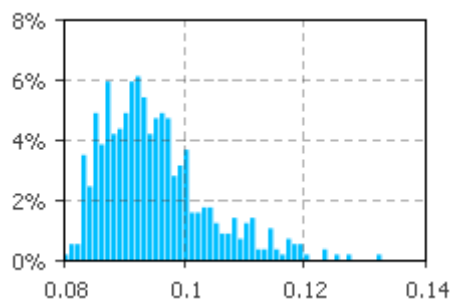
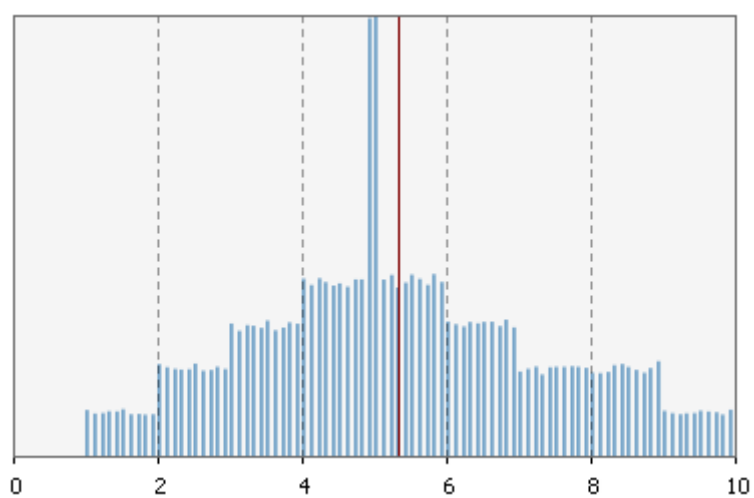


Основные дополнительные упрощения и допущения

- 1) Классы заявок кодируются в поле type типа данных Request целыми числами:
 - a. Мужчины, пришедшие на стрижку под насадку – 1
 - b. Женщины и мужчины, пришедшие на модельную стрижку – 2
 - c. Женщины, пришедшие на покраску – 3
- 2) Соотношение количества заявок этих типов составляет в среднем $25 : (50 - 20 + 7) : 20 = 25:37:20$, то есть, вероятности появления заявок каждого типа составят соответственно 0.30, 0.45, 0.25.
- 3) Приоритет заявок кодируется в поле priority типа данных Request целыми числами:
 - a. Инвалиды и пенсионеры – 1
 - b. Остальные клиенты – 0
- 4) По информации с сайта http://sptoday.ru/2013_11_28/petrostat-naschital-v-peterburge-700-tysyach-invalidov-iz-nix-14-tysyach-deti/ количество инвалидов в Санкт-Петербурге без учета пенсионеров составляет около 120 тыс. человек. Пенсионеров же в Санкт-Петербурге, по информации с сайта <http://www.the-village.ru/village/city/situation/246267-pensioner>, почти 1 360 тыс. человек. Примем, что вероятность появления высокоприоритетной заявки равна соотношению суммарного количества пенсионеров и инвалидов в Санкт-Петербурге и населения Санкт-Петербурга, то есть, равна 0.28.
- 5) В соответствии с предыдущими выводами, в день будет приходить от 60 до 100 человек – это значит, что интервал между заявками находится в пределах 4.8 (0.08 часа) – 8 (0.13 часа) минут. Будем исходить из предположения, что в этом диапазоне интервал между заявками имеет вид гамма – распределения с параметрами $\alpha = 3$; $\beta = 0.3$.



- 6) Будем исходить из предположения, что все времена обслуживания также распределены по гипер-экспоненциальному закону
- 7) Клиент в первую очередь пытается пройти на первую кассу, но, если во второй очереди оказывается меньше человек, он идет туда.
- 8) Будем исходить из предположения, что время обслуживания заявок в каждой из 2 касс имеет вид гамма – распределения с параметрами $\alpha = 1$; $\beta = 0.8$, поскольку быстрое обслуживание клиентов значительно более вероятно, однако, редкие перерывы в работе кассира не невозможны.
- 9) Как только суммарное количество человек в зале ожидания парикмахерской достигнет 20, люди из очередей в кассы перестают обслуживаться до тех пор, пока место в зале не освободится.
- 10) По информации с сайта <http://udoktora.net/pochemu-prebyivanie-v-ocheredi-nas-trevozhit-29476/> через 5 минут ожидания в очереди половина людей покидают её. На основании этого наблюдения будем предполагать, что половина людей покидает очередь в интервале 4 – 5 минут, и в обе стороны оставшееся количество распределено одинаково (до 1 минуты и 9 минут соответственно), так что по виду напоминает линейную зависимость. Для моделирования распределения времени покидания в очередь будем использовать эмпирическое распределение.



Сценарии работы модели

Обычный режим работы



Результаты подсчетов ширины доверительного интервала характеристик модели (в процентах)

Number of bids	4900	9800	14700	19600	24500	29400	34300	39200	44100	49000
Probability of leaving queue in cashbox one	29,594595	17,937086	10,065245	7,0951679	7,187276	5,6205774	4,2107948	4,2400325	4,1849998	4,1407306
Probability of leaving queue in cashbox two	0,7115334	0,5061969	0,5060607	0,5058407	0,3038132	0,4048943	0,40501	0,4047811	0,3035642	0,3034457
Probability of leaving without review	2,4184887	1,4483964	1,2085915	0,9638535	0,7222212	0,4820579	0,7235812	0,4823827	0,7241306	0,4829101
Utilization cashbox one	2,2435352	0,3672295	0,3670365	0,3668231	0,366907	0,367133	0,3670639	0,3671557	0,3673266	0,3674011
Utilization cashbox two	35,445828	41,054898	36,242916	24,26509	18,422092	20,889556	14,584246	14,589164	11,549286	11,327814
Utilization short haired	1,9475989	1,3947447	2,1755079	1,6656006	1,8080914	1,8547359	1,6236585	1,9916721	1,8053558	1,7140498
Utilization fashion haired	1,1672044	1,3380182	1,3868321	1,1695599	0,5464884	0,2791284	0,2923514	0,3178246	0,381485	0,2800384
Utilization coloured	48,129015	165,97593	140,69338	119,77566	112,06577	102,83761	97,852703	92,901597	88,724347	77,20026
Utilization review	1,2591285	0,5383485	0,5386756	0,5395727	0,3595865	0,5401254	0,3601061	0,3599294	0,3601002	0,360247

Cashbox one queue size	13,163109	15,745144	8,1790704	5,7607712	5,8311641	5,6672212	4,5314507	4,5570493	4,4999193	3,3439462
Cashbox two queue size	259,06816	262,40514	256,82948	253,30905	255,61345	247,32505	245,45843	245,69438	242,12089	238,97133
Short haired queue size	34,686825	10,868277	20,589483	10,408475	10,224034	10,436122	10,239781	10,227633	10,30235	10,301901
Fashion haired queue size	6,9402785	2,5709111	1,7244868	0,9006046	1,6606285	1,7688712	1,632081	1,4488487	1,3989409	1,3006051
Coloured queue size	17,870397	5,2095111	5,0195725	5,1221525	10,278146	5,124914	5,0765869	5,0624732	5,0843801	10,096583
Min	0,7115334	0,3672295	0,3670365	0,3668231	0,3038132	0,2791284	0,2923514	0,3178246	0,3035642	0,2800384
Average	32,474693	37,668559	34,680452	30,846301	30,384976	28,828428	27,668417	27,33178	26,557648	25,727947
Max	259,06816	262,40514	256,82948	253,30905	255,61345	247,32505	245,45843	245,69438	242,12089	238,97133

Режим работы во время эпидемии гриппа: 3 парикмахера заболели, по одному из каждого зала, интервал между посетителями увеличился в 1.5 раза.

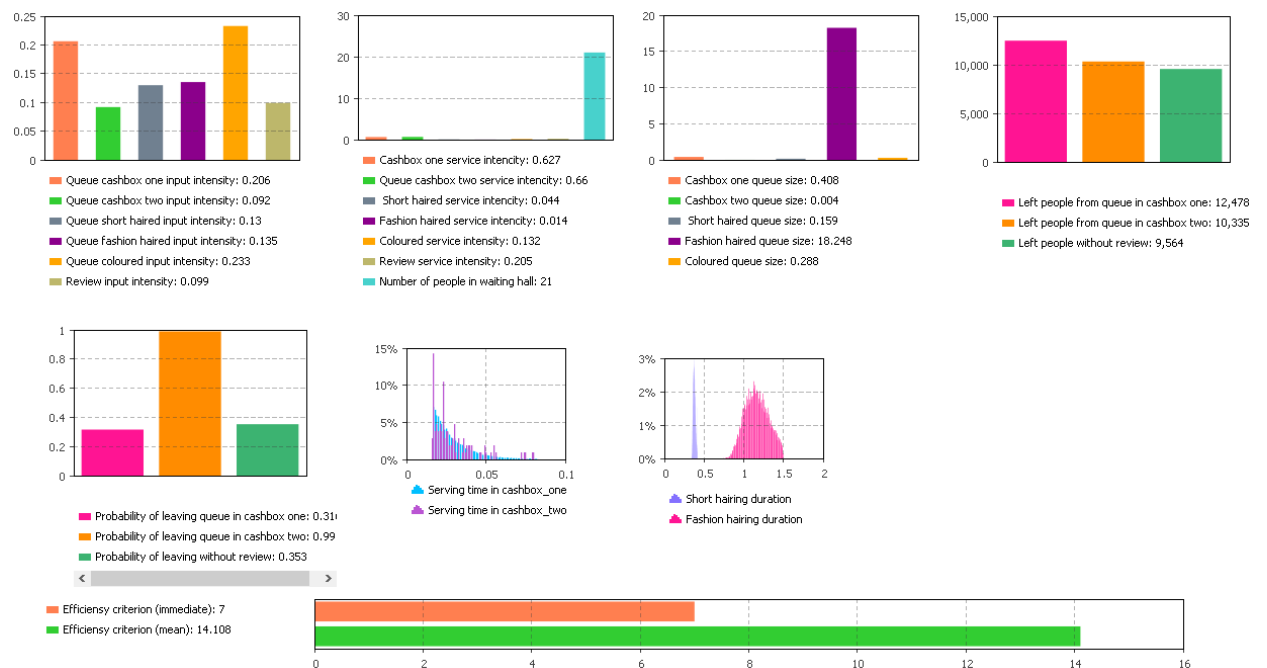


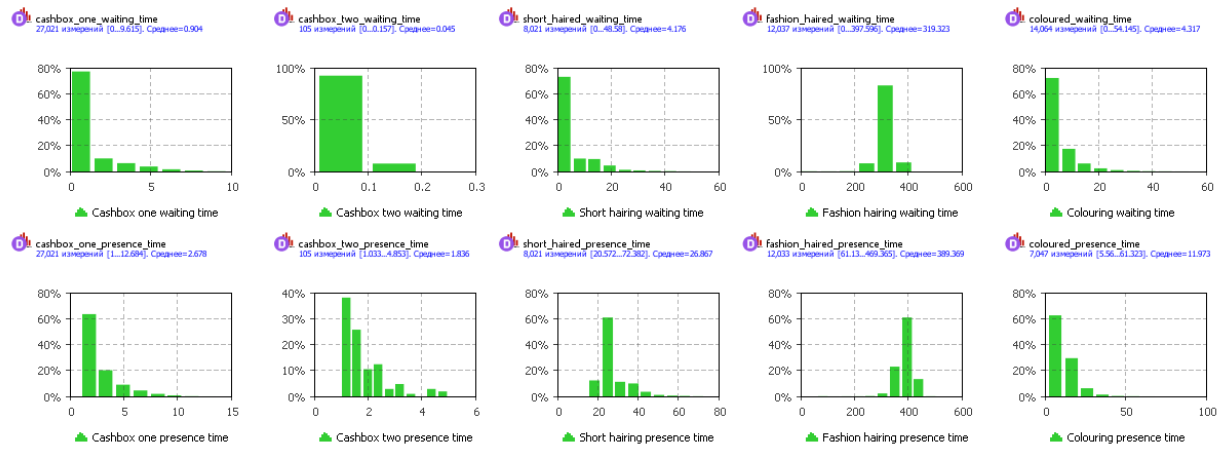
Результаты подсчетов ширины доверительного интервала характеристик модели (в процентах)

Number of bids	4900	9800	14700	19600	24500	29400	34300	39200	44100	49000
Probability of leaving queue in cashbox one	161,07899	104,24845	94,618116	94,213709	46,742284	46,141584	24,285854	24,161218	22,961794	20,529545
Probability of leaving queue in cashbox two	158,84615	153,40909	28,428928	30,294118	17,466235	13,881356	11,342536	6,1850876	4,8305306	3,9729801

Probability of leaving without review	0,8944524	0,5936732	0,8895087	0,592283	0,5940633	0,5948311	0,5941105	0,5939671	0,2972185	0,2970327
Utilization cashbox one	5,081487	0,5181132	0,517603	0,5177991	0,5176285	0,5175929	0,5176372	0,517451	0,517317	0,5175427
Utilization cashbox two	0	0	0	0	0	0	320,87954	311,31283	274,1276	277,07466
Utilization short haired	2,4338266	1,2869327	0,6761816	0,407255	0,7477237	0,6792756	0,6782304	0,7466747	0,6108305	0,6113509
Utilization fashion haired	1,1334453	0,213078	0,2305452	0,1952283	0,194975	0,3367528	0,3371573	0,3014266	0,1950163	0,2302827
Utilization coloured	26,419952	6,6591531	21,582414	17,110007	13,56296	35,344769	33,122659	29,748975	27,740864	27,197601
Utilization review	0,3972022	0,3968767	0,3969923	0,1984563	0,3969154	0,3968502	0,3968782	0,3968548	0,1983864	0,1983961
Cashbox one queue size	150,27825	129,39774	117,33033	77,345539	55,123983	53,411708	27,935658	27,912781	26,71094	23,665011
Cashbox two queue size	21161,949	24916,76	38236,904	44920,043	29150,425	29639,484	32917,214	29351,236	27518,31	24879,754
Short haired queue size	14,137975	10,558211	6,9756322	7,1781781	10,803632	7,1480063	7,0974686	7,1828346	3,6073872	7,1948518
Fashion haired queue size	22,7859	23,487844	17,580626	16,339057	10,654303	7,1440549	7,4536714	7,6082731	9,534356	8,9888085
Coloured queue size	24,37273	18,356674	14,991744	10,505842	9,4462349	7,1316153	6,3929989	6,3727057	6,3449929	6,3865204
Min	0	0	0	0	0	0	0,3371573	0,3014266	0,1950163	0,1983961
Average	1552,1292	1811,849	2752,9373	3226,7815	2094,0483	2129,4438	2382,7321	2126,734	1992,5705	1804,0442
Max	21161,949	24916,76	38236,904	44920,043	29150,425	29639,484	32917,214	29351,236	27518,31	24879,754

Режим работы в разгар лета: 3 парикмахера ушли в отпуск, по одному из каждого зала, интервал между посетителями уменьшился на 30%.





Результаты подсчетов ширины доверительного интервала характеристик модели (в процентах)

Number of bids	4900	9800	14700	19600	24500	29400	34300	39200	44100	49000
Probability of leaving queue in cashbox one	1,8864704	4,1305401	2,5232579	2,5126062	2,1983096	1,8737246	1,8659591	1,867282	1,8707286	1,8702367
Probability of leaving queue in cashbox two	0,4042905	0,202125	0,1009921	0,2019478	0,2018397	0,2018239	0,1009163	0,2018521	0,2018723	0,2019036
Probability of leaving without review	2,5929067	1,996754	0,8535794	1,4213399	0,8514284	0,8505176	0,8529821	0,852553	0,8511663	0,5674593
Utilization cashbox one	4,2418762	0,9259293	0,6171101	0,6165628	0,6163726	0,6168376	0,3084801	0,3084302	0,3083776	0,3085004
Utilization cashbox two	20,464358	7,3666519	7,3811384	7,4234108	5,9932324	5,9451803	6,0238834	5,2546811	4,49069	5,200418
Utilization short haired	3,6451118	4,9952301	8,1879478	7,1452118	6,3842461	10,636065	9,0189414	22,538327	19,824396	17,872167
Utilization fashion haired	9,9661488	6,6972457	4,2735314	3,4695627	3,1652653	2,2749543	4,4486658	3,8929688	3,4674363	2,9200645
Utilization coloured	31,522567	26,577341	19,786775	16,599841	37,215809	31,464515	29,13906	26,25257	25,555676	21,231808
Utilization review	1,3630351	1,1690015	0,7813631	0,7841988	0,587771	0,5887159	0,5891063	0,7855525	0,7852725	0,5890698
Cashbox one queue size	1,7265872	2,9597182	1,965462	1,7128576	1,2228954	1,217697	1,2152285	1,2139948	1,2140873	0,9713771
Cashbox two queue size	22,900437	22,861148	22,706977	22,591202	22,668124	22,529534	22,529977	22,52422	22,537854	22,527551
Short haired queue size	18,901773	19,404244	9,0349797	11,069647	9,7549316	10,509111	10,154417	10,086444	8,718987	8,1107038
Fashion haired queue size	0,6442472	0,7409817	0,519867	0,4368387	0,3167261	0,2618603	0,1797794	0,2233848	0,2070642	0,1580256
Coloured queue size	26,028617	22,325874	12,498279	10,718636	9,0022033	6,9908428	4,2280663	6,299882	6,6445509	4,5510299
Min	0,4042905	0,202125	0,1009921	0,2019478	0,2018397	0,2018239	0,1009163	0,2018521	0,2018723	0,1580256
Average	10,449173	8,7394846	6,5165186	6,1931331	7,1556539	6,8543842	6,4753903	7,3072959	6,9055827	6,2200224
Max	31,522567	26,577341	22,706977	22,591202	37,215809	31,464515	29,13906	26,25257	25,555676	22,527551

Режим работы в случае образования повышенного количества модников: доля заявок на стрижку под одну насадку снижена с 0.30 до 0.15; доля заявок, требующих модельную стрижку увеличена с 0.45 до 0.60.



Результаты подсчетов ширины доверительного интервала характеристик модели (в процентах)

Number of bids	4900	9800	14700	19600	24500	29400	34300	39200	44100	49000
Probability of leaving queue in cashbox one	2,8620116	2,3528661	2,7130788	2,3253137	3,0961322	2,7062239	2,3236803	1,9406862	1,9440285	1,555297
Probability of leaving queue in cashbox two	0,911425	0,5052662	0,4038044	0,3029582	0,2019739	0,1009827	0,1009508	0,1009437	0,2018771	0,2018997
Probability of leaving without review	1,4335866	0,576048	1,1530261	0,8630623	1,1528308	0,5767699	0,8635326	0,8631531	0,8627949	0,8629071
Utilization cashbox one	4,9401862	0,7649358	0,7654684	0,7647952	0,7645128	0,3820616	0,7643429	0,3820521	0,3820902	0,3821883
Utilization cashbox two	16,417084	10,036321	14,089339	12,152107	10,365818	12,592489	10,422919	10,25036	10,236695	10,131342
Utilization short haired	9,5922059	4,4432199	2,6031273	2,4337369	2,5001457	1,9944212	2,7847578	3,6406726	3,7193565	3,7293368
Utilization fashion haired	9,7815998	3,6934209	2,7831257	2,3979435	1,9347965	1,8533669	2,1681167	1,6926335	2,0257514	1,743427
Utilization coloured	55,325075	33,147944	25,564407	16,37307	14,539638	13,61823	12,642252	21,19362	18,210127	16,413045
Utilization review	0,6070931	1,0174677	1,0198326	0,8162101	0,6120341	0,6117262	0,6118281	0,4076936	0,4076961	0,2037337
Cashbox one queue size	2,996498	1,8062847	2,1446239	2,50107	2,852067	2,4945751	2,4976079	2,1449928	1,7895655	1,0733678

Cashbox two queue size	73,176794	71,031574	70,552615	70,622797	70,824553	71,043964	71,485699	71,70741	71,590436	71,474309
Short haired queue size	263,62503	243,37572	247,23649	246,39566	216,85018	201,1336	209,40647	199,53883	198,77203	203,28512
Fashion haired queue size	0,4557328	0,2996613	0,2118894	0,2171711	0,2387025	0,2494572	0,2440654	0,2006801	0,1790101	0,1790022
Coloured queue size	27,656642	22,753025	22,741608	22,894121	15,006589	14,727842	14,509739	14,408697	14,33614	14,325192
Min	0,4557328	0,2996613	0,2118894	0,2171711	0,2019739	0,1009827	0,1009508	0,1009437	0,1790101	0,1790022
Average	33,555783	28,271697	28,141602	27,218573	24,352855	23,148979	23,630426	23,462316	23,189828	23,254298
Max	263,62503	243,37572	247,23649	246,39566	216,85018	201,1336	209,40647	199,53883	198,77203	203,28512

Некоторые обобщения



Так, в соответствии с критерием эффективности, система показала себя наилучшим образом в период эпидемии.

Что касается доверительного интервала – ни в одном случае его величина по среднему значению, а также по максимуму недостаточно мала, вероятно, это связано с недостаточным количеством пропущенных заявок, дальнейшее увеличение которого невозможно в связи с ограничением Anylogic используемой версии (максимум 50 000 сгенерированных заявок).

Тем не менее, при максимальном измеренном числе заявок ширина доверительного интервала минимальна в случае моделирования системы в летний период, максимальна – в период эпидемии, что недвусмысленно указывает на то, что ширина доверительного интервала находится в обратной зависимости от интервала между клиентами.