



**ПРИНЦИПИ И ОБОБЩЕН КРИТЕРИЙ ЗА ТЕХНИКО -
ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ НА МОБИЛНА
ПЛАТФОРМА ЗА РАДИОМОНИТОРИНГ И ДИСТАНЦИОНЕН
КОНТРОЛ НА ТЕХНИЧЕСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ**

Спиридонава Христина, Филип Илиев, Антонио Андонов
hristinaspiridonova@abv.bg, fgi@mail.bg, andonov@vtu.bg,

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, бул. Гео Милев 158, София
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: информационна система, оптимизация, технико-икономически анализ

Резюме: В предложената статия са изложени и обосновани принципи и подходи за определяне на технико-икономическата ефективност на информационно – комуникационни системи, основани на съпоставянето на количеството на приеманата в зададени условия информация с разходите, необходими за създаването и експлоатацията на такива. Настоящата статия съдържа резултати от работата на авторския колектив по НИП № 1614/22.04.2014г «Разработване на мобилна платформа за радиомониторинг и дистанционен контрол на технически съоръжения в областта на транспорта и съобщенията.»

1. Увод:

Качеството на работа на мобилната платформа, базирана на безпилотен летателен апарат (дрон) за радиомониторинг и дистанционен контрол се характеризира с голям брой показатели, основните от които са: точност, респективно достоверност на възпроизвежданите съобщения, шумоустойчивост, скорост, пропускателна способност, далечина на действие, електромагнитна съвместимост, надеждност, маса и габарити, себестойност, екологична съвместимост.

Съвкупността от показатели за качество на системата е възможно да се представи във вид на вектор, както следва:

$$Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad (1)$$

Най - добра (оптимална) се счита такава система S, когато съответства най- голяма (или най- малката) стойност на някаква функция $\varphi(\cdot)$:

$$Q = \varphi(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad (2)$$

от частните показатели за качество Q_1, Q_2, \dots, Q_n

Стойността на Q се нарича ефективност или обобщен показател за качество на системата, а функцията $\varphi(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ - целева функция на системата. Тази оценка е необходима при системни изследвания, свързани именно с такива задачи, като избор на

система по отношение на съществуващи такива, както и при определяне на оптимален вариант на нова проектирана система. При прилагане на системния подход ефективността се оценява по отношение на цялата съвкупност от подбрани най - съвместими параметри на системата. Оценката на ефективността по отношение на няколко показателя са оправдани още и от това, че те са същевременно база за анализ с цел вземането на решение. Окончателното решение по правило се основава не само на количествените данни от изчисленията но и на опита, интуицията и други евристични категории, които не могат да бъдат отчетени при построяването на математическия модел.

2. Постановка на проблема:

В математическа форма задачата за оптимизация може да бъде формулирана по следния начин (1): да се намери система S , за която:

$$Q(s) = \max_{\varphi} (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad (3)$$

при наличие на съвкупност ограничения:

$$\begin{aligned} \Phi_j(s) &= 0 & j &= 1, 2, \dots, P; \\ \Phi_i(s) &\leq 0 & i &= 1, 2, \dots, r; \\ Q &\leq Q_n \end{aligned}$$

където $\Phi(s)$ и $Q(s)$ - са числови функции на няколко променливи (2).

Техническите параметри на всяка система е възможно да бъдат разделени на външни $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, определящи основни качествени показатели на системата, и вътрешни $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ определящи структурата на системата (3). Но тези параметри могат да бъдат подложени на ограничения, отразяващи реалните условия на работа в процеса на експлоатация на проектираната система. Същите могат да се запишат във вида на уравнения или неравенства:

$$\Phi_{xj}(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0 \quad \Phi_{xj}(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, P; \quad (4)$$

$$\Phi_{yi}(y_1, y_2, \dots, y_n) = 0 \quad \Phi_{yi}(y_1, y_2, \dots, y_n) \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, r; \quad (5)$$

Зависимостта между външните и вътрешни параметри се определя чрез системата уравнения:

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (6)$$

Целевата функция може да се определи като някаква функция на външните параметри $Q = \varphi(y_1, y_2, \dots, y_n)$, която въз основа на уравнения (6) може да се изрази чрез вътрешните параметри:

$$Q(x) = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (7)$$

Тогава задачата за оптимизация може да се формулира по следния начин: при зададени ограничения във вида (4) и (5) е необходимо да се определи вектор на вътрешните параметри, при които се получава максимума на целевата функция (7). Това е стандартна формулировка на проблема от нелинейното програмиране. В частен

случай, когато целевата функция и всички функции, определящи ограниченията линейно зависят от параметрите x_1, x_2, \dots, x_m , задачата се свежда към линейно програмиране. Разпространена се явява оценка във вида на линейната функция:

$$Q = \sum_{i=1}^n \lambda_i \alpha_i \quad (8)$$

където n е броят на отчетените параметри.

Относителните теглови коефициенти λ_i и относителните стойности на параметрите α_i се определят по следния начин (1). Нека основните параметри на системата са зададени с величина C_i (C_i 70), горните и долни граници са определени със стабилните $C_{i\max}$ и $C_{i\min}$ съответно. Тогава относителната стойност на параметъра имащ горна

граница, ще се определя със съотношението $\alpha_i = \frac{C_i}{C_{i\max}}$, а параметъра имащ долна

граница – чрез отношението $\alpha_i = \frac{C_i}{C_{i\min}}$. Всеки параметър се характеризира с

$\lambda_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}$ определено тегло (тегловен коефициент) e_i , или относително тегло. При такова определяне на параметрите, влизащи в сумата (8), е очевидно, че $0 \leq Q \leq 1$. Най – добра ще бъде тази система, за която Q е най – голямо.

Изборът на тегловните коефициенти, в определена степен е произволен. Това се отнася и за избора на броя на отчетаните параметри. Обаче тази неопределеност относно избора може да бъде сведена до минимум чрез разработването на рационална методика за определянето на тези коефициенти. Например, такава е методиката на експерименталните оценки. Абсолютните стойности на теглата не са от значение. Съществени са само относителните тегла. Затова при избора на тегловните коефициенти следва да се отчита относителната значимост на параметрите на базата на тяхното взаимно съпоставяне.

3. Техничко – икономически анализ

В настояще време решаването на оптимизационни задачи за сложни технически системи за информационен обмен са сложни и недостатъчно обозрими за вземане на решение. Затова най – често се прибегва до постоянна процедура за оптимизация. Отначало се провежда оптимизация по отношение на една група параметри, а след това по – други. Така например за една информационна система отначало се осъществява оптимизация (избор) по отношение на способите за предаване на информация (модуляция, кодиране) и обработка (приемане) на сигнали, а след това – оптимизация на параметрите на избрания вариант на системата.

Използваните методи за оптимизация и съответно методите за определяне на ефективността на информационни системи се основава преди всичко на технически критерии. Например, много важни проблеми на съвременната теория на автоматичното управление и комуникации са решени на основата на оптимизация на системите по отношение на такива технически показатели като функционална устойчивост и пропускателна способност на канала. Обаче е очевидно, че при създаването на нови системи или при определяне ефективността на съществуващите системи, оценката по технически показатели е съществено недостатъчна. Всяка техническа задача винаги се състои в това, да се построи най – икономичната система, характеристиките на която удовлетворяват зададените изисквания. Това означава, че е необходим комплексен

техничко – икономически подход, при който съвместно да се отчитат икономически, технически и социални показатели.

Техничко – икономическия анализ се базира най – малко на два показателя: ефективност и разходи (критерии стойност - ефективност). При това, в качеството на основни принципи за определяне на ефективността на информационно – комуникационни системи могат да бъдат принципите на максимума на ефекта Q , или принципите на минимума на разходите W .

Математически формулировката на принципите на максимума на ефекта може да се представи във вида:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= \max Q(x) & x \in X \\ W(X) &= W^I \\ L_i(x) &\in L_i^I & i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

където W^I е допустимата област на изменение: X – допустимата област на способи, респективно на варианти на решението на поставената задача: L_i^I – зададена съвкупност изходни данни и ограничения върху структурата, параметрите и показателите за качество на системата.

Аналогично, принципите на минимума на разходите може да се представи във вида:

$$\begin{aligned} W_{\min} &= \min W(x) & x \in X \\ Q(X) &\in Q^I(x) \\ L_i(x) &\in L_i^I & i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

където Q^I е допустимата област на изменение на ефекта: $W(x)$ – обобщена функция на разходите:

$$W = C + E_H K$$

където W са разходите за единица продукция: C – себестойност на единици продукция: K – капитални вложения: E_H – нормативен коефициент на ефективността на капиталните вложения.

В информационно – комуникационни системи най – общ показател, който определя техническия ефект на системата е информационната ефективност, предавана чрез

относителната скорост на предаване $\eta = \frac{R}{C}$, където C – пропускателната способност на канала. Икономическия ефект на системата се определя от минимално възможните разходи, които са необходими за създаването и експлоатацията на системата. Тези разходи се определят от сложността, която от своя страна зависи от относителната скорост на предаване.

Съпоставянето на техническия ефект и разходите дава достатъчно пълна характеристика на технико- икономическия ефект.

4. Многоканален анализ за съгласуване на техническите параметри при избор на безпилотен летателен апарат (БЛА)

За целите на дистанционен контрол на технически съоръжения се използва малък(БЛА) с телевизионна широкоъгълна камера и предавател на телевизионно изображение към автомобил, на който е монтиран телевизионен приемник. Като критерии за ефективността на оборудването при съгласуване на техническото задание с възможността за избор на БЛА са приети следните:

- максимално разстояние на БЛА от автомобила R;
- максимален диаметър на зоната на видимост на камерата D;
- максимално време на полет в зависимост от капацитета на акумулаторната батерия t;

Предполага се, да се извърши избор между разработените за тази цел серии от различни производители на дроне, товаропределности на които се определя от изискването: общата маса на оборудването плюс този на батерията не бива да превишава 1,7 kg. При скорост на полета 15 km/h консумацията на енергия е 0,8 от капацитета на батерията. За увеличаване на диаметъра D на едновременно оглеждане зона е необходимо да се увеличи височината на полета H, тъй като полето на зрение е фиксирано със своите условни размери, при което може да се приеме, че $D \approx H$. Но при увеличаване на височината на полета на борда е необходимо да се монтира мощна оптика. По информационни източници [1] общата маса на телевизионната камера с оптика може да се предостави със зависимостта

$$G_{on} = G_1 + k_0 H^2, \text{ където } G_1 = 0.2kg; k_0 = 5kg/km^2$$

Допустимата дължина на полета на БЛА от управляващия автомобил се определя от условията за пряка видимост и зависи от мощността на бордовия предавател на телевизионно изображение. Мощността на предавателя трябва да нарастне по квадратимен закон от разстоянието R, масата на предавателя практически е пропорционална на неговата мощност. $G_n = k_R R^2$, където $k_R = 5 \cdot 10^{-4} \text{ кг/км}$

Ще приемем, че за целите на оптимизация и трите критерия са еднакво значими. Тогава уравнението за баланс на масите може да се запише във вида:

$$G_E = G_1 + k_0 H^2 + k_R R^2 + k_T t + G_D$$

Нормиращите делители за критериите се определят чрез поставянето в уравнението на баланса на масите минимално допустимите стойности на критериите:

$$H_{\max} = \left[G_E - G_1 - G_D - k_R R_{\min}^2 - k_T t_{\min} \right]^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{k_0^2} \right)$$

$$R_{\max} = \left[G_E - G_1 - G_D - k_0 H_{\min}^2 - k_T t_{\min} \right]^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{k_R^2} \right)$$

$$t_{\max} = \left[G_E - G_1 - G_D - k_0 H_{\min}^2 - k_R R_{\min}^2 \right]^{\frac{1}{2}} (1 - k_t)$$

С оглед анализа на работната програма и целите на приложение като потребители, задаваме следните минимално допустими стойности на критериите, които ще бъдат използвани за нормиране: $R_{\min} = 1km, t_{\min} = 0.70h, H_{\min} = 0.1km$ Като се поставят съответно тези стойности в приведените по горе равенства, се определят максимално възможните стойности на всеки от критериите, който се използват за нормиране: $R_{\max} = 4.6km, t_{\max} = 1.2h, H_{\max} = 0.46km$ Тогава обобщения критерий има вида:

$$X = \frac{H}{H_{\max}} + \frac{R}{R_{\max}} \frac{t}{t_{\max}}$$

За определянето на оптималните стойности на частните критерии H_{opt} , R_{opt} , t_{opt} , максимизиращи X се използва метода на неопределените множители на Лагранж. За тази цел се формира спомагателната функция Φ :

$$\Phi = \frac{H}{H_{\max}} + \frac{R}{R_{\max}} + \frac{t}{t_{\max}} + \lambda [G_E - G_1 - G_D - k_0 H^2 - k_R R^2 - k_T t]$$

Където λ е неопределения множител на Лагранж.

След при равняването към нула на частните производни функции по отношение на променливите H, R, t , се получава: $H_{opt} = 0.12 km$, $R_{opt} = 1.4 km$, $t_{opt} = 0.79 h$

5. Заключение

Полезната продукция на всяка информационно – комуникационна система е количеството на предадената информация. Тази продукция определя техническия ефект на системата. Следователно, на базата на изложените в настоящата статия принципи, технико-икономическата ефективност на информационно – комуникационни системи е възможно да се определи чрез съпоставянето на количеството на приеманата в зададени условия информация с разходите, необходими за създаването и експлоатацията на такива системи

6. Литература

- [1] Юрлов Ф. Ф. Технико – економическая эффективность сложных радиоэлектронных систем. М. Квант, 2008 г.
- [2] Андонов А. Радиокommunikationни системи със специално предназначение, ВТУ „Т. Каблешков”, монография 300 стр. ISBN 9789541201671, 2009 г.
- [3] Чернева Г. Вариационен метод за оптимизиране на структурата на предаваните сигнали. Conferenceq Advanced Aspects of Teoretical Electrical Engineering, Sozopol, 2007 стр.126-130.

PRINCIPLES AND GENERALIZED CRITERION FOR TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS WHEN DEVELOPING A MOBILE PLATFORM FOR RADIO MONITORING AND REMOTE CONTROL OF TECHNICAL INSTALLATIONS

Hristina Spiridonova, Filip Iliev, Antonio Andonov,
hristinaspiridonova@abv.bg, fgi@mail.bg andonov@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
 158 Geo Milev Steet., Sofia 1574,
 BULGARIA*

Key words: *information System optimization techno - economic analysis*

Abstract: *In the paper are exposed and justified principles and approaches for determining the technical-economic efficiency of information-communications systems, based on the comparison of the quantity of received information at preset conditions with costs necessary for the creation and operation of such systems.*