

## Изследване интензивността на входящия поток на заявките за поддържане на земеделска и автотранспортна техника

Димитър Рачев, Даниел Бекана

**Research on incoming order for maintenance intensity distribution stream for agricultural and transport machinery:** Research on incoming order for maintenance intensity is the first problem that arise as theoretical and imperial solving, related to mass customization of maintenance process. The aim of this paper is to determine the character of incoming order for maintenance intensity distribution stream for agricultural and transport machinery, so that maintenance activities will be optimized and its quality improved. In order to imply theory of mass customization it is necessary to prove that the distribution is Poisson distribution.

**Key words:** mass customization, incoming order for maintenance intensity, Poisson distribution,

### ВЪВЕДЕНИЕ

Всяка система за поддържане функционира с цел удовлетворяване на заявки за обслужване. Поради това потока на заявките се явява едно от основните и най-важни понятия от теорията на масовото обслужване.

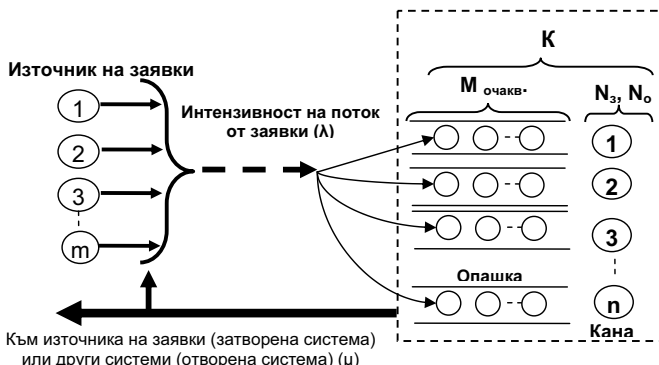
Изследването на потока на входящия, това е първата задача, възникваща както при теоретичната разработка на проблема, свързан с масовото обслужване, така и при практическото прилагане на нейните методи за решаването на конкретни задачи. Каквато и цел да стои пред нас за предприемане на конкретни стъпки по реорганизация на системата за поддържане за подобряване (оптимизиране) качеството на нейното функциониране, винаги трябва отначало да се изследва потока на заявките, постъпващ в тази система. Още по-важно е умението да се описва входящия поток на потребностите количествено. Във връзка с това, целта на настоящата работа е количествено описание на входящия поток на заявките за поддържане, т.е. установяване закономерността на входящия поток на потребностите за поддържане в изследваните сервизни бази на предприятията, занимаващи се със земеделска и автотранспортна дейност.

### ОПРЕДЕЛЯНЕ ЗАКОНА НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ПОТОКА ОТ ЗАЯВКИТЕ

В повечето случаи входящия поток на заявки за поддържане е неуправляем и зависи от редица случайни фактори. Броя на потребностите, постъпващ за единица време е случайна величина. Случайна величина се явява също и интервала от време между съседни постъпващи заявки. Обаче средното количество на заявките, постъпващи за единица време и средния интервал от време между съседни постъпващи заявки се предполага, че са зададени. Средния брой на потребностите, постъпващи в системата за поддържане за единица време, се нарича интензивност на постъпване на заявките.

За пълно описание на потока на потребностите от поддържащи въздействия е необходимо да се знае, каква е вероятността, че за дадения промеждутък от време ще постъпят една, две или  $m$  машини. Да допуснем, че потока на заявките за поддържане в различните интервали от време има различна интензивност  $\lambda$ , характеризираща средната плътност на потока заявки за поддържане във времето [2,3,6]. Моментите в които се появява потребност от поддържане и продължителността на процеса на обслужването са неравномерно разпределени и с различна продължителност, т.е. в потока се образуват участъци на съгъстяване и разреждане. Съгъстяването означава, че се увеличава броя на поддържащите въздействия, а разреждането - непроизводителни престой на отделните звена, осъществяващи поддържащи въздействия. Процесът на провеждане на поддържането представлява случаен процес, при който в случайни моменти системата преминава от едно състояние в друго: променя се броят на заетите

обслужващи апарати, броят на диагностицираните за определено време машини и пр.



Фиг. 1. Структура на процеса на масово обслужване в общ случай:  $\lambda$  - интензивност на входящия поток от заявки за поддържане;  $\mu$  - интензивност на изходящия поток от заявки за поддържане;  $n$  - брой на каналите;  $M_{очакв.}$  - дължина на опашката;  $N_z$  - брой на заетите канали;  $N_o$  - брой на свободните канали;  $K$  - брой на заявките, намиращи се в системата.

Преминаването на системата от едно състояние в друго става скокообразно, в момента в който се събъдва което и да е събитие (постъпване на нова заявка за поддържане, освобождаване на един от обслужващите апарати). И тъй като броят на обслужваните машини е краен, то системата за поддържане може да се разглежда като физическа система с краен брой състояния. За такава система сумата от вероятностите на всички нейни състояния, в които тя може да се намира в определен момент е единица (3.1) [1, 3, 4, 6]:

$$\sum_{k=0}^m P_k(t) = 1, \quad (1)$$

където  $P_k(t)$  е вероятността, че в системата се намират точно  $k$  заявки, които се обработват (обслужват) или чакат обработване (обслужване).

За да можем достатъчно пълно да опишем случайният процес, протичащ в дискретна система с непрекъснато време, нужно е да се анализират причините, предизвикващи преминаването от едно състояние в друго. За системата провеждаща поддържащи въздействия за основен фактор, обуславящ структурата на протичащия в нея процес (фигура 1), може да се приеме потока от поръчки. Този поток се състои от отделни съставляващи го с малка интензивност, т.е. той е стационарен, ординарен и без последствия [1,3,4,5]. Преди да се извършва оптимизиране на тази система, трябва да се изследва потока на заявките, постъпващ в нея.

В [1,3,4,6] се доказва, че при събирането на отделни потоци се получава поток, достатъчно близък до потока, характеризиращ се с "поасоново" разпределение на вероятностите на събитията, при условие, че броят на тези потоци клони към безкрайност. В [5,6] е доказано, че за практически нужди е достатъчно да се използват 4-5 потока, за да може сумарния поток да се приеме за поасонов.

Доколкото интензивността на потока от заявки е функция на интензивността на земеделско-стопанските работи, то в тези стопанства, където натоварването на машините е равномерно  $\lambda = \text{const}$ . В този случай описването на потока и неговото изследване чувствително се опростява.

За да определим математическото очакване на броя на поръчките за поддържане дневно е необходимо да се построи разпределението на случайната величина  $X$  (броят на поръчките за поддържане на ден) по формула 3.2 [1,3,4,6]:

$$M[x] = \sum_{i=0}^m x_i \frac{d_i}{d}, \text{ бр.}, \quad (2)$$

където  $x_i$  е броят на поръчките за поддържане на ден;  $d_i$  - броят на дните с  $x_i$  поръчки дневно;

$d$  - броят на работните дни за съответния период.

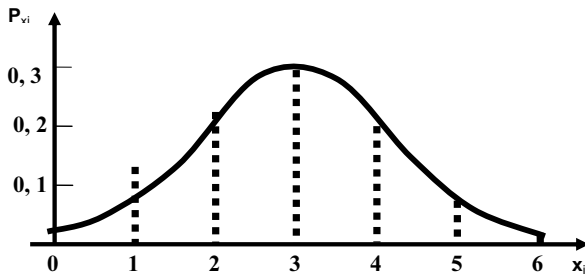
Доколкото параметърът на поасоновото разпределение на вероятностите е равен на математическото очакване ( $M[x]$ ) на случайната величина, то е възможно да се сравни емпиричкото разпределение с разпределението на Поасон с вероятност:

$$P_{xi} = \frac{a^{xi}}{xi!}, \quad (3)$$

където  $a = M[x]$  е параметърът на закона на Поасон.

Теоретичната честота се определя по:

$$d_{Ti} = d \cdot P_{xi}, \text{ бр.}, \quad (4)$$



Фиг. 2. Разпределение на плътността на вероятностите по закона на Поасон

Проверката на хипотезата, че разпределението на вероятностите е поасоново, се извършва с помощта на критерия на Пирсон ( $\chi^2$ ) [1,3,4,6].

Проверката на съгласуваността между теоретическото и експерименталното разпределение се състои в това, че се определя големината на разликата между тях, като сума от квадратите на отклонения  $\left(\frac{d_i}{d} - P_{xi}\right)^2$  т. е.

$$\chi^2 = U = \sum_{i=1}^m \frac{(d_i - dP_{xi})^2}{dP_{xi}}, \quad (5)$$

където  $dP_{xi}$  е теоретичната абсолютна честота в "i" клас след присъединяването;

$d_i$  - опитната абсолютна честота в "i" клас след присъединяването;

$m$  - броя на класовете след присъединяването.

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО НА ВХОДЯЩИЯ ПОТОК НА ЗАЯВКИТЕ

Обект на изследване е процесът на постъпване на потока от заявки "λ" за извършване на поддържащи въздействия в сервисни бази (СБ) за земеделска и автотранспортна техника на 4 предприятия от Русенска област: "Агро Стар" ЕООД, "Берус" ООД; "Сафари – М" ЕООД, които се занимават със земеделска дейност и "Транс Стар" ЕООД, занимаващо се с автотранспортна дейност. СБ на земеделските предприятия са идентични.

За пълното и съдържателно описание на потока от заявки λ за извършването на поддържащи въздействия в СБ на изследваните предприятия е необходимо да се знае, каква е вероятността за това, че в даден интервал от време за изпълнението на заявка ще постъпва една, две, три и т. н. нови заявки.

Известно е, че потока от заявки за поддържане и времето за тяхното изпълнение е случайна величина, откъдето следва, че за пълното описание на случайния процес с дискретни състояния и непрекъснато време трябва да се изследва потока от заявки за поддържане и времето за тяхното изпълнение.

Предполагаме, че потока от заявки е поасонов, т.е. на лице са следните условия: потока от заявки е ординарен, стационарен и без последствия.

Предположението за характера на потока от заявки за поддържане ( $\lambda$ ) на тракторите от теглителен клас 14 kN, 30 kN и на автомобилите проверяваме с помощта на отчетни данни, получени от проведено изследване продължило 3 години (2003-2005г.).

Приемаме, че първото условие е изпълнено, т.е. практически е невъзможно появяването на две или три заявки за поддържане в сервизите, в един и същ момент от време.

Последното условие е потока от заявките  $\lambda$  за извършването на поддържане да е поасонов, т.е. потока трябва да е без последствия. Един поток е без последствия, ако за два произволно непресичащи се участъка от време, броя на заявките за поддържане в единия от тях не зависи от броя заявки за поддържане в другия участък.

В дисциплината "Теория на вероятностите" се доказва, че при поасонския (простия) поток, броят на събитията в произволен интервал е разпределен по закона на Поасон. Ето защо следващия момент от изследването на потока на заявките за поддържане свързваме с проверката на хипотезата за закона на разпределение на Поасон по взаимствана информация за три периода от работата на изследваните 4 СБ на предприятията от Русенска област.

За да определим математическото очакване на броя на поръчките за поддържане дневно, ние построяваме разпределението на случайната величина  $X$  (броят на поръчките за поддържане на ден  $\lambda$ ) с помощта на зависимост (2).

По основната информация за входящия поток от заявки за ТО и Р (поддържащи въздействия) общо на тракторите и автомобилите, който е постъпил за 2003÷2005 г. в изследваните СБ на предприятията са построени емпиричните и теоретични криви на разпределение на средния брой заявки за ден общо на същите машини за месеците и средно за месец на периода (фигури 3, 4, 5 и 6 и 7) и е извършена проверката. Таблица 1 съдържа средните стойности на параметъра на закона на разпределение ( $M\{x\} = a$ ) и критерия на Пирсон ( $\chi^2$ ) съответно за всеки от месеците и средно за месец на периода 2003 - 2005г.

Проверката за верността на допуснатата хипотеза проверяваме с критерия на Пирсон  $\chi^2$  с помощта на зависимост (4). Проверката показва, че  $\chi^2 < \chi_{kp}^2 = \chi_{\alpha,k}^2$ , т.е. нулевата хипотеза не противоречи на опитните данни при степени на свобода  $k=10$  и равнище на значимост  $\alpha = 0,10$ .

$$k = m - s - 1. \tag{6}$$

където  $k$  са степените на свобода;

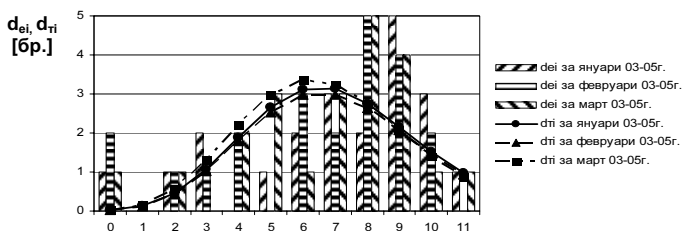
$m$  - броя на класовете след присъединяването ( $m \equiv X_i = 12$ );

$s$  - броят на параметрите на закона на разпределение ( $s = 1$ ).

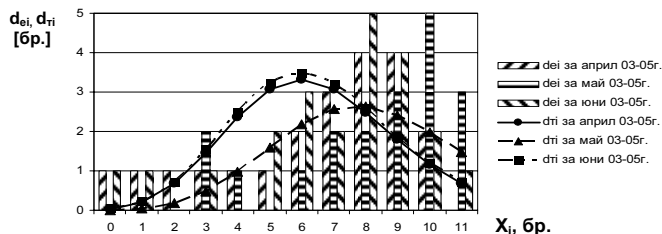
Таблица 1.

Средни стойности на параметъра на потока на заявките за поддържане ( $M\{x\} = a$ ) и критерия на Пирсон ( $\chi^2$ ) общо на тракторите и автомобилите за всеки от месеците и средно за месец на периода 2003÷2005 г.

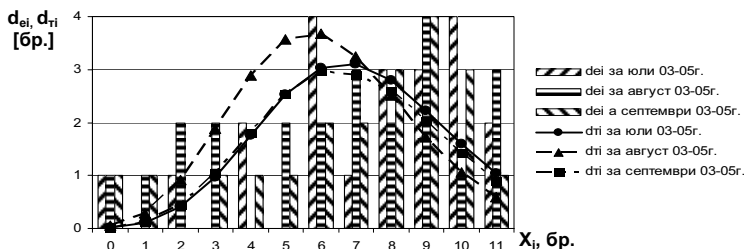
Мес. 03-05г.	$M\{x\} = a$	$\chi^2$	Мес. 03-05г.	$M\{x\} = a$	$\chi^2$	Ср. за мес. на 03-05г.	
						$M\{x\} = a$	$\chi^2$
Януари	7,0476	10,3329	Юли	7,1905	10,9745	6,7623	11,5696
Февруари	7,0500	8,7676	Август	6,1739	12,1694		
Март	6,7726	7,2458	Септември	7,000	13,2301		
Април	6,4763	10,9450	Октомври	7,2868	15,7218		
Май	8,2105	14,0698	Ноември	7,0001	13,8614		
Юни	6,4547	12,5499	Декември	7,1428	15,1723		



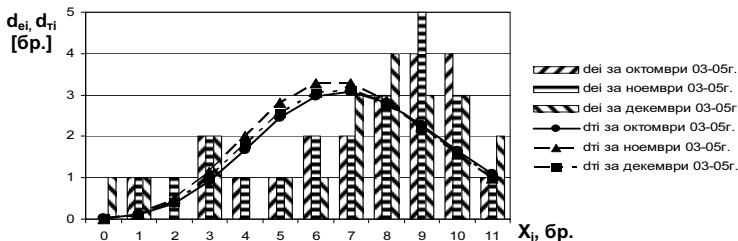
Фиг. 3. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{ri}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните СБ на предприятията за месеците януари, февруари и март на периода 2003÷2005г.



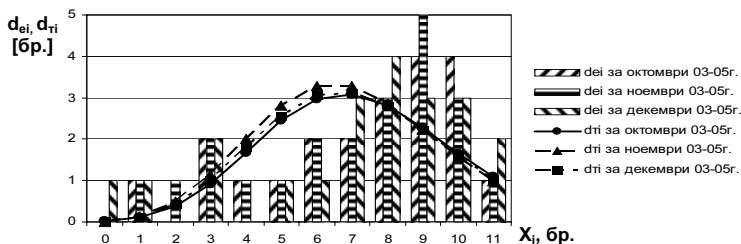
Фиг. 4. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{ri}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните СБ на предприятията за месеците април, май и юни на периода 2003÷2005г.



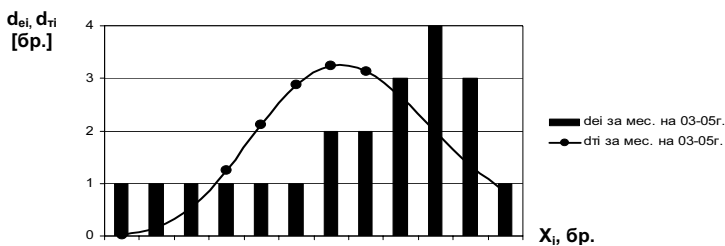
Фиг. 5. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{ri}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните СБ на предприятията за месеците юли, август и септември на периода 2003 ÷ 2005г.



Фиг.6. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{ri}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните СБ на предприятията за месеците октомври, ноември и декември на периода 2003÷2005г.



Фиг.6. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{t1}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните СБ на предприятията за месеците октомври, ноември и декември на периода 2003÷2005г.



Фиг. 7. Емпирична ( $d_{ei}$ ) и теоретична ( $d_{t1}$ ) криви на разпределение на средния брой заявки за ден ( $X_i$ ) общо на тракторите и автомобилите, постъпващи в изследваните сервизни бази на предприятията средно за месец на периода 2003÷2005г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведеното изследване интензивността на входящия поток на заявките за поддържане на тракторите и автомобилите, постъпващ в изследваните сервизни бази на предприятия от Русенска област се установи, че е разпределен по закона на Поасон, съгласуван при равнище на значимост  $\alpha = 0,10$ . Следователно постановката на задачата за масовото обслужване на каналите на сервизните бази за поддържане е валидна.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дудушки И. Изследване и оптимизиране параметрите на сервиз на земеделска техника, Дисерт. За научна степен д-р, Русе, 2008 г.
- [2] Митков А., Минков Д. Математични методи на инженерните изследвания, Русе, 1985 г.
- [3] Митков А., Минков Д. Статистически методи за изследване и оптимизиране на селскостопанската техника, I част, "Земиздат", София, 1989 г.
- [4] Митков А., Минков Д. Статистически методи за изследване и оптимизиране на селскостопанската техника, II част, "Земиздат", София, 1993 г.
- [5] Спиридонов. Г. Оптимизиране управлението на ремонтно-обслужващата система в селското стопанство., Дисерт. за научна степен Д.т.н Русе, 1981 г.
- [6] Спиридонов Г., Тасев Г. Някои теоретико-приложни аспекти на ремонта и поддържането на селскостопанската техника, ВТУ „Ангел Кънчев“, Русе, 1981 г.

Изследванията са извършени по Договор № Д001 - 47/10.12.2005, Регионален център за устойчиво развитие и използване на земеделска и транспортна техника, финансиран от Министерството на образованието и науката.

**За контакти:**

Доц. д-р Даниел Ликаса Бекана, Катедра „Ремонт, надеждност и химични технологии“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 359 82 888 701, e-mail: [dbekana@ru.acad.bg](mailto:dbekana@ru.acad.bg);

инж. Димитър Иванов Рачев, Катедра „Ремонт, надеждност и химични технологии“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, e-mail: [dratchev@ru.acad.bg](mailto:dratchev@ru.acad.bg).

**Докладът е рецензиран.**