

ANALYSIS OF THE QUALITY OF CUSTOMER TRAFFIC IN MARKOV CHAINS²

Prof. Mihail Iliev, DcS

Telecommunications Department,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082-888 673
E-mail: miliev@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Ivelina Balabanova, PhD

Department of Communications Equipment and Technologies,
Technical University of Gabrovo
Phone: 0896 640 473
E-mail: ivstoeva@abv.bg

Georgi Georgiev, PhD

Department of Communications Equipment and Technologies,
Technical University of Gabrovo
Phone: 0877 522 029
E-mail: givanow@abv.bg

Assoc. Prof. Boyan Karapenev, PhD

Department of Communications Equipment and Technologies,
Technical University of Gabrovo
Phone: 0877 283 982
E-mail: bkarapenev@tugab.bg

Abstract: In this paper an approach for quality evaluation of Exit System Time data in Markov $M/M/c/k$ at $c = 15$ according to optimality criterion in the STATISTICA environment is implemented. The considered teletraffic system was modeled in a fixed Average Arrival Rate, Maximum Station Capacity and increasing Average Service Time. The basic concept is associated with searching, detection and excluding data from the composition of information sets in registered deviations from the calculated optimal and allowable maximum time limits. The objects of study are four simulation datasets about system users with priority of the service, respectively Cust. ID = 100, Cust. ID = 200, Cust. ID = 300 and Cust. ID = 400. An overall assessment of the data with regard to the parameters of the Mean values in each set about the Standard Error and the Confidence Interval 0.95% was made. The observations and samples about every customer were analyzed by Normal Probability and Individual plots, X-Bar and R Charts, Capability Indicators, Capability Plots and Histograms.

Keywords: $M/M/c/k$, QoS, Teletraffic Samples, Normal Distribution, Optimal Level.

ВЪВЕДЕНИЕ

Приложимостта на веригите на Марков често се свързва с разработване на различни методи и инструменти, имащи за цел подобряване на качеството на обслужване в информационните системи. Поддържането на услугата QoS в реално време в среда IoT е силно зависима от възникнали закъснения при предаване на данни. По отношение на това са създадени маршрутни схеми, базирани на Марковски вериги за категоризация на трафика като приоритетен и неприоритизиран, чрез оценяване на широчината на честотната лента, вероятността за намаляване/увеличаване на средната дължина на пакетите и други. По този начин могат да бъдат изследвани и верифицирани механизми за планиране на трафика с

² Докладът е представен с оригинално заглавие на български език: АНАЛИЗ НА КАЧЕСТВОТО НА ПОТРЕБИТЕЛСКИЯ ТРАФИК ПРИ ВЕРИГИ НА МАРКОВ

желана производителност (Sharma, R., & Kumar N., 2015, Sharma R., Kumar, N., & Srinivas, T., 2017). В (Toral-Cruz, H., Pathan, & A., Pacheco, J., 2013, Toral-Cruz, H., Pathan, & A., Pacheco, J., 2011) е демонстрирана възможността за оценка на синхронизацията и загубите на пакети при VoIP трафик чрез моделиране на QoS параметри посредством вериги на Марков. При анализ на данни от WBAN (Wireless Body Area Networks) комуникационни системи за диагностика в медицината, ограничаването на консумацията на енергия и закъснението при тип връзки “end-to-end” се постига чрез QoS методи на основата на указания апарат (Isabel, R., & Baburaj, E., 2016). Също така са широко използвани като средство при оценяване на специализирания ALOHA протокол, реализиран в безжичните мрежи, от гледна точка на различни сценарии (Hanjri, A., Zaaloul, A., & Haqiq, A., 2018).

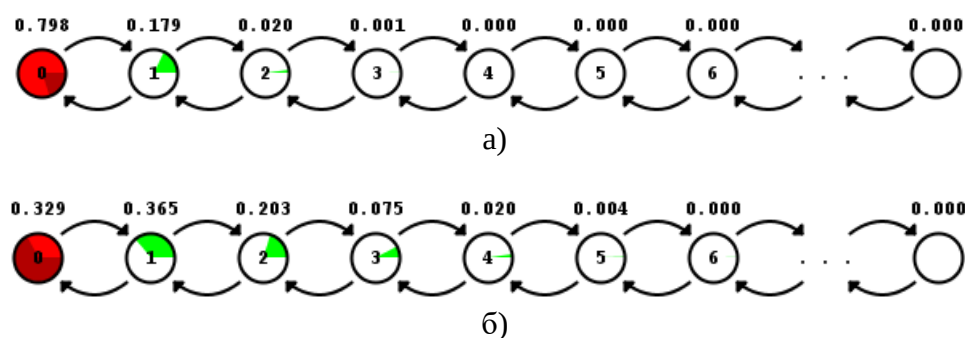
По отношение на Марковските вериги и QoS интерес представлява анализът на критерия за оптималност на обслужения трафик относно различни показатели. В настоящата работа се предлага методика за статистическа параметрична оценка на „времето за освобождаване обработени заявки от системата“ относно установяването на и поддържането му в оптимални граници с цел планиране на трафика. Обект на изследване е верига на Марков с лимитиран капацитет на опашката и фиксирани сървърни станции $M/M/c/k$.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Симуляционно изследване на верига на Марков $M/M/c/k$ с потребителски графичен интерфейс Java Modeling Tool

Проведени са симуляционни изследвания на $M/M/c/k$ при фиксиран „брой сървъри“ и „размер на опашката“, съответно $c = 15$ и $k = 31$ [cust.], както и „средна скорост на постъпване на потребителски заявки“ 0.75 [cust./s]. Натрупани са данни за изменението на параметъра на изходящия трафик „време на освобождаване на обслужени от системата повиквания“ (Exit System - ES) с промяна на „средното време за обслужване на повиквания“ в интервала от 0.3 [s] до 1.48 [s] при постоянна стъпка на нарастване „ 0.02 [s]“.

На фиг. 1 са представени изходните диаграми на преходите и състоянията от симулация на веригата при различни нива „средното време на обслужване“, онагледяващи интензивностите на постъпване на повиквания при различните системни състояния.



Фиг. 1. Диаграми на преходите и състоянията при симулация на верига $M/M/c/k$ ($c = 15$; $k = 31$) при нива на средното време за обслужване а) 0.3 [s] и б) 1.48 [s]

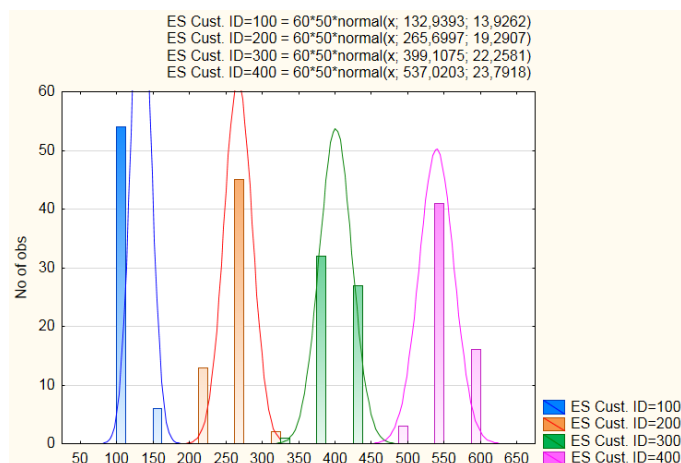
Опитни данни за указания телетрафичен параметър за потребители с идентификационни номера Cust. ID=100, Cust. ID=200, Cust. ID=300 и Cust. ID=400 са импортирани в среда на продукта STATISTICA, частична извадка, за който е показана на фиг. 2.

	1 ES Cust. ID=100	2 ES Cust. ID=200	3 ES Cust. ID=300	4 ES Cust. ID=400
1	139,13	263,41	395,89	532,48
2	144,52	264,66	401,87	529,41
3	125,31	284,52	396,05	534,2
4	143,78	286,95	413,89	525,64
5	129,36	269,04	412,11	566,98
6	116,09	229,69	353,31	503,8
7	133,91	248,85	397,19	538,57
8	131,25	271,77	377,66	507,53
9	145,83	278,56	420,2	573,9
10	130,69	258,34	403,85	548,51
11	131,53	263,77	421,11	564,65
12	130,35	264,38	396,89	540,51
13	116,56	226,51	346,8	495,88
14	116,92	247,24	367,17	511,33
15	102,65	216,1	360,3	500,91
16	148,85	287,6	400,69	518,07
17	119,61	253,54	421,52	581,89
18	162,01	283,71	423,33	575,16
19	144,16	301,71	437,24	574,3
20	146,59	300,25	430,33	564,46
21	125,66	264,19	395,89	506,52

Фиг. 2. Опитни данни относно времето на стартиране на изпълнение на потребителски заявки при верига М/М/15/31 в среда STATISTICA

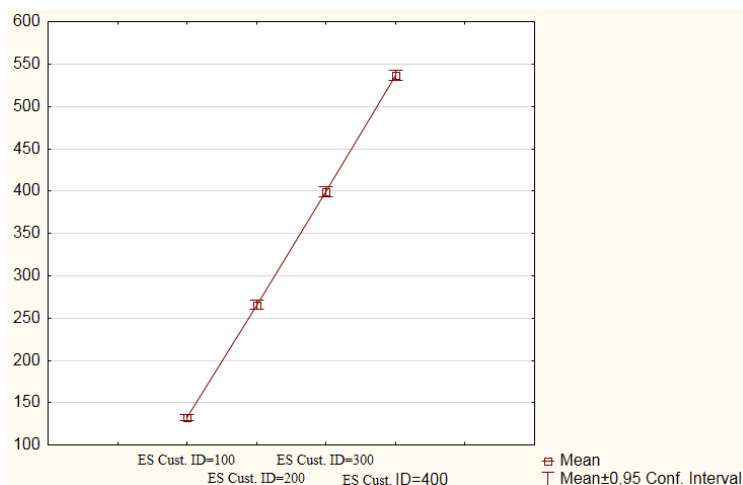
Групов анализ на експерименталните данни в продукт STATISTICA по отношение на нормално разпределение

Същността на анализа се състои в представяне на честотните разпределения на данните за всеки индивидуален потребител по отношение на функциите на плътност на вероятностите (функции на Гаус) на фиг. 3 и диаграма на калкулираните средни стойности за разглежданите информационни потребителски извадки във връзка с приет доверителен интервал 0.95% на фиг. 4.



Фиг. 3. Хистограми на нормално разпределение на променлива ES за потребители Cust. ID = 100, Cust. ID = 200, Cust. ID = 300 и Cust. ID = 400

Опитните хистограми показват сравнително добър характер на нормално разпределение. Като функционални аргументи са изчислени основните параметри определящи техните център и стръмност на наклон, дадени над вероятностните криви. От диаграмата на средните стойности се вижда, че те попадат в дефинираните доверителни граници, което свидетелства също за случайния характер на разпределение на данните. В таблица 1 са включени параметри на база на представената диаграма за всеки целеви потребител, съответно разликата и сбора на средната стойност и стандартната грешка, разликата и сбора на средната стойност и зададения интервал на достоверност.



Фиг. 4. Диаграма на средните стойности относно променлива ES при Cust. ID = 100, Cust. ID = 200, Cust. ID = 300 и Cust. ID = 400 по отношение на доверителен интервал 0.95%

Таблица 3.2. Параметри при оценка на средните стойности спрямо стандартна грешка (SE) и доверителен интервал 0.95% относно променлива ES

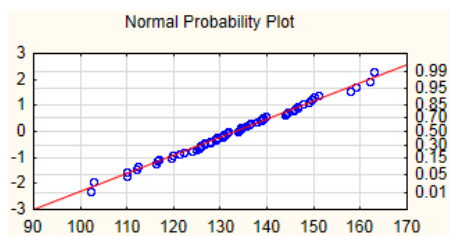
Параметри	Cust. ID = 100	Cust. ID = 200	Cust. ID = 300	Cust. ID = 400
Mean	132.939	265.7	399.108	537.02
Mean-SE	131.141	263.209	396.234	533.949
Mean+SE	134.737	268.19	401.981	540.092
Mean-0.95*Conf.Interval	129.342	260.716	393.358	530.874
Mean+0.95*Conf.Interval	136.537	270.683	404.857	543.166

На следващ етап са реализирани процедури по индивидуален контрол на качеството във връзка с опитните данни за отделните обслужвани клиенти относно това до каква те попадат те попадат в дефинирани оптимални и допустими вариационни диапазони и подлежат на параметричен контрол, разгледано във следващите секции.

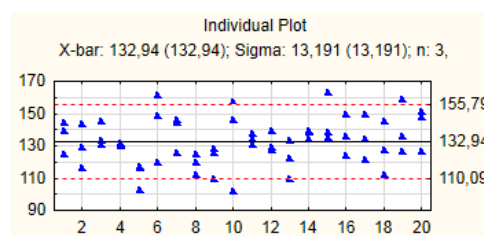
Индивидуален анализ на опитните данни в продукт STATISTICA за потребител с идентификационен номер Cust. ID = 100

Фигура 5 представя анализ на експерименталните данни по отношение на два аспекта, съответно:

- нормално разпределение, за което се потвърждава високо качество на данните, имайки предвид тяхната плътна непосредствена близост до линията от 45° на нормалната вероятностна графика;



а)

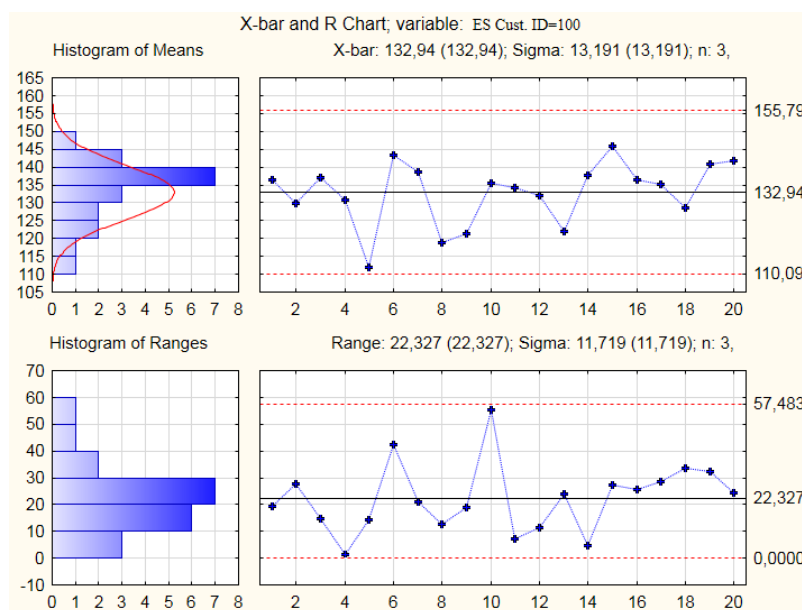


б)

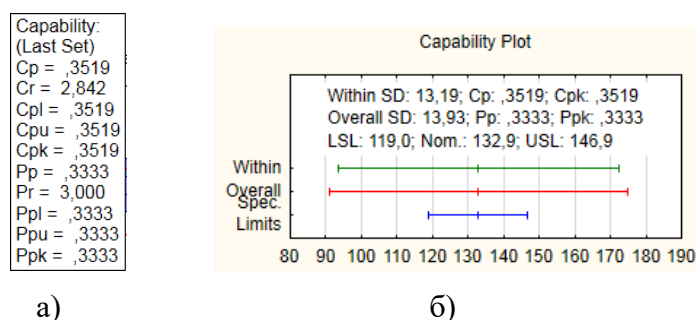
Фиг. 5. Нормална вероятностна графика а) и представяне на опитните наблюдения в оптималните граници на изменение б) при QoS относно потребител с Cust. ID = 100

- разположение на наблюденията в границите за оптимално вариране на изходното телетрафично време. Съгласно, което са определени оптимално времево ниво 132.94 [s], долен 110.09 [s] и горен 155.79 [s] прагове на оптималност.

С цел да бъде ограничен броя на наблюденията от състава на опитните данни, които не попадат в границите за оптималност, са формирани телетрафични еталони за времето на освобождаване на облсужени системни заявки. Всеки еталон се образува на база на три наблюдения. За съответния изследван потребител е генерирана X-Bar и R графика (фиг. 6) визуализираща еталонното рапределение по отношение на оптималния и допустимия диапазон на времево отклонение от оптимално ниво. Графиката включва също така и хистограми на средните стойности и диапазоните на отклонения на всички еталони. Най-доброто ниво на отклонение от определения оптимален праг се равнява на 22.327 [s], а максимално допустимия на 57.483 [s]. Наличието на по-големи отклонения означава, че съответните еталони не подлежат на параметричен контрол като те трябва да бъдат обозначени с червен цвят.



Фиг. 6. X-Bar и R графика на еталоните в границите на оптималния и допустимия диапазон относно променливата ES при Cust. ID = 100

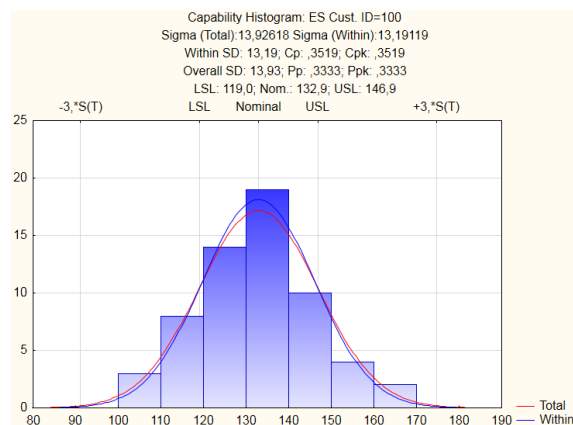


а)

б)

Фиг. 7. QoS показатели а) и QoS диаграма б) при оценка на еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 100

Във връзка с QoS са калкулирани основни показатели за качество и изведени хистограми на нормално разпределение за опитните наблюдения и еталони, представени на фиг. 7 и фиг. 8.



Фиг. 8. QoS хистограма на разпределения на наблюденията и еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 100

Описанието на показателите е следното:

- LSL – Lower Specification Limit;
- USL – Upper Specification Limit;
- C_p – Potential Capability;
- C_r – Capability ratio;
- (C_{pl}/C_{pu}) – Lower/upper potential capability;
- C_{pk} – Demonstrated excellence;

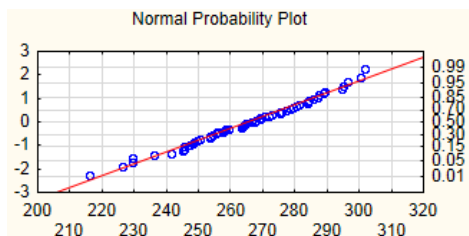
Дадените по-горе параметри се определят спрямо сформирания еталон. Построената хистограма на нормално разпределение на наблюденията „Total“ и функция на плътност на вероятността на еталоните „Within“, допълнително дава информация за показатели:

- Sigma (Total) идентичен с Overall SD;
- Sigma (Within) еквивалентен с Within SD;
- P_p - Potential performance и P_{pk} .

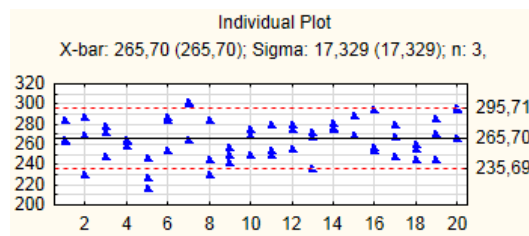
Може да се направи извода, че двата типа опитни данни описват добро приближение спрямо целевите Гаусови функции.

Индивидуална оценка на опитните данни в продукт STATISTICA за потребител с идентификационен номер Cust. ID = 200

По подобен начин са приложени QoS процедури относно данните потребител с идентификационен номер „200“. Не се наблюдават индикации за наличие на наблюдения с отклонение от случаен характер на разпределение при оценка на нормалната вероятностна диаграма на фиг. 9. За указания потребител намерените оптимални ниво на параметъра ES и оптимални гранични стойности са 265.70[s], 235.69[s] и 295.71[s].

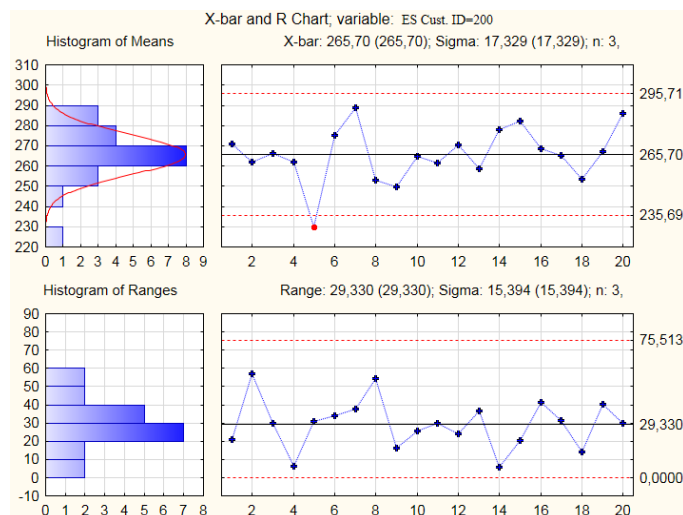


а)



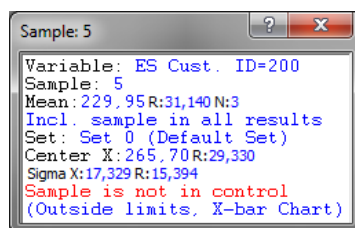
б)

Фиг. 9. Нормална вероятностна графика а) и представяне на опитните наблюдения в оптималните граници на изменение б) при QoS относно потребител с Cust. ID = 200

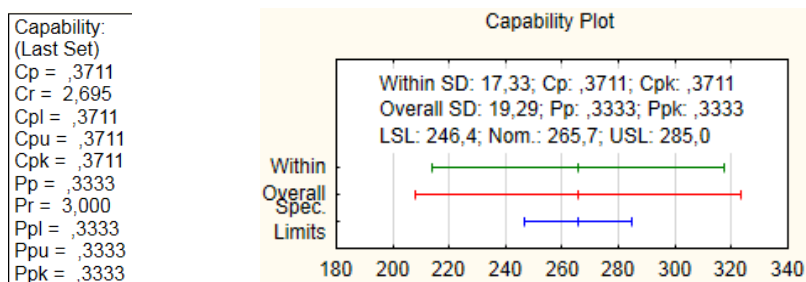


Фиг. 10. X-Вар и R графика на еталоните в границите на оптималния и допустимия диапазон относно променливата ES при Cust. ID = 200

Съгласно X-Вар и R графиката на еталонните диапазони на фиг. 10, оптималното ниво на отклонение от установената целева стойност за параметъра на изходящия трафик ES е равна на 29.330. Забелязва се, че всички еталони варират с отклонения в брзост до оптималния диапазон. Но по отношение на оптималните граници в горната част на графиката се забелязва еталон, намиращ се под долния оптимален праг на контрол (еталон №5). Посредством инструмента за инспекция Brushing може да бъде показана по-детайлна статистическа информация за него, онагледено на фиг. 11.

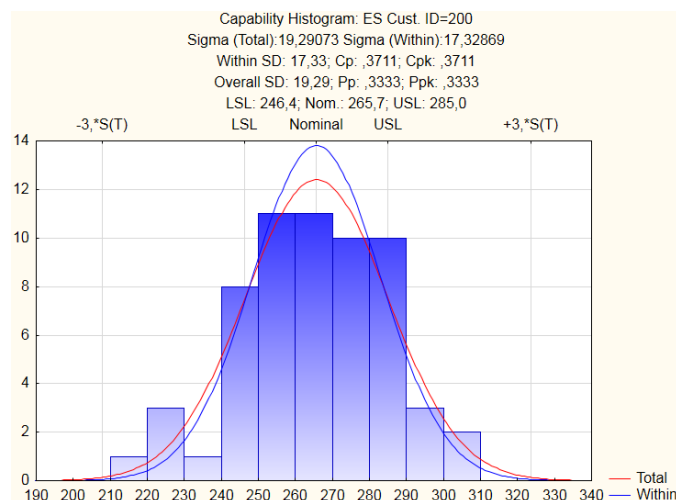


Фиг. 11. Статистически данни за еталон с констатирано QoS нашествие №5 относно променливата SE при Cust. ID = 200



а) б)
Фиг. 12. QoS показатели а) и QoS диаграма б) при оценка на еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 200

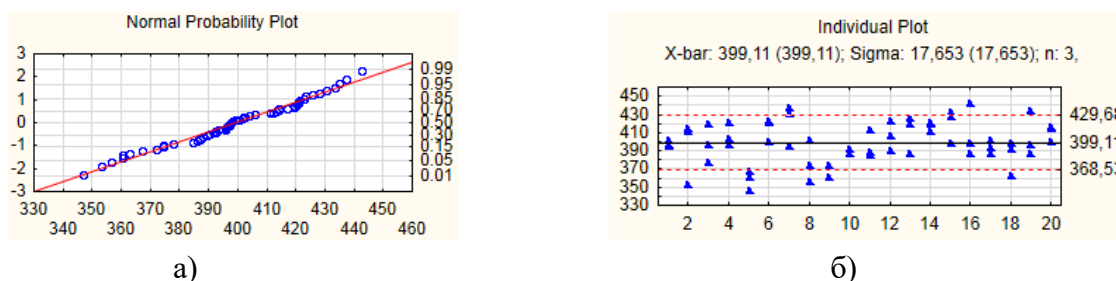
Изчислените QoS показатели за потребител Cust. ID = 200 в числов и графичен вид са представени на фиг. 12. Тук постигната степен на качество Cr е по-ниска в сравнение с оценката за потребител Cust. ID = 100. Регистрирани са добри вероятностни разпределения за информационните наблюдения и еталони на фиг. 13.



Фиг. 13. QoS хистограма на разпределения на наблюденията и еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 200

Индивидуален анализ на опитните данни в продукт STATISTICA за потребител с идентификационен номер Cust. ID = 300

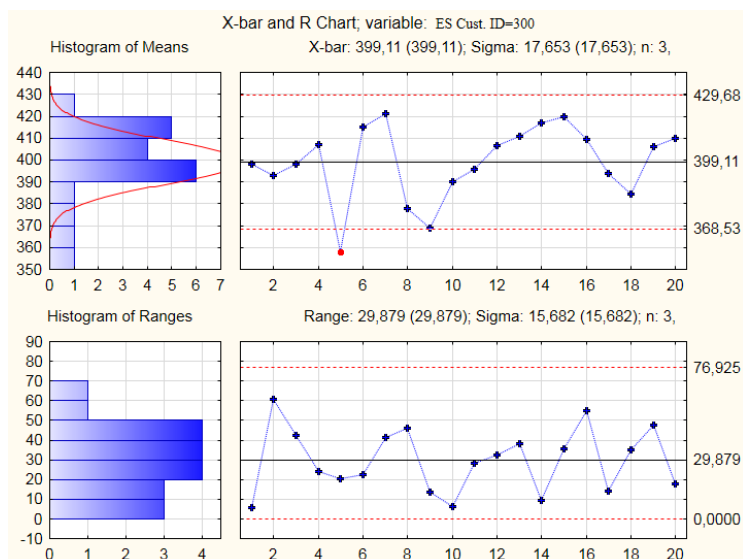
По отношение на приложената QoS процедура при потребител с номер Cust. ID = 300 могат да бъдат направени аналогични разсъждения, както при анализ на данните за предходните два клиента. Установеният диапазон на оптимална вариация на времето на освобождаване на заявки от системата на основата на опитните данни, е от 368.53 [s] до 429.68 [s], а оптималната негова стойност 399.11 [s] (фиг. 14).



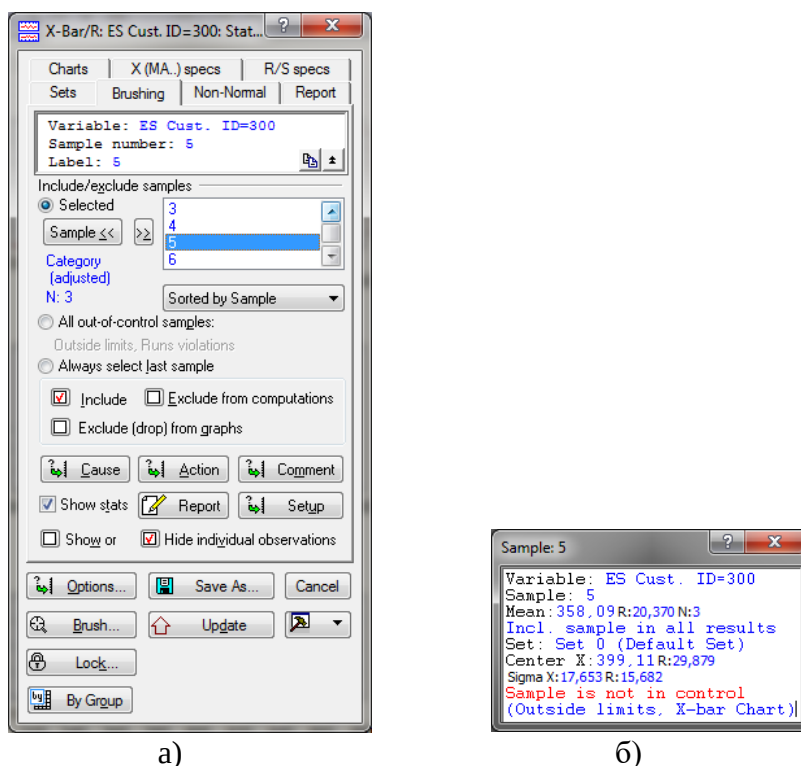
Фиг. 14. Нормална вероятностна графика а) и представяне на опитните наблюдения в оптималните граници на изменение б) при QoS относно потребител с Cust. ID = 300

По подобен начин, както за за предходния изследван потребител, и тук при построяване на X-Bar и R графиката е регистрирано наличие и съвпадение на еталон с нарушение на фиг. 15, намиращ се под долния праг за оптималност. Вижда се, че по отношения на диапазоните на отклонение на еталоните няма наличие за некоректност. Определеният максимален допустим праг е 76.925 [s].

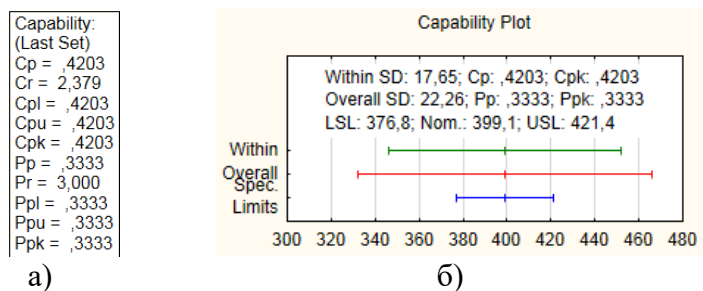
Използвайки инструмента за инспекция Brushing на фиг. 16 освен еталона или еталоните извън параметричен контрол, могат да бъдат анализирани и всички останали еталони, включени в състава на телетрафикното време. Той предоставя, както статистическа параметрична информация, така и информация за потенциалните причини довели до появата на такива еталони и техния краен ефект.



Фиг. 15. X-Вар и R графика на еталоните в границите на оптималния и допустимия диапазон относно променливата ES при Cust. ID = 300

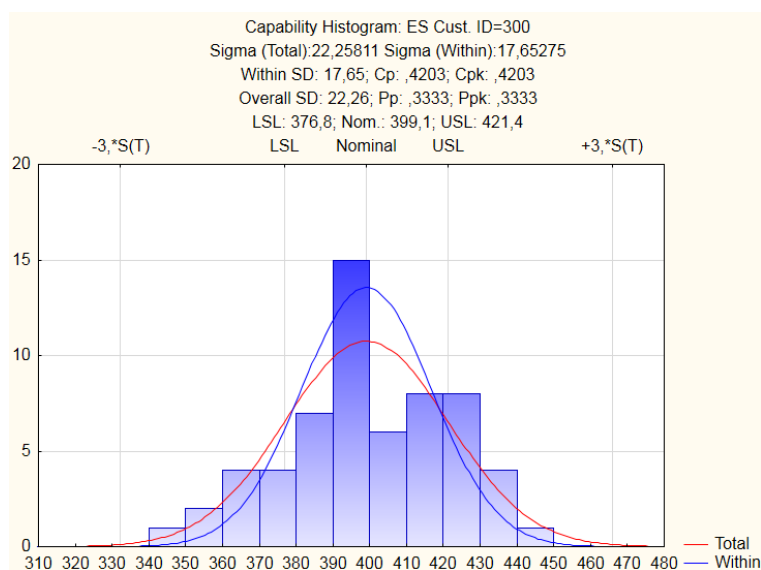


Фиг. 16. Инструмент за инспекция „Brushing“ а) и статистически данни за еталон с констатирано QoS нашурение №5 б) относно променливата SE при Cust. ID = 300



Фиг. 17. QoS показатели а) и QoS диаграма б) при оценка на еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 300

Съпоставяйки степените на качество на фиг. 17 се забелязва, че тук стойността на QoS показателя е най-ниска спрямо анализиранияте данни за изследваните до момента потребители.

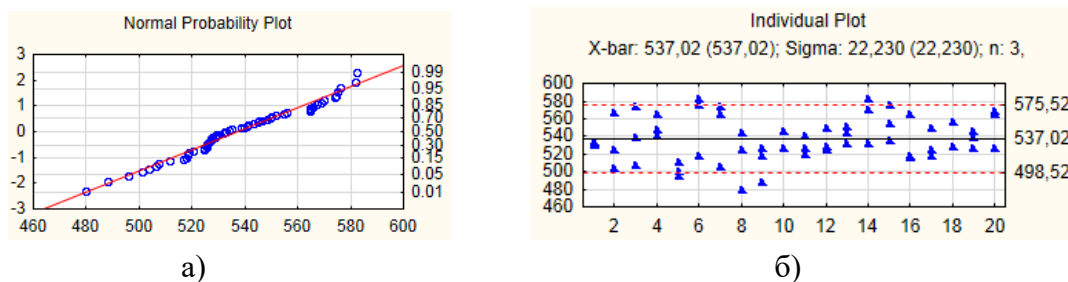


Фиг. 18. QoS хистограма на разпределения на наблюденията и еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 300

Като цяло тестовите данни описват добро приближение спрямо съответстващите и генерираните функции на плътност на вероятностите като по-добро е приближението на калкулираните еталони от това на опитните наблюдения, дадени на фиг. 18.

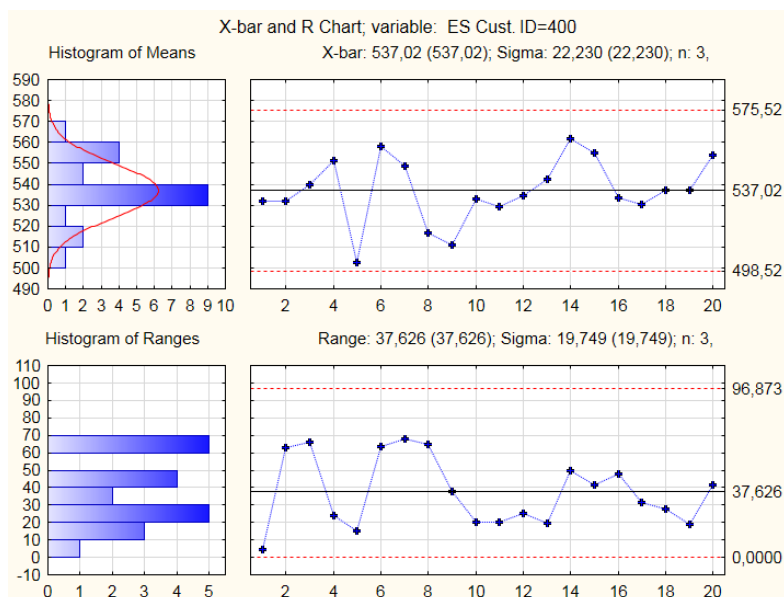
Индивидуален анализ на опитните данни в продукт STATISTICA за потребител с идентификационен номер Cust. ID = 400

Калкулираните спрямо данните за потребител Cust. ID = 400 минимална и максимална граници на оптималност са съответно 498.52 [s] и 575.52 [s], а най-добрата целева оптимална стойност на изменение на телетрафичното време ES е 537.02 [s], както се вижда от фиг. 19.

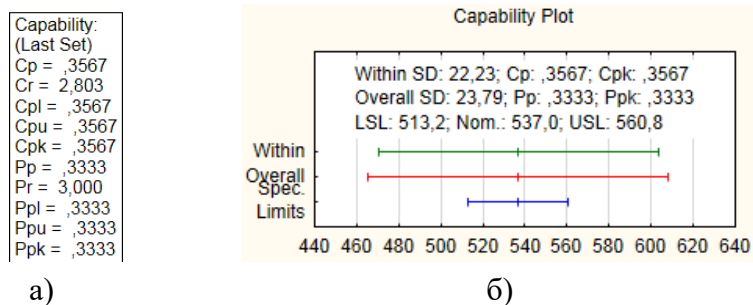


Фиг. 19. Нормална вероятностна графика а) и представяне на опитните наблюдения в оптималните граници на изменение б) при QoS относно потребител с Cust. ID = 400

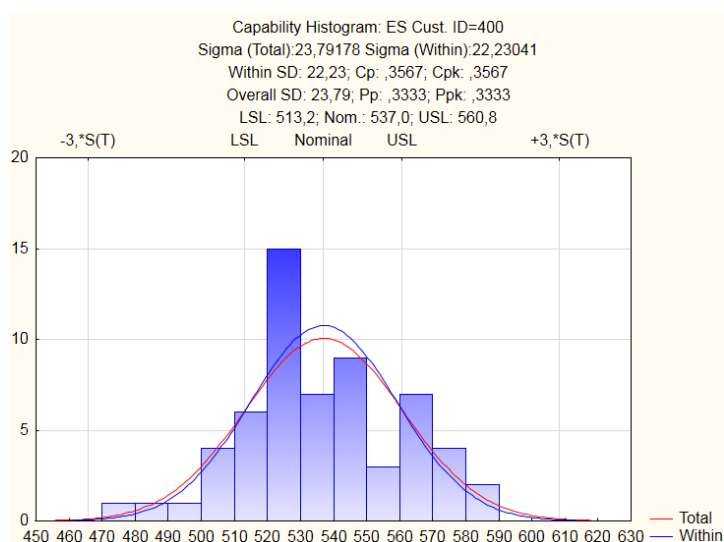
Изхождайки от генерираната X-Bar и R графиката, показана на фиг. 20, не са установяват еталони извън обхвата на фиксиранияте оптимални и максимално допустима от 96.873 [s] граници на телетрафични вариации. Констатираното оптимално отклонение в близост, до което трябва да бъдат еталонните диапазони е 37.626 [s].



Фиг. 20. X-Бар и R графика на еталоните в границите на оптималния и допустимия диапазон относно променливата ES при Cust. ID = 400



Фиг. 21. QoS показатели а) и QoS диаграма б) при оценка на еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 400



Фиг. 22. QoS хистограма на разпределения на наблюденията и еталоните относно променливата ES при Cust. ID = 400

Наблюдава се степен на качество $Cr = 2.803$ (фиг. 21) по-ниска, но донякъде съизмерима с получената при прилагане на процедурите по QoS при потребител с номер Cust. ID = 100,

определяща изследваните данни като данни с по-добро качество относно обработените за Cust. ID = 200 и Cust. ID = 300.

Хистограмата на честотно разпределение на опитните данни за изследвания потребител, показва, че както наблюденията, така и еталоните на фиг. 22, описват добро групиране, доближаващо се до вида на съответстващите и криви на Гаусово разпределение.

ИЗВОДИ

Преложена е методика за диагностика на клиентски информационни масиви относно телетрафични времена на освобождаване на обслужени повиквания по отношение на оптималност и планиране на изходящия трафик при верига М/М/15/31. Разгледаните статистически способности успешно могат да бъдат прилагани при други Марковски вериги за оценка на качеството на предаваните, както изходящи, така и входящи трафични потоци.

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази публикация е реализирана във връзка с Национална научна програма „Информационни и комуникационни технологии за единен цифров пазар в науката, образованието и сигурността (ICTinSES)“, финансирана от “Министерството на образованието и науката” на България“.

REFERENCES

Sharma, R., & Kumar N. (2015). *QoS-Alert Markov chain based scheduling scheme in Internet of Things*. IEEE Globecom Workshops, 6th-10th December 2015, 1-6.

Sharma R., Kumar, N., & Srinivas, T. (2017). *Markov chain based priority queueing model for packet scheduling and bandwidth allocation*. Proceedings of First International Conference UBICTNET, 3rd-7th August 2017, Bangalore.

Toral-Cruz, H., Pathan, & A., Pacheco, J. (2013). Accurate modeling of VoIP traffic QoS parameters in current and future networks with multifractal and Markov models. *ELSEVIER, Mathematical and Computer Modelling*, 57(2013), 2832-2845.

Toral-Cruz, H., Pathan, & A., Pacheco, J. (2011). Modeling QoS parameters of VoIP traffic with multifractal and Markov models. *Springer, Algorithms and Architectures for Parallel Processing*, 7017, 255-265.

Isabel, R., & Baburaj, E. (2016). Markov chain based QoS support for wireless body area network communication in health monitoring services. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 10(10), 1900-1905.

Hanjri, A., Zaaloul, A., & Haqiq, A. (2018). Analytic approach using continuous Markov chain to improve the QoS of a wireless network. *Springer, Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 735, 113-124.