

## تعریف مساله

در بانک مورد مطالعه در این پروژه مساله اصلی رسیدگی به امور مشتریان در حداقل زمان ممکن می باشد که مستلزم وجود تعداد کافی باجه برای سرویس دهی به مشتریان می باشد. در این صورت مدت زمان انتظار هر مشتری در صف به حداقل می رسد. آلترناتیو بهبود در این مساله طول صف تشکیل شده در باجه ها می باشد که با تغییر تعداد باجه ها می توان به حالت بهینه یا نزدیک به بهینه رسید.

## مشخصات مدل

### ۱- مرز سیستم

سیستم در واقع محیطی است که مورد مطالعه قرار می گیرد و مرز آن حداثصل محیط خود سیستم با محیط خارج می باشد که در این پروژه سیستم ساختمان بانک و فقط طبقه همکف که شامل باجه های سرویس دهنده به مشتری و میز مربوط به رئیس بانک می باشد. بانک دارای دو درب جهت ورود و خروج مشتریان از بانک می باشد.

### ۲- مفروضات مدل

- برای سهولت در مدلسازی نیاز است که شرایط خاصی را فرض کنیم که به شرح زیر می باشد:
- ۱- زمان کاری برای کارمندان بانک در یک روز کاری ۸ ساعت است که از ساعت ۸ صبح شروع به کار می کنند تا ساعت ۴ بعد از ظهر و مشتریان تنها در این بازه زمانی می توانند به بانک مراجعه کنند.
- ۲- در این بازه ۸ ساعته زمان ناهار و نماز و هر استراحت در نظر گرفته نشده و کارمندان باجه ها همواره در تمام مدت در دسترس و آماده سرویس دهی می باشند.
- ۳- در این مدل فرض شده فقط چندین نوع فعالیت در بانک انجام میشود که از قراره زیر میباشند:
  - ۱) دریافت و پرداخت: باجه های دریافت و پرداخت نیز نقش عمده را در ارتباط با مشتری ایفا می نمایند و همانگونه که از نام آنها پیداست، دریافت ها و پرداخت های مشتریان از طریق آنها انجام می پذیرد.
  - ۲) وصول چک: که این فعالیت تقریباً دارای مراجعه کننده بیشتری میباشد.
  - ۳) افتتاح حساب و بستن حساب: که این نوع فعالیت به مراتب کمترین مراجعه کننده را دارا میباشد.
  - ۴) امور تسهیلات بانکی: که وظیفه اصلی قسمت تسهیلات، انجام امور مربوط به وامها است که با هماهنگی اولیه معاون و رئیس شعبه انجام می گیرد.
  - ۵) ریاست و معاونت شعبه: رئیس و معاون شعبه فقط در موارد محدودی مانند تأیید وامها و موارد ارزی و غیره با ارباب رجوع در ارتباط هستند.

- ۴- همچنین فرض شده است که همه باجه ها همه فعالیتها را انجام میدهند این چنین نیست که مشخص شده باشد باجه خاصی فعالیت خاصی را انجام دهد.
- ۵- در این مدل فاصله زمانی بین وردهای Entity ها بر حسب دقیقه میباشد و همچنین اگر فاصله زمان بین ورود دو مشتری به بانک زیر یک دقیقه باشد آن را صفر در نظر می گیریم.
- ۶- زمانهای جابه جایی افراد در مدل در نظر گرفته نشده است.

### تعریف Entity

آنچه که به عنوان Entity در این مدل تعریف شده است افرادی که به بانک مراجعه می نمایند می باشد که مورد مطالعه قرار می گیرند و مواردی از قبیل مدت زمان انتظار هر مشتری در صف، تعداد مشتریان در صف، تعداد مشتریان وارد شده به سیستم و همچنین تعداد مشتریانی که از سیستم خارج شدند، مدت زمان جابجایی مشتریان در سیستم و ... بررسی می شوند.

### تعریف Attribute

ویژگی ها یا Attribute های مشتریان در بانک در واقع همان امریست که مشتری برای انجام آن به بانک مراجعه کرده است که با توجه به مفروضات مساله همان ۵ مورد تعریف شده (دریافت و پرداخت، افتتاح و بستن حساب و ...) می باشد.

### منابع یا Resources

از جمله منابع کاری در بانک صندوقدارها، رئیس و معاون بانک و تجهیزات مورد استفاده توسط هر یک از آنها می باشد ولی در مدل شبیه سازی این پروژه تجهیزات در نظر گرفته نشده و تنها بیکاری یا مشغول بودن صندوقدارها و ... مورد بررسی قرار گرفته است.

### ماژول های مورد استفاده در مدل

در مدل کامپیوتری که در نرم افزار Arena تنظیم شده و ساخته شده از ماژولهای زیر استفاده شده است:

ماژول Create: این ماژول برای ورود مشتریان تنظیم شده است و از طریق این ماژول مشتریان وارد سیستم بانک می شوند.

ماژول Decide: این ماژول برای تصمیم گیری در مورد مشتریان تنظیم شده است.

ماژول Assign: این ماژول تعیین کننده این است که ارباب رجوع برای چه کاری آمده به بانک تا در هر باجه متناسب با کار مشتری زمان به آن تخصیص داده شود.

ماژول‌های **Station** و **Route**: برای نمایش جابجایی مشتریان در انیمیشن مدل می‌باشند.

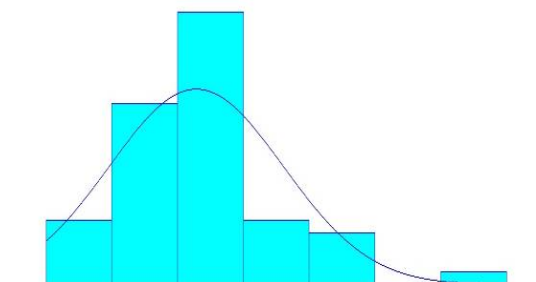
ماژول **Dispose**: برای خروج مشتریان از بانک تعبیه شده است.

ماژول **Hold** و **Signal**: از این ماژول‌ها برای اجتناب از تشکیل صف در پشت باجه‌ها و انتقال افراد روی صندلی‌ها جهت انتظار تا خالی شدن باجه و رسیدن نوبت استفاده شده است.

## توابع توزیع مورد نیاز در مدل

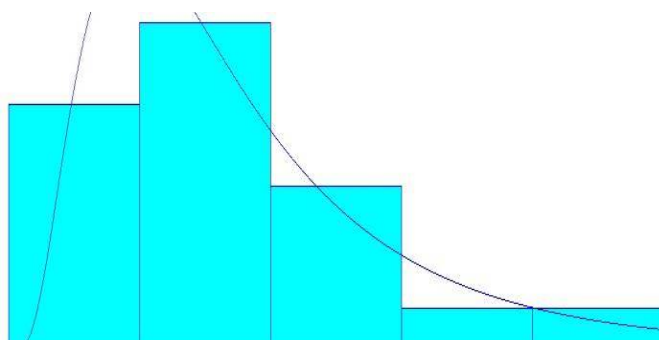
برای اینکه مدلسازی انجام شود ابتدا باید اطلاعات لازم را از سیستم واقعی جمع آوری کرد. برای مدل مورد بررسی در این پروژه ما به اطلاعاتی از قبیل زمان بین ورود مشتریان به بانک و زمان انجام پروسه مربوط به هر مشتری در باجه‌ها نیاز داریم که نمونه‌های لازم طی مراجعات به بانک گرفته شده است که در جداول زیر موجود می‌باشد و توابع توزیع فیت شده به داده‌ها که در ابزار Input Analyzer نرم افزار Arena بدست آمده در زیر هر جدول آمده است.

زمان‌های بین ورود مشتریان									
ردیف	زمان	ردیف	زمان	ردیف	زمان	ردیف	زمان	ردیف	زمان
1	2	11	4	21	3.5	31	6	41	2
2	3	12	1	22	0	32	7	42	3
3	2	13	4	23	0	33	4	43	2
4	0	14	3	24	3	34	2	44	0
5	0	15	0	25	10	35	3.5	45	0
6	2.5	16	3	26	2	36	5	46	4
7	3	17	2	27	4	37	2	47	3
8	2	18	1	28	2	38	4	48	2
9	0	19	0	29	3	39	3	49	3
10	3	20	5	30	2	40	5	50	2.5



Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(3.26, 1.89)
Square Error:	0.028073
Chi Square Test	
Number of intervals	= 4
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 7.13
Corresponding p-value	= 0.00803
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.118
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 50

زمان پروسه دریافت و پرداخت			
زمان	ردیف	زمان	ردیف
13	11	5.5	1
4	12	5	2
6	13	11	3
7	14	6	4
6	15	7	5
6	16	8	6
7.5	17	4.5	7
6	18	5	8
5	19	3.5	9
8	20	9	10



Distribution Summary

Distribution: Lognormal  
 Expression:  $3 + \text{LOGN}(3.75, 2.86)$   
 Square Error: 0.001980

Chi Square Test|  
 Number of intervals = 3  
 Degrees of freedom = 0  
 Test Statistic = 0.0515  
 Corresponding p-value < 0.005

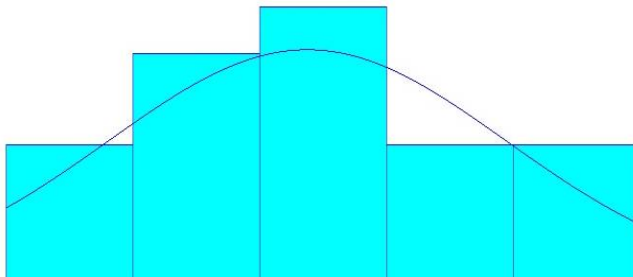
Kolmogorov-Smirnov Test  
 Test Statistic = 0.153  
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 20

زمان پروسه وصول چک			
زمان	ردیف	زمان	ردیف
5.5	11	9	1
6	12	4	2
4	13	4.5	3
8	14	6	4
7	15	5.5	5
5	16	7	6
8	17	5.5	7

زمان پروسه وصول چک			
زمان	ردیف	زمان	ردیف
7.5	18	9	8
5	19	6	9
9	20	6	10



Distribution Summary

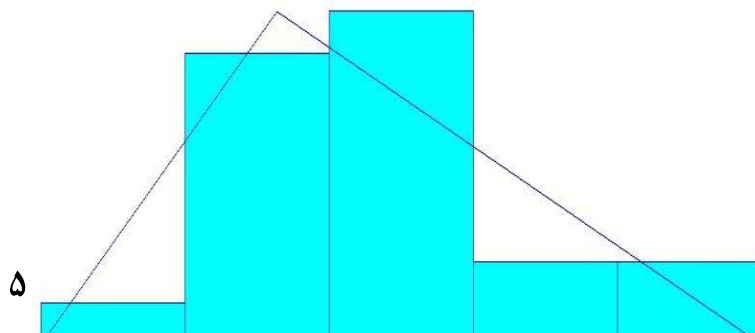
Distribution: Normal  
 Expression: NORM(6.38, 1.57)  
 Square Error: 0.008659

Chi Square Test  
 Number of intervals = 2  
 Degrees of freedom = -1  
 Test Statistic = 0.314  
 Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test  
 Test Statistic = 0.11  
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary  
 Number of Data Points = 20

زمان پروسه افتتاح و بستن حساب			
زمان	ردیف	زمان	ردیف
11	11	10	1
10	12	9	2
8	13	8	3
9	14	10	4
10	15	6	5
16	16	11	6
13	17	9	7
8	18	10.5	8
14	19	9	9
12	20	15	10



Distribution Summary

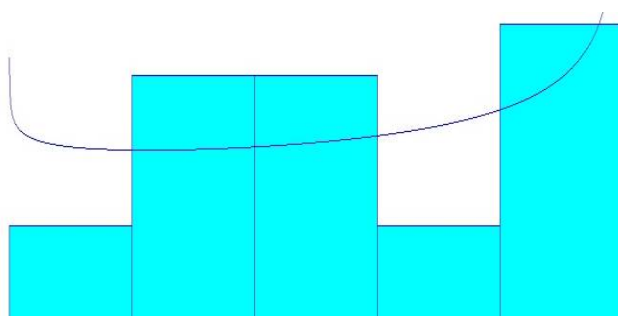
Distribution: Triangular  
 Expression: TRIA(6, 9.28, 16)  
 Square Error: 0.023578

Chi Square Test  
 Number of intervals = 2  
 Degrees of freedom = 0  
 Test Statistic = 1.04  
 Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test  
 Test Statistic = 0.0998  
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary  
 Number of Data Points = 20

زمان پروسه صدور و تعویض کارت ATM			
ردیف	زمان	ردیف	زمان
1	9	11	8
2	3	12	10
3	4	13	8
4	6.5	14	9
5	5	15	7
6	5	16	9
7	6	17	10
8	5	18	5
9	6	19	9
10	4.5	20	7



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$3 + 7 * \text{BETA}(0.939, 0.791)$
Square Error:	0.027379
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 0.104
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.121
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 20

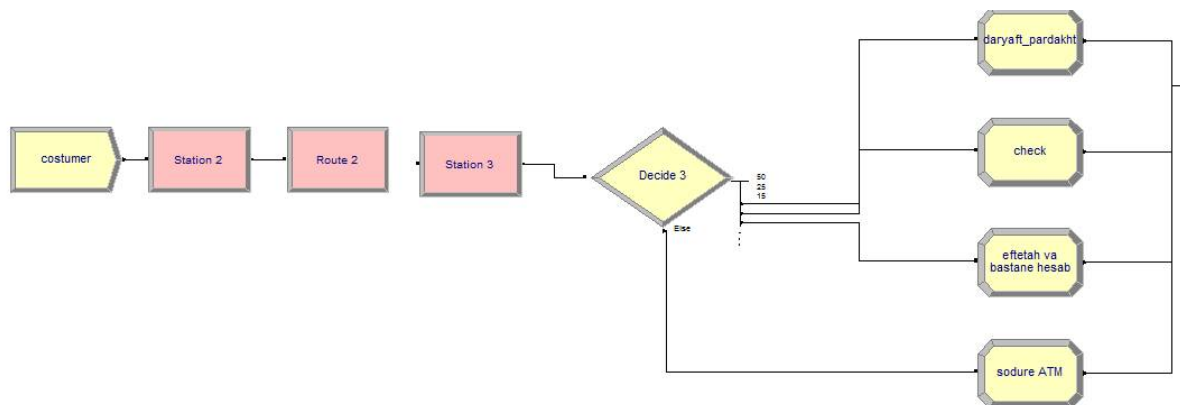
## شرح منطق مدل

مدل منطقی بانک با توجه به توابع توزیع فیت شده و با توجه به روابط پیشنهادی بین ماژول‌های بکار رفته برای برقراری منطق طبق واقعیت موجود ساخته شده که به شرح زیر است.

در ابتدا مشتریان از طریق ماژول Create وارد بانک می‌شوند سپس برای اینکه تعیین شود هر مشتری برای چه کاری به بانک آمده است از طریق یک ماژول Decide مشتریان را بر حسب درصد تقسیم می‌شوند به این صورت که ۵۰٪ برای دریافت یا پرداخت وجه، ۲۵٪ برای وصول چک، ۱۵٪ برای افتتاح یا بستن حساب و در نهایت هم ۱۰٪ برای صدور یا تعویض کارت ATM به بانک مراجعه می‌کنند.

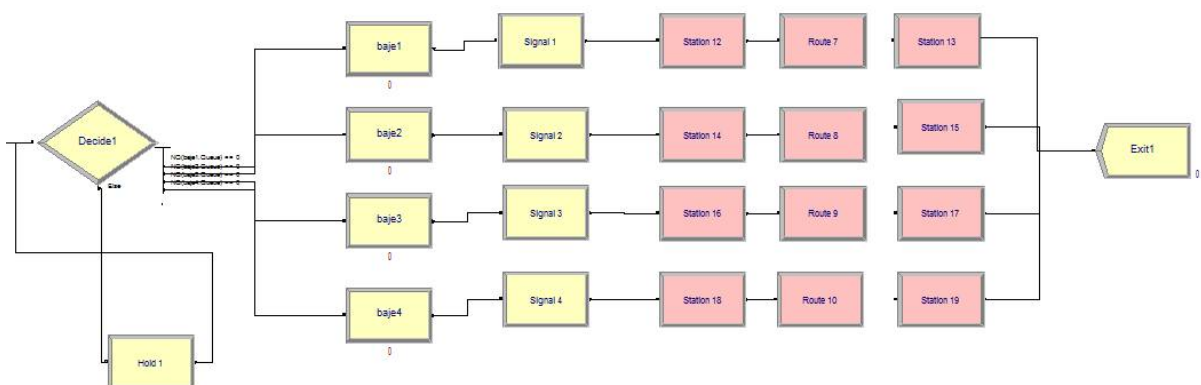
پس از تقسیم بندی برای اینکه هدف مراجعه مشتریان به عنوان یک ویژگی ثبت شود و همواره همراه مشتری باشد خروجی‌های ماژول Decide را وارد ماژول‌ها Assign می‌کنیم تا برچسب مورد بر روی آنها زده

شود تا زمان انجام پروسه در باجه‌ها بر اساس تابع توزیع زمان همان فعالیت انجام شود. موارد ذکر شده در شکل زیر قابل مشاهده می‌باشد.



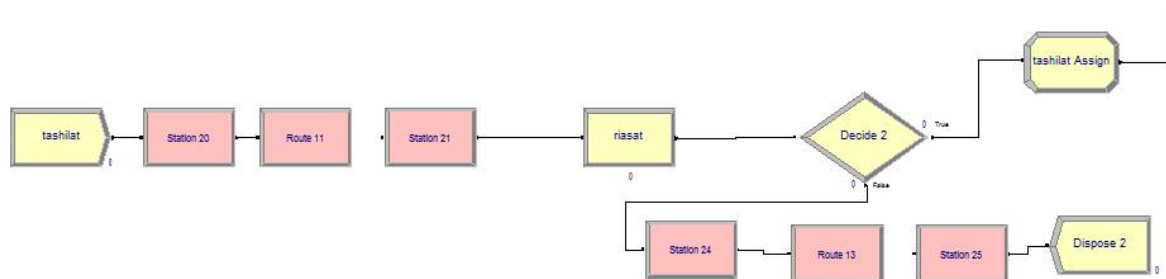
پس از مشخص شدن ویژگی‌ها برای مشتریان هر یک باید برای انجام شدن کار خود به یکی از ۴ باجه موجود مراجعه کنند که اگر باجه‌ها خالی باشد و صندوقدار بیکار باشد کار مشتریان انجام شده و از سیستم خارج می‌شوند در غیر این صورت بر روی صندلی‌ها منتظر میمانند تا یک باجه خالی شود.

در این قسمت یک ماژول Decide در مدل در نظر گرفته شده که تعداد نفرات درون صف هر باجه را مرتباً چک می‌کند و اگر این مقدار صفر باشد Entity یا همان مشتری را آزاد می‌کند در غیر این صورت مشتریان به ماژول Hold منتقل می‌شوند و منتظر رسیدن نوبت خود می‌شوند. هر گاه کار مشتریان در باجه انجام شود و مشتری از سیستم خارج شود قبل از خروج از ماژول Signal عبور می‌کند که این ماژول با فرستادن signal به ماژول Hold باعث می‌شود که یک مشتری از ماژول Hold آزاد شود و جای مشتری خارج شده از سیستم را بگیرد و این پروسه مداوم تکرار می‌شود. در شکل زیر ترتیب قرار گرفتن ماژول‌ها مشخص شده است.



یک فعالیت دیگر که مشتریان برای آن به بانک مراجعه می کنند گرفتن تسهیلات از بانک می باشد که برای انجام آن مشتریان مدارک خود را نزد رئیس بانک برده و در صورت داشتن شرایط استفاده از تسهیلات به باجه ها مراجعه می کنند و مانند بقیه وارد صف می شوند و اگر شرایط استفاده از تسهیلات را نداشته باشند از سیستم خارج می شوند.

بدین منظور هم از ماژول های Create و Decide و Assign همانند قبل استفاده شده است. ماژول Decide در اینگونه تنظیم شده که ۵۰٪ شرایط استفاده از تسهیلات را دارند و بقیه فاقد شرایط لازم می باشند که این آمار از نمونه گیری بدست نیامده بلکه طی صحبت هایی که با رئیس بانک انجام شد برداشت شده است.



ماژول های Station و Route تنها برای نمایش رفت و آمد در انیمیشن می باشند و در جریان مشتریان و یا منطق مدل تاثیری ندارند.

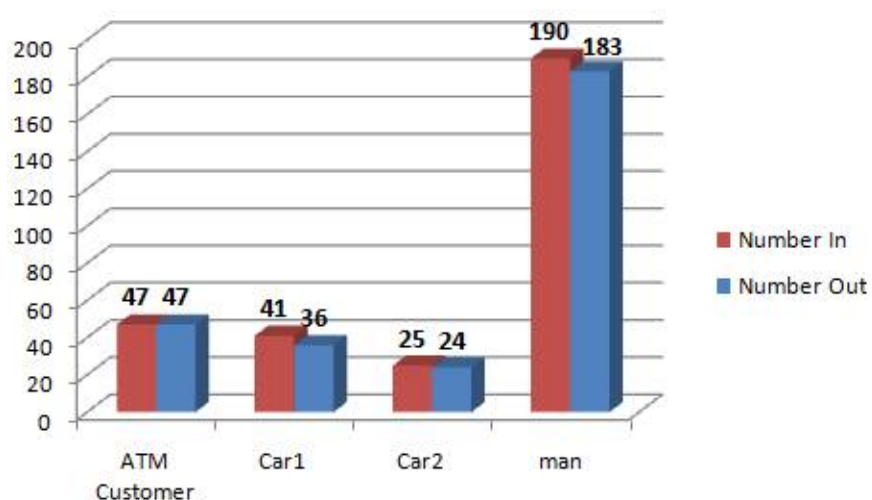


## نتایج شبیه سازی

با توجه به مدل شبیه سازی نتایج زیر حاصل شده است:

### ۱- تعداد Entity های ورودی و خروجی کل سیستم

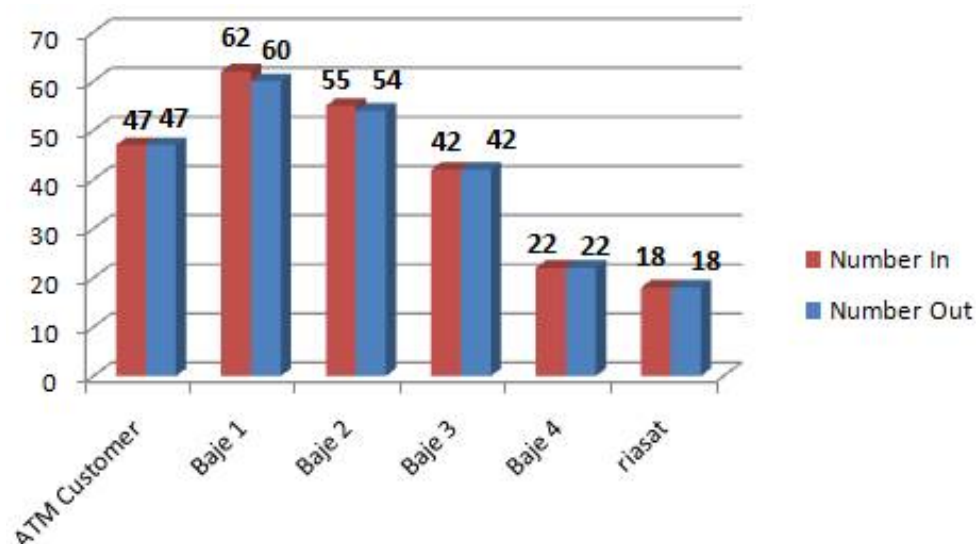
Entity	Number In	Number out	WIP
ATM Customer	47	47	2.02
Car1	41	36	1.99
Car2	25	24	1.73
man	190	183	8.22
Total	303	290	---



هیستوگرام Entity های ورودی به سیستم

### ۲- تعداد Entity های ورودی و خروجی هر باجه

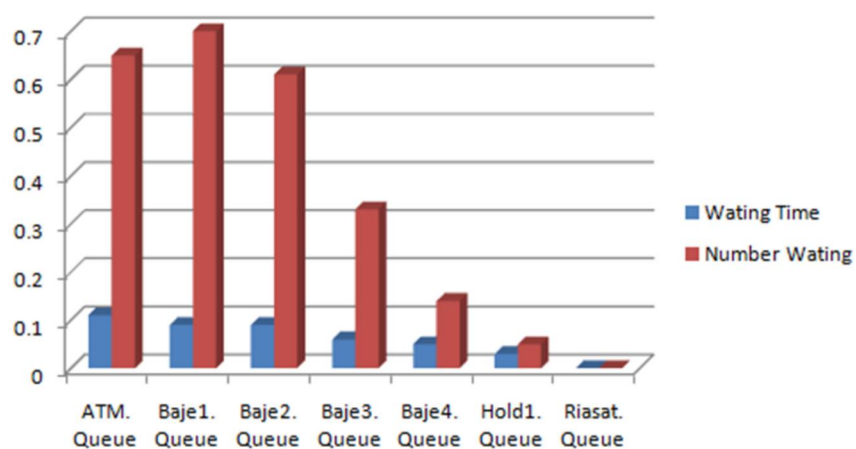
Entity	Number In	Number out
ATM Customer	47	47
Baje 1	62	60
Baje 2	55	54
Baje 3	42	42
Baje 4	22	22
riasat	18	18



هیستوگرام Entity های ورودی به باجه ها

۳- نتایج مربوط به صف ها در سیستم

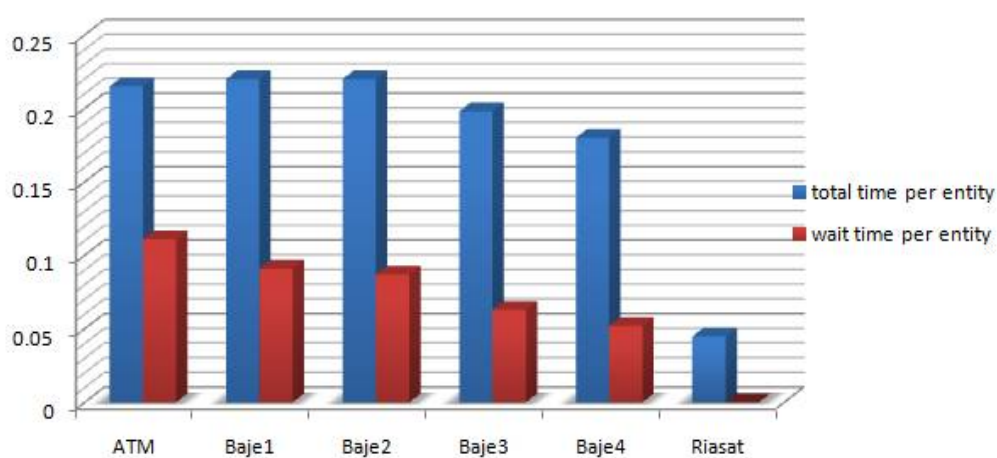
Entity	Average	
	Number Waiting	Waiting Time
ATM. Queue	0.65	0.11
Baje1. Queue	0.70	0.09
Baje2. Queue	0.61	0.09
Baje3. Queue	0.33	0.06
Baje4. Queue	0.14	0.05
Hold1. Queue	0.05	0.03
Riasat. Queue	0	0



هیستوگرام تعداد و زمان انتظار در صف

۴- نتایج مربوط به مدت زمان انتظار و زمان کل برای هر Entity

Entity	Average	
	Wait time per entity	Total time per entity
ATM	0.111	0.215
Baje1	0.091	0.220
Baje2	0.087	0.220
Baje3	0.063	0.198
Baje4	0.052	0.180
Riasat	0	0.045



هیستوگرام مدت زمان انتظار و زمان کل برای هر Entity