

МОДЕЛИРАНЕ НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР КАТО КОМПОНЕНТ НА ФУНКЦИОНАЛНАТА УСТОЙЧИВОСТ НА АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ В КРИТИЧНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

Зоя Хубенова¹, Владимир Гергов², Антонио Андонов²
zhubenova@space.bas.bg; vgergov@vtu.bg; andonov@vtu.bg

¹Институт за космически изследвания и технологии – БАН,
София, 1113, ул. "Акад. Г. Бончев", Бл. 1,

²Висше транспортно училище ВТУ „Т. Каблешков”
София 1574, ул. „Гео Милев” №158,
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: човешки фактор, надеждност, автоматизирани системи.

Резюме: Съвременните информационно-технически системи за осигуряване на безопасността на функциониране на потенциално опасни обекти представляват съвкупност от разнообразни човекомашинни системи, процесите в които протичат с участието на човека, под негов контрол и ръководство. При осигуряване на безопасността изключително внимание трябва да се отделя на човешкия фактор, преди всичко в сферата на осигуряване на безопасна експлоатация. В този аспект, предлаганата статия разглежда проблемът за осигуряването на оперативна ефективна диагностика и профилактичен контрол на функционалното състояние на сложни ергатични системи и техните компоненти в процеса на функционирането им. Предложен е модел на управление на надеждността на сложна човекомашинна система на базата на данните от профилактичен контрол на състоянията и показателите на дейността на човешките и машинни компоненти, формиран чрез преобразуването на най-общ ситуационен модел на системата, основан на семиотичната основа на ситуационното управление. Функционирането на системата е представено като процес на изменение на състоянията на анализиранията система, подложена на управляващи, коригиращи, профилактични и пр. въздействия, които се разглеждат за реализираната система върху крайни интервали от време T , където T е време за експлоатация, определено от между профилактичния период, а за оператора – време на дежурство. При тази постановка, въз основа на предложения ситуационно-вероятностен модел е решена задачата за управление на системата „човек-машина” и нейните компоненти чрез прогнозиране на вероятностните характеристики на функциониране по данни на статистиката от профилактичния контрол, коригирани при всяка стъпка на прогнозата.

1. СИТУАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТЕН МОДЕЛ НА ПРОЦЕСА НА ФУНКЦИОНИРА-НЕ НА СИСТЕМАТА.

Функционирането на системите може да се представи като процес на изменение на състоянията на анализиранията система, подложена на управляващи, коригиращи, профилактични и пр. въздействия, които се разглеждат за реална система на крайни интервали от време $[0 \leq t \leq T]$, където T е време за експлоатация, определен от междупрофилактичния период, а за оператора – времето на дежурство. В качеството на обекти на модела могат да се приемат множеството X_c от състоянията на системата и множеството X_L на управляващите въздействия. При това е изпълнено, че:

- множеството X_c на състоянията на системата и X_L на управляващите въздействия са дискретни и крайни и времето за функциониране на системата е дискретно и се изменя с интервал Δt ;

- системата във всеки един момент се намира в едно състояние $x_c(t_i)$, принадлежащо на зададеното множество X_c ;

- системата във всеки един момент, освен последния ($t = T$), се подлага на едно и само на едно въздействие $x_i(t_i)$, принадлежащо на множеството X_L ;

- управляващото въздействие $x_i(t_i)$ привежда системата от състояние $x_c(t_i)$ в състояние $x_c(t_i + \Delta t)$ в следващия момент ($t_i + \Delta t$).

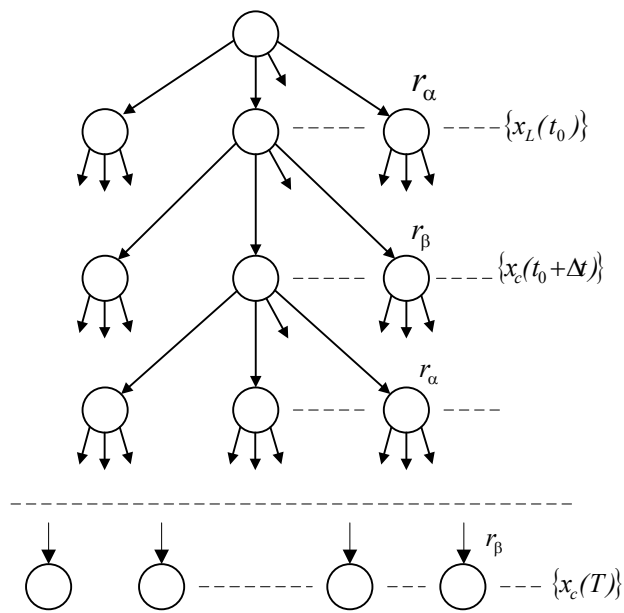
Тогава може да се построи модел на функциониране на системата, намираща се в момента t_0 в състояние $x_c(t_0)$. Множеството X_L на управляващите въздействия съдържа m елемента x_{lj} ($j = \overline{1, m}$). Може да се приеме, че множествата на състоянията и въздействията от един момент са свързани с отношението „подлага се на въздействие“ $r_\alpha: X_c(t_i) \xrightarrow{r_\alpha} X_L(t_i)$. При това:

$$(1) \quad X_c(t_i) \xrightarrow{r_\alpha} \bigcup_{j=1}^m x_{lj}(t_i).$$

В съответствие с посочените изходни допускания множеството на въздействията $X_L(t_i)$ е свързано с предшестващото времево отношение r_β с множеството на състоянията $X_c(t_i + \Delta t)$. Множеството състояния съдържат n елемента x_{ck} ($k = \overline{1, n}$) и съответно:

$$(2) \quad X_L(t_i) \xrightarrow{r_\beta} \bigcup_{k=1}^n x_{ck}(t_i + \Delta t).$$

Въз основа на изложеното по горе, може да се построи модел във вида на ориентиран граф (фиг. 1), описващ поведението на системата.



Фиг.1

Моделът на функциониране на системата представлява ориентирано дърво. Да определим основните характеристики на модела. Броят N на интервалите от време за функциониране за текущият момент от време t са: $N = \frac{T-t}{\Delta t}$. От (2) следва:

$$N = \frac{1}{\Delta t} \overline{(T, 0)}$$

Броят k на крайните върхове на графа могат да се намерят при следните съображения. Множеството дъги включват елементи, характеризиращи въздействията във всеки момент от време (отношението r_α) и елементи, описващи преходите в следващите състояния (отношението r_β) [1,2].

Както се вижда от фиг. 1 за $k = m^N n^N$, а при отчитане на $N = \frac{T-t}{\Delta t}$ следва:

Броят D на дъгите на графа са:

$$(3) \quad D = \sum_{\gamma=1}^N (mn)^\gamma + \sum_{\gamma=1}^N (mn)^{\gamma-1},$$

а общият брой върхове на графа е:

$$(4) \quad D + 1 = 1 + m(1 + n) \frac{1 + (mn)^N}{1 + mn}.$$

2. ВЕРОЯТНОСТНИ ОЦЕНКИ И МОДЕЛИ НА ФУНКЦИОНИРАНЕ.

Преходът от модела на обектите и отношенията на ЧМС към графа на функциониране може да бъде осъществен на база пресмятане на съществени, от гледна точка диагностиката, състояния (върхове на графа) на елементите на модела,

разглеждани в качеството си на обекти на системата като цяло, нейните подсистеми (звена, елементи) и включваща класовете обекти:

- елементи, звена, подсистеми и ЧМС като цяло (\tilde{X}_1)
- характеристики на елементите, звената, подсистемите на системата (\tilde{X}_2)
- показатели на анализирани характеристики (\tilde{X}_3)
- стойности на показателите (\tilde{X}_4)

Елементи на множеството \tilde{X}_1 са (b, a, h) - многополюсници (преобразователи), където $a_1 \geq 1$ е брой на характеристиките на \tilde{X}_2 на елемента $\tilde{X}_{1v} \in \tilde{X}_1$;

$b_1 \geq 1, h_1 \geq 1$ са броя, съответно на входните и управляващи канали, определяни от структурата на анализирания ЧМС.

Характеристиките (елементите \tilde{X}_2) представляват $(b, a, 0)$ - многополюсници, където $a_2 \geq 1$ е броят показатели на анализирания характеристика; $b_2 \geq 1$ - броят на елементите на множеството \tilde{X}_1 , свързана с характеристиката $\tilde{x}_{2p} \in X$.

Моделът включва обектите:

- характеристики $X_1 \in \tilde{X}_2$
- имена на показатели (индикант) $X_2 \in \tilde{X}_3$
- стойност на показателите (индикант) $X_3 \in \tilde{X}_4$

Множеството X_1 включва формираните въз основа на анализа в процеса на контрол на ЧМС подмножества:

- показатели на дейността на оператора в системата;
- функционирането на ЧМС като цяло, нейните подсистеми (звена, елементи), значими за решаването на задачите за диагностика на човека-оператор (ЧО).
- показатели за функциониране на системата като цяло, нейните подсистеми, звена, елементи, в това число ЧО, значими от гледна точка на целевата функция на системата;
- психофизиологичните характеристики на ЧО в процеса на дейност;
- показатели на състоянието на ЧМС като цяло, нейните подсистеми (звена, елементи) в процеса на функциониране, значими за решаване на задачите за диагностика ФС и динамиката на дейността на ЧО.

При това характеристиките се представят $(0, a, 0)$ - полюс (източник), където $a \geq 1$ - брой индикатори, свързани с анализирания характеристика; индикатор – $(1, 1, 0)$ – полюс, стойности $-(1, 0, 0)$ - полюс (източник).

Връзката на елементите на D-мрежата се изразява с отношенията:

r_{D1} - „има индикант” – отношения, свързващи източници и преобразователите на мрежата ($X_1 r_{D1} X_2$).

r_{D2} - „има величина” – отношения, свързващи преобразователи и източници на мрежата ($X_2 r_{D2} X_3$)

Всички полюси разглеждани в D-мрежата са вътрешни. Моделът Ω е множество от затворени D-мрежи: $\Omega_i \subset \Omega$. Цялата информация, циркулираща в представените по този начин мрежи, може да се разглежда в модела като вътрешна, генерирана (b, a, h) – полюс на мрежа. Отношенията в модела се отнасят към класа на несиметричните [3,5].

Диагностиката на състоянията – върхове на графа може да се направи по пътя на преобразуване на модела в съответствие с диагностичната структура, съдържаща нивата отдолу нагоре:

- индикатор;
- симптоми;
- състояния;
- оценки на състоянията (за оператора – работоспособност).

Нивата на симптомите X_s , съдържащ класовете X_p параметри и оценките на параметрите X_p : $X_s = X_p \cup \tilde{X}_p$, се образуват като резултат от анализа на ниво индикант.

Класът параметри се представя от обобщение на класа индикант, такива, че множеството X_2 индикант еднозначно да се разпознава от обединението на множествата x_{p1}, x_{p2}, \dots . Особеността на формирането на класа оценки на параметрите е в това, че множеството \tilde{X}_p е изображение Φ на множеството X_3 от стойности както следва:

$$(5) \quad \tilde{X}_3(t_0) = \Phi \left\{ X_3(t) \right\}_{t=0}^{t_0}$$

Както психофизиологичните показатели, така и показателите на дейността на ЧО, състоянията и функционирането на системата (подсистеми и т.н.) могат да съответстват както числови, така и изразени в словесна форма елементи \tilde{X}_p (оценки от вида „колебание”, „падане”, „ръст”, „превишаване на нормата” и т.н.) [4].

Обобщение на нивата на индикатор се осъществява на основа сравнителен анализ на моделите на нивата индикатор в интервала $[0 \leq t \leq t_0]$, където $t = 0$ е началото на работа на системата; $t = t_0$ - текущото време.

Прогноза и управление на надеждност на ефективно функциониране на ЧМС се строи с цел едновременно решаване задачите за достигане на целевата функция на системата и осигуряване условията на труда, необходими за съхраняване здравето и хармоничното развитие на ЧО. Достигането на целевата функция на системата се оценява по достигане на анализа и осигуряване на условия $\{C_w\}$ на труда на оператора в съответствие с медико-санитарните норми (изисквания), определени от гледна точка на създаване на условия за хармонично развитие на личността, т.е. задачата за прогнозиране на ФС на ЧО е задача за определяне:

$$(6) \quad \{V(t_0 + t)\}, \{Q(t_0 + t)\}, \{C_w(t_0 + t)\} / \{V(t_0)\} \\ \{Q(t_0)\}, \{C_w(t_0)\} \Big|_{t_0=0}^{T-\tau},$$

където τ - минимално необходимото време за прогнозиране.

Ефективността на дейността на функциониране на оператора може да бъде прогнозно оценена по вероятността на достигане на системната цел, т.е.

$$(7) \quad P_u = P\{\{V(t)\}, \{Q(t)\} / \{V(t_0)\}, \{Q(t_0)\} \Big|_{t=t_0+\tau}^T \Big|_{t_0=0}^{t-\tau} \in \{V_{зад}(t)\}, \{Q_{зад}(t)\} \Big|_{t=t_0+\tau}^{t-\tau}\}$$

$$P_w = P\{\{C_w(t)\} / \{C_w(t_0)\} \Big|_{t_0+\tau}^T \Big|_{t_0=0}^{T-\tau} \in \{C_w(t)\} \Big|_{t=t_0+\tau}^T\}.$$

По такъв начин всеки от множеството върхове $\{x_c(\overline{t'=0, T-\tau})\}$ на графа на функциониране може да се охарактеризира с вероятностите:

$$(8) \quad P_u P_w(t_0 = t', t = \overline{t'+\tau, T}) \quad P_u P_w(t_0 = \overline{0, t'-\tau}, t = \overline{t_0 + \tau, T})$$

Състоянията X_c могат да бъдат разбити на групи от гледна точка на осигуряване на работоспособността на оператора и системата като цяло при условия за съхранение здравето на човека-оператор. Избора на алгоритъм за управление на ЧМС по модела представлява задача за избор на път на графа от фиг.1. Практически се решава въпросът за избор на управляващо въздействие в момента $t + \Delta t$ на системата (подсистема, елемент) при известно нейно текущо състояние.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Предложеният в настоящата работа ситуационно-вероятностен модел на управление на надеждността на сложна система, дава възможност да се реши поставената задача включително за системи, съдържащи не само машинни, но и човешки подсистеми (звена, елементи). Използваният модел дават възможност да се построи подсистема, осигуряваща управление на надеждността на ЧМС по данни на профилактичния контрол, което повишава експлоатационната надеждност и ефективността на сложните системи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Губинский А. И. и др., Надежность комплексных систем человек-техника., Л. Судостроене, 1976
- [2]. Getzov P.S., Angelov P.S., Hristov P.L. A Method for Control and Diagnostics of an Aircraft Automatic Control System using Simulation. International Conference AIRDIAG'91, 1991, p. 8, Warsaw, Poland.
- [3]. Lootsm F. Numerical Methods for Optimization, Academic press ing., New York, 2005.
- [4]. Salvendy Gavriel, Handbook of Human Factors and Ergonomics [Hardcover] Hobokenq New Jersyq2012
- [5]. System Engineering Handbook, Edited by Machol R. McGRW BOOK COMPANY, New York, 1995.

MODELING THE HUMAN FACTOR AS A COMPONENT OF OPERATIONAL SUSTAINABILITY OF AUTOMATED SYSTEMS IN CRITICAL APPLICATIONS

Zoya Hubenova¹, Vladimir Gergov², Antonio Andonov²
zhubenova@space.bas.bg; vgergov@vtu.bg; andonov@vtu.bg

¹SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE – BAS
Sofia 1113, Acad. Georgy Bonchev Str., bl.1

²UNIVERSITY OF TRANSPORT TODOR KABLESHKOV,
Sofia 1574, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA

Key words: human factors, reliability, automated systems.

Abstract: Modern information and technical systems for ensuring the safety of the operation of potentially dangerous objects are a set of various man-machine systems, where processes take place with the participation of the person under his control and direction. When ensuring the safety utmost attention must be paid to the human factor, primarily in the field of the safe operation. In this aspect, this paper discusses the problem of providing effective operational diagnostics and preventive control of the functional state of ergatic complex systems and their components in the process of operation. A model is being proposed for managing the reliability of a complex man-machine system based on the data obtained from the prophylactic control of conditions and indicators of the performance of human and machine components formed by conversion of the most common situational model of the system based on the semiotic basis of situational management. The functioning of the system is represented as a process of change in the conditions of the analyzed system under managing, correcting, prophylactic, etc. impacts, that are considered as such for the generated system on the extreme intervals T , where T is the time of operation as defined by the prophylaxis period, and for the operator – time on duty. In this scenario, based on the proposed situational-probabilistic model the problem about the management system "man-machine" and its components is solved by predicting the probabilistic characteristics of functioning according to statistics from the preventive control, adjusted at each step of the forecast.