

## Анализ на производителността на РТМ

Чавдар Костадинов

**Analysis of the performance of PTM:** The purpose of this article is to analyze the factors affecting the performance of a robotic system and to formulate recommendations on the selection of suitable mathematical model on the basis of which to determine the expected performance of RTM composed of two parallel working machines with different times for processing details at given operating conditions.

**Key words:** robot, robotic technology module, expected performance of RTM.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на настоящата работа е да се анализират факторите, оказващи влияние върху производителността на роботизирана система и да се формулират препоръки относно избора на подходящ математичен модел, на чиято база да се определи очакваната производителност на РТМ, съставен от две паралелно работещи машини с различни времена за обработване на детайлите при зададени условия на работа.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Роботизираните системи са типичен представител на системите за масово обслужване. Основното технологично оборудване подава заявки за обслужване с интензивност  $\lambda$  съответстваща на времето за работа на  $i^{ma}$  машина, а промишленият робот извършва обслужване с интензивност  $\mu$  определена от продължителността на цикъла за обслужване.

Производителността на РТМ, съставен от две или повече паралелно работещи машини, обслужвани от един робот, зависи от техническата производителност и времето за обслужване на всяка машина, както и от допълнителните загуби, породени от чакане за обслужване. Описанието на възможните състояния на системата, съгласно теорията на масовото обслужване, може да се извърши чрез линеен или разклонен граф [1]. Ако времената за обработване (с отчитане на собствените извънциклови престои) са еднакви, се препоръчва използването на линейния граф. При разлика в тези времена е подходящ разклонен граф [2]. Работата за определяне на стойностите на използвани показатели за ефективност (производителност, натоварване на оборудване и др.) при този модел е свързана с големи по обем математически изчисления, което ограничава практическото му използване. Интерес представлява изясняването на условията за използване на математическият модел представляван с разклонен граф.

При известни условия, свързани с моделирането чрез теорията на масовото обслужване [1], производителността на модул от две машини и един робот, определена с линеен граф, е:

$$\Pi_{РТМ} = 2\Pi_M = 2\lambda H_M \quad (1)$$

$$\Pi_{РТМ} = \frac{2\lambda(1+\rho)}{1+2\rho+2\rho^2}, \quad (2)$$

където  $\Pi_M$  е техническата производителност, еднаква за всяка от машините,  $\lambda = \frac{1}{t_{обр}}$ ,  $\rho = \frac{t_{мзо}}{t_{обр}}$ ,  $t_{мзо}$  и  $t_{обр}$  са времена за обслужване и работа, еднакви за всяка машина.

При разклонен граф се използва следната зависимост:

$$\Pi_{РТМ} = \Pi_{M1} + \Pi_{M2} = \lambda_1 H_{M1} + \lambda_2 H_{M2} \quad (3)$$

където  $H_{M1}$  и  $H_{M2}$  е натоварването на всяка от машините, а  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  са

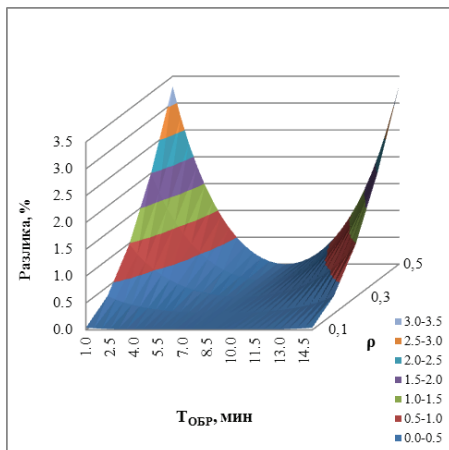
интензивност на подаваните заявки за съответните машини.

За дадена система натоварването на машините се определя чрез изведени зависимости [2], на база изчислени стойности за вероятностите на възможните състояния.

На фиг.1 е представено изменението на разликата (в проценти) между производителността на РТМ от две машини и един робот, изчислена по двата графа спрямо получената стойност по линейния граф.

Графиката е построена при времена за обработване на всяка от машините в диапазон от 1 до 15 минути и отношения на времената за обслужване и обработване ( $\rho$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$ ) в препоръчителния за модули от две машини диапазон от 0.1 до 0.5 [3].

Анализът показва, че при малки стойности на  $\rho$  разликата в определените производителности е незначителна, като при  $\rho=0.1$ , както и при равни времена за обработване, тя е нула. С увеличаване на  $\rho$  и разликата между времената за обработване, разликата в получените стойности на очакваната производителност на модула нараства, като за използвания диапазон от стойности на параметрите тя достига до 3.5 %. По-точното определяне на производителността, чрез използване на разклонен граф, се обяснява с отчитането на допълнителните загуби от чакане за обслужване.



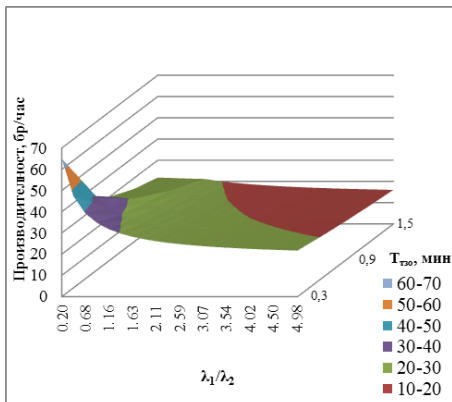
Фиг. 1. Разлика в производителността на РТМ, определена при използването на разклонен и линеен граф

При разлики във времената за работа на машините над 2 пъти и  $\rho > 0.3$  резултатите за производителността по двата графа се различават с повече от 1%. Подобен характер на изменение на разликата се потвърждава и при други изследвани диапазони за работните времената на различните технически единици. Това дава основание в такива случаи да се препоръча използването на аналитичен модел на РТМ, описващ възможните състояния на системата чрез разклонен граф.

За инженерната практика интерес представлява изменението на производителността на роботизирана система от паралелно работещи машини с различни времена за обработване, при еднакво време за обслужване. На фиг.2 е показано изменението на производителността на РТМ от две машини, чиито времена за работа определят отношението  $\lambda_1/\lambda_2$ , а времето за обслужване (еднакво за двете машини) се изменя в диапазон от 0.3 до 1.5 минути, което съответства на изменение на  $\rho_1$  от 0.1 до 0.5.

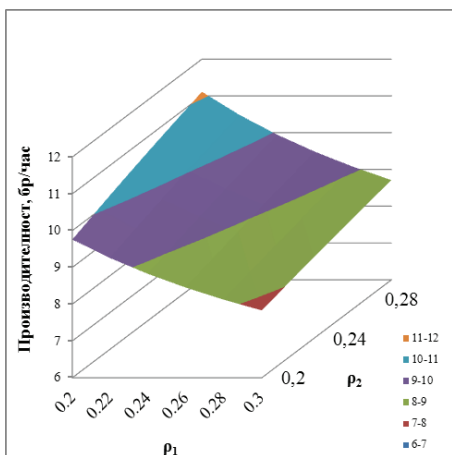
На графиката се откроява зона, определена от времената за работа и

обслужване, за която при дадена продължителност на обслужване компоноването на модул е неефективно. Например, при време за обслужване 1.5 минути и отношение  $\lambda_1/\lambda_2 < 1.6$  натоварването на втората машина е по-малко от натоварването на робота и не би трябвало да се структурира такъв модул. Подобен анализ може да послужи за избор на робот, както и за избор на скоростта на движение на робота по отделните степени на подвижност при зададена траектория на движение.



Фиг. 2. Изменение на производителността на РТМ при  $\mu_1 = \mu_2$

При стойности на отношението  $\lambda_1/\lambda_2 > 2$  и определено време за обслужване разликата в стойностите за производителността е незначителна, което може да се използва като ограничително условие при избора на режими на работа, влияещи върху операционните времена и собствените извънциклови загуби за всяка машина.



Фиг. 3. Изменение на производителността на РТМ при:  
 $t_{обp1} = 9$  мин,  $\mu_1 = \mu_2$ ,  $\rho_1 = 0.2 \text{ :- } 0.3$  и  $\rho_2 = 0.2 \text{ :- } 0.3$

Подобен анализ може да се направи при зададено време на едната машина и често използвания и препоръчителен диапазон за изменение на отношенията  $\rho_1$  и  $\rho_2$  от 0,2 до 0,3, с цел правилен подбор на времената за работа на втора машина или обслужващия ги робот.

На фиг.3 е показано изменението на производителността на РТМ от две машини, чиито времена за обслужване са еднакви и се изменят в диапазон от 1.8 до 2.7 минути, което съответства на посоченото препоръчително изменение за  $\rho$ . Логичното увеличение на производителността на модула с намаляване на времето за работа на втората машина (функция на  $\rho_2$ ) може да се използва при търсене на резерви за повишаване на общата производителност на модул, komponovan с наличен робот, чрез изменение режимите на работа за отделните операции.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Използвайки изведената зависимост за производителност на РТМ от две паралелно работещи машини и един обслужващ робот на база анализ на възможните състояния на системата, описани чрез разклонен граф и графично представените резултати е възможно да се анализира работата на модула и да се прогнозира изменението на производителността в условията на дадено производство. Това позволява при зададен технологичен процес и производствена програма да се избере подходящо спомагателно оборудване за komponovanе на производствена система, както и да се определи групата детайли от производствена номенклатура, чиито времена за обработване и обслужване от робот с определени технически параметри, определят ефективното използване на РТМ.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Москва, Машиностроение, 1979.

[2] Костадинов Ч. Към алгоритъм за определяне на очакваната производителност на РТМ. Научни трудове на Русенския университет – 2015, том 54.

[3] Пенчев М. С., Общ алгоритъм за проектиране на роботизирани модули по зададен технологичен процес. VIII ННТК „АДП”, София, 1997.

#### **За контакти:**

маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

**Докладът е рецензиран.**