



دانشکده برق و کامپیوتر

گروه قدرت ، کنترل و مکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

پیش بینی زمان انتظار در سیستم های صف انسانی

نگارش: سپهر فردوس زاد

استاد راهنما:

دکتر عباس دیدبان

شهریور ۱۳۸۹



دانشکده برق و کامپیوتر

گروه قدرت ، کنترل و مکاترونیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پیش‌بینی زمان انتظار در سیستم‌های صف انسانی

نگارش: سپهر فردوس‌زاد

استاد راهنما:

دکتر عباس دیدبان

شهریور ۱۳۸۹

تاییدیه

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنانکه وجودم برایشان همه رنج و وجودشان برایم همه مهر بود. آنانکه راستی قامت‌م در شکستگی قامتشان تجلی یافت. توانشان رفت تا به توانی برسم. مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند. فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان، سرمایه جاودانه من است. در برابر وجود گرمشان زانوی ادب بر زمین می‌نهم و با قلبی مملو از عشق و محبت بر دستانشان بوسه می‌زنم. سرو وجودشان همیشه سرسبز و استوار باد.

و همچنین تقدیم به

بزرگانی که در جهت اعتلای نام ایران و ایرانی قدم برداشته‌اند.

تقدیر و تشکر

تمامی اساتیدم در دانشگاه سمنان که در دوره کارشناسی ارشد همواره مرا یاری نموده‌اند، را سپاس می‌گویم. از استاد محترم راهنما، جناب دکتر دیدبان، که در طول این پروژه از راهنمایی‌های گام به گام ایشان بهره‌های فراوان برده‌ام، نهایت امتنان را دارم. همچنین از تمامی دوستان عزیزم آقایان مهندس علی اسماعیلی، مهندس اسماعیل پورجم، مهندس حمیدرضا رضانی، مهندس پیام ناظم زاده و مهندس مجتبی مرادی که همواره یار و یاورم بوده‌اند، تشکر نمایم.

چکیده

در این پایان نامه با ارائه دو روش کلی در پی پیش‌بینی زمان انتظار در سیستم‌های صف انسانی با درصد خطای پایین‌تر به نسبت روش‌های ارائه شده در قبل هستیم. هر کدام از این دو روش به دو مدل مجزا تقسیم می‌شود که می‌تواند با توجه به شرایط هر سیستم، مورد استفاده قرار بگیرد. روش اول بر پایه میانگین حجم کالای درخواستی مشتریان و روش دوم براساس اطلاعات بدست آمده از گذشته می‌باشد؛ در ادامه روش دوم با ارائه یک روش تکمیلی توانستیم با استفاده از قوانین فازی رفتار سیستم را در هنگام وقوع اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی، مدیریت نماییم. در تمامی این روش‌های ارائه شده از یک مکانیزم اولویت‌دهی جدید برای نوبت‌دهی به مشتریان استفاده نموده‌ایم. این مکانیزم نیز دارای دو رابطه اصلی می‌باشد که در شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

Abstract

At this thesis we are looking for new method for predicting of the waiting time at the human's line with the lower error's percent in compare the prior methods. Each of them divided to two separated branches that can be used with attention to the situation. The first method is based on the average of amount request of the customer and the second method is based on the noted information from the past experiences; at the second method we can manage the system at the time of unforeseen adventures, based on fuzzy rules. In whole of these methods we used the new priority algorithm for selecting next customer. This algorithm also has two main relations that used at the different situation.

فهرست مطالب:

ض	پیش‌گفتار
۱	فصل اول: مفهوم و اجزای تشکیل دهنده صف
۲	(۱-۱) مقدمه
۴	(۲-۱) مفهوم صف
۵	(۳-۱) فاکتورهای تولید صف:
۵	(۴-۱) هدف کلی از مدل‌سازی صف
۶	(۵-۱) عوامل مؤثر در سیستم صف‌بندی
۶	(۱-۵-۱) جمعیت صف
۷	(۲-۵-۱) تعداد خطوط انتظار
۸	(۳-۵-۱) تعداد سرورها
۹	(۴-۵-۱) نرخ ورود و نرخ سرویس‌دهی
۱۰	(۵-۵-۱) روش‌های مختلف صف‌بندی
۱۳	(۶-۵-۱) قوانین اولویت‌دهی در خطوط انتظار
۱۵	(۶-۱) میزان کارایی سیستم

- ۱۶ (۷-۱) نتیجه‌گیری
- ۱۸ فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در مقوله صف‌بندی و پیش‌بینی زمان انتظار
- ۱۹ (۱-۲) مقدمه
- ۲۰ (۲-۲) مروری بر مطالعات انجام شده در مقوله صف‌بندی
- ۲۴ (۳-۲) مروری بر مطالعات انجام شده در مقوله پیش‌بینی زمان انتظار
- ۲۹ (۴-۲) نتیجه‌گیری
- ۳۰ فصل سوم: پیش‌بینی زمان انتظار بر اساس محاسبه حجم میانگین مصرفی
- ۳۱ (۱-۳) مقدمه
- ۳۲ (۲-۳) مکانیزم اولویت‌دهی مورد استفاده
- ۳۲ (۱-۲-۳) مقدمه
- ۳۴ (۲-۲-۳) اثبات ریاضی مدل
- ۳۴ (۱-۲-۲-۳) اثبات ریاضی کاهش زمان انتظار مشتریان
- ۳۷ (۲-۲-۲-۳) اثبات مدل ریاضی نحوه محاسبه زمان انتظار مشتریان
- ۳۹ (۳-۲-۳) الگوریتم
- ۴۱ (۴-۲-۳) مثال
- ۴۳ (۵-۲-۳) نتیجه‌گیری

۳-۳) پیش‌بینی زمان انتظار بر اساس محاسبه حجم میانگین مصرفی

۴۴

۴۵ ۱-۳-۳) پیش‌بینی زمان انتظار با مکانیزم خطی "اول-بهترین مشتری"

۴۵ ۱-۱-۳-۳) الگوریتم

۴۷ ۲-۱-۳-۳) مثال

۴۹ ۳-۱-۳-۳) نتیجه‌گیری

۴۹ ۲-۳-۳) پیش‌بینی زمان انتظار با مکانیزم غیرخطی "اول-بهترین مشتری"

۴۹ ۱-۲-۳-۳) الگوریتم

۵۱ ۲-۲-۳-۳) مثال

۵۱ ۳-۳-۳) نتیجه‌گیری

۵۴ فصل چهارم: پیش‌بینی زمان انتظار بر اساس تجربیات بدست آمده از گذشته

۵۵ ۱-۴) مقدمه

۵۶ ۲-۴) روش میانگین‌گیری با استفاده از میانگین نرخ ورود

۵۶ ۱-۲-۴) الگوریتم

۵۸ ۲-۲-۴) مثال

۶۳ ۳-۲-۴) نتیجه‌گیری

۶۳ ۳-۴) روش میانگین‌گیری با استفاده از جامعه آماری پراکنده

۶۳ ۱-۳-۴) الگوریتم

۶۴ ۲-۳-۴) مثال

۶۹	۳-۳-۴ نتیجه‌گیری
۷۱	۴-۴ اصلاح خطای پیش‌بینی با استفاده از آستانه خطا
۷۳	۱-۴-۴ الگوریتم
۷۴	۲-۴-۴ مثال اول
۷۶	۳-۴-۴ مثال دوم
۸۱	۴-۴-۴ نتیجه‌گیری
۸۲	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۳	۱-۵ مقدمه
۸۴	۲-۵ پیشنهادات
۸۵	منابع

فهرست اشکال :

- ۳ شکل ۱-۱: رابطه بین هزینه و سطح سرویس دهی
- ۷ شکل ۱-۲: تقسیم‌بندی انواع جمعیت صف
- ۹ شکل ۱-۳: انواع مدل‌های سرورها
- ۱۰ شکل ۱-۴: نمایش نحوه ورود و نحوه سرویس‌دهی به مشتریان
- ۱۲ شکل ۱-۵: نمایش انواع مدل‌ها صف‌های سنتی
- ۱۳ شکل ۱-۶: مثالی از مدل M/M/1

پیش‌گفتار:

یکی از قدیمی‌ترین مباحثی که از زمان باستان تا عصر حاضر همواره پا به پای انسان در حال رشد و توسعه بوده، صف‌بندی بوجود آمده برای دریافت کالا و خدمات توسط انسان‌ها می‌باشد. با توجه به سطح صنعت در گذشته و این موضوع که در عالم هستی فقط انسان‌ها از گرایش ذاتی به سمت زیبایی، عدل و عدالت برخوردار هستند، در ابتدا موضوع صف‌بندی تنها برای انسان‌ها مورد تعریف قرار گرفته بود اما با گذشت زمان و گسترش تکنولوژی، این مقوله از حوزه انسان خارج و در زمینه‌های مختلف صنعتی دارای اهمیت بالایی گردید. با توجه به نقوش بدست آمده از ایرانیان و رومیان باستان، صف‌بندی در ممالکی که از آنها به عنوان مهد تمدن یاد می‌شود، از دیرباز مورد توجه قرار داشته است. شاید از مقوله صف‌بندی در گذشته تنها برای رعایت نوبت در دریافت خدمات یاد می‌شده است اما در عصر حاضر، همگام با رشد روز افزون سیستم‌های صنعتی و شانه به شانه اهمیت مقوله تبلیغات در دنیای صنعت، سیستم‌های صف‌بندی یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار هر سیستم خدماتی در هنگام مواجهه با حجم بالای مشتریان می‌باشد. با گذشت زمان و رقابتی شدن همین سیستم‌های صف‌بندی، عوامل فراوانی برای پیشه گرفتن سیستم‌های خدماتی مختلف از یکدیگر ظهور کردند که می‌توان از مقوله پیش‌بینی زمان انتظار مشتریان حاضر در یک سیستم به عنوان یکی از کلیدی‌ترین موارد برای افزایش درجه رضایت مشتریان سرویس‌داده شده نام برد. امروزه با رقابتی شدن سیستم‌های ارائه خدمات به مشتریان، می‌توان با یک پیش‌بینی نزدیک به زمان انتظار واقعی، درصد بالایی از رضایت مشتریان را بدست آورد. تاکنون روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی زمان انتظار ارائه شده است، در ادامه در مورد کلیات این روش‌ها و همچنین مدل‌های پیشنهادی خودمان، توضیحاتی را ارائه می‌دهیم.

در یکی از آخرین تلاش‌ها برای پیش‌بینی زمان انتظار مشتریان حاضر در یک صف، از آقای Naor می‌توان به عنوان اولین فردی یاد کرد که با ارائه مکانیزم امتیازدهی به مشتریان حاضر در

صف، رویه نوبت‌دهی را از حالت سنتی "اول ورود-اول خروج" خارج کرد [1]. همچنین پروفیسور Lee که از افراد صاحب سبک و مشهور در این زمینه می‌باشد توانست با استفاده از المان‌های شبکه عصبی و با بهره‌گیری از قضیه Nearest Neighbor و روش جستجوی M-Tree رویکرد جدیدی را در این مقوله ایجاد نماید [2].

پس از بررسی روش‌هایی که تاکنون ارائه شده است مشاهده گردید که اغلب روش‌های ارائه شده دچار چند مشکل مشابه می‌باشند. پیچیدگی الگوریتم ارائه شده برای پیش‌بینی زمان انتظار مشتریان، بالا بودن حجم پایگاه داده‌ها، عدم استفاده از ویژگی زمان واقعی^۱ و استفاده از مکانیزم اولویت‌دهی "اول ورود-اول خروج" (که شاید به عنوان مرسوم ترین مکانیزم برای سرویس دهی مشتریان بوده ولی قطعاً بهینه نمی‌باشد)، را می‌توان به عنوان مشکلات اصلی در روش‌های ارائه شده ذکر نمود.

چنانچه مکانیزم اولویت‌دهی را از روش "اول ورود-اول خروج" تغییر دهیم پیش‌بینی زمان انتظار با مشکلات بیشتری روبرو خواهد شد. این مشکلات ما را به ارائه چند روش جدید برای کاهش خطای پیش‌بینی در شرایط بهینه تر برای سیستم واداشت.

در این پایان‌نامه ابتدا به بررسی انواع مکانیزم‌های سرویس‌دهی پرداخته می‌شود و برای مدیریت بهتر صفوف انسانی که در آن حجم تقاضا متفاوت است، الگوریتم اولویت‌دهی بر اساس حجم تقاضا استفاده شده است. در این الگوریتم زمان انتظار هر مشتری متناسب با حجم مورد تقاضا است. استفاده از الگوریتم پیشنهاد شده دارای اثرات مثبتی در تنظیم خودکار ازدحام و نیز کاهش زمان انتظار و همچنین رضایت‌مندی مشتری دارد. در طی یک اثبات ریاضی نشان داده شده است که با استفاده از الگوریتم ارائه شده زمان انتظار به میزان ۲۵٪ به طور عادلانه‌ای بهبود بخشیده شده است. همچنین این الگوریتم باعث رعایت بیشتر انصاف بین مشتریان و افزایش رضایت‌مندی آنان می‌شود (3). در ادامه با ارائه دو روش کلی در پی پیش‌بینی زمان انتظار در سیستم‌های صف انسانی با درصد

^۱ Real Time

خطای پایین‌تر به نسبت روش‌های ارائه شده در قبل هستیم. هر کدام از این دو روش به دو مدل مجزا تقسیم می‌شود که می‌تواند با توجه به شرایط هر سیستم، مورد استفاده قرار بگیرد. روش اول بر پایه میانگین حجم کالای درخواستی مشتریان و روش دوم براساس اطلاعات بدست آمده از گذشته می‌باشد؛ در ادامه روش دوم با ارائه یک روش تکمیلی توانستیم با استفاده از قوانین فازی رفتار سیستم را در هنگام وقوع اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی، مدیریت نماییم.

در این پایان‌نامه در فصل اول المان‌های تاثیرگذار در سیستم‌های صف‌بندی را بررسی نموده‌ایم. در این فصل به بررسی اجزای تشکیل دهنده صف و نحوه تاثیرگذاری آن پرداخته‌ایم. در فصل دوم به بررسی روش‌ها و الگوریتم‌های ارائه شده در دو مقوله صف‌بندی و پیش‌بینی زمان انتظار پرداخته‌ایم. در فصل سوم در ابتدا در مورد مکانیزم اولویت‌دهی مورد استفاده صحبت نموده‌ایم و در ادامه با ارائه یک روش کلی، در پی پیش‌بینی زمان انتظار مشتریان حاضر در صف بوده‌ایم؛ این روش خود شامل دو مدل خطی و غیر خطی می‌باشد. در فصل چهارم در ابتدا با ارائه یک روش دیگر، الگوریتمی جدید را برای پیش‌بینی زمان انتظار ارائه کرده‌ایم که این الگوریتم نیز بمانند قبل به دو صورت قابل اجرا خواهد بود و در ادامه با ارائه یک مدل تکمیلی، سعی در کاهش خطای پیش‌بینی انجام شده داشته‌ایم. در آخرین فصل نیز به بررسی اجمالی قسمت‌های ارائه شده در این پایان‌نامه و نتایج آن پرداخته‌ایم.

فصل اول

مفهوم و اجزای تشکیل

دهنده صف