۱۰	۱۴۶	۲۰	۱۱۵	۳۰	۱۷۲	۴۰	۱۰۰	۵۰	۱۴۷	۶۰	۱۱۰	۷۰	۱۶۵	۸۰	۱۶۰	۹۰	۲۰۲	۱۰۰	۲۳۰		

۹- منابع و مأخذ

[۱] آمارنامه مصرف فرآورده‌های انرژی‌زا در سال ۱۳۸۴، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.۱۳۸۴.

[۲] آمارنامه مصرف فرآورده‌های انرژی‌زا در سال ۱۳۸۵، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.۱۳۸۵.

[۳] سایت رسمی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران www.niopdc.ir

[۴] سایت رسمی مرکز اطلاع‌رسانی شرکت ملی نفت ایران www.nioclibrary.ir

[۵] عادل‌آذر، مومنی، آمار و کاربرد آن در مدیریت، انتشارات سمت، ۱۳۸۵.

[۶] طراحی و تحلیل آزمایشات، ترجمه دکتر حسین شاهکار، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.

[7] Cooper, R. B., (1980), *Introduction to Queuing Theory*, 2nd Edition. New York: Elsevier North Holland.

[8] Render, B. & Stair, M. & Hanna, E., (2007), *Quantitative Analysis Management* 9nd edition, New Delhi: Prentice Hall of India.

[9] Gupta, M. B. & Khanna, R. B., (2006), *Quantitative Techniques for Decision Making*, 2nd Edition, New Delhi: Prentice Hall of India.

[10] L. Kleinrock, *Queueing Systems*, (1975), Vol. I: Theory. Wiley, New York.

[11] S. M. Ross, (1997), *Introduction to probability models*, 6th ed., Academic Press, London.

[12] H. C. Tijms, (1994), *Stochastic models: an algorithmic approach*, John Wiley & Sons, Chichester.

[13] Ivo & J. Resing. *Queueing Theory*, (2001), Eindhoven University of Technology, Netherlands.

[14] J. D. Little, *A proof of the queuing formula*, Opns. Res., 9 (1961), pp. 383-387.

[15] Shannon, R. E., (1975), *Systems Simulation: The Art and Science*.

[16] Prentice-Hall, nglewood Cliffs, N. J.

[17] Jerry Banks, John S. Carson. (1984), *Discrete-Event System Simulation*. Prentice-Hall INC.

Archive of SID

www.SID.ir