

UO‘K 621.391.175

MA'LUMOTLAR TO'LIQ BO'LMAGANDA MURAKKAB TIZIMLARNI ISH QOBILIYATLILIK SATHLARINI OPTIMALLASH USULLARI

Xaydarov Shamsiddin Abdijalilovich- texnika fanlari nomzodi, dotsent,
e-mail: 375-atmmk@mail.ru

Alikulov Tuygun Avlakulovich – fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent,
e-mail: ata6591@mail.ru

Egamov Mirshohid Xolmurodovich - pedogogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
e-mail: mirshohid.egamov@mail.ru

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti. Qarshi sh., O'zbekiston.

***Annotatsiya.** Texnik tizimning xarakteristikalarini to'g'risida to'liq bo'lmagan ma'lumotlar sharoitida ishlash qobilyatlilik sathlarini optimallashtirish usuli taklif etiladi. Taklif etilayotgan modellashtirish va optimallashtirish usuli taqsimotning boshqa turidan foydalanganda aniq o'zgarishlarni hisobga oladi. Diskret holatlar to'plamidagi o'tishlar va o'tish ehtimoli aniqlanadi. Optimal boshqaruv strategiyasini tanlashda moslashuvchan yondashuv taklif etiladi. Ma'lum bir shartlar bajarilganda tizimning rivojlanishini Markov jarayoni bilan tasvirlash mumkinligi ko'rsatilgan.*

***Kalit so'zlar:** ishonchlilikning matematik modeli, tizimning ish qobilyati, buzulishsiz ishlash ehtimoli, nosozlik intensivligi, qayta tiklash intensivligi, o'tish ehtimoli, Markov jarayoni, modellashtirish, optimallashtirish.*

УДК 621.391.175

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ УРОВНЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Хайдаров Шамсиддин Абдижалилович – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: 375-atmmk@mail.ru

Аликулов Туйгун Авлакулович - кандидат физико-математических наук, доцент,
e-mail: ata6591@mail.ru

Эгамов Миршохид Холмуродович – доктор философии по педагогическим наукам (PhD), доцент
e-mail: mirshohid.egamov@mail.ru

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** Предлагается метод оптимизации уровня работоспособности технической системы в условиях неполной информации о ее характеристиках. Предлагаемый метод моделирования и оптимизации рассматривает очевидные изменения при использовании другого типа распределения. Определяются переходы на дискретном множестве состояний и вероятности переходов. Предлагается применить адаптивный подход к выбору оптимальной стратегии управления. Показано, что при определенных условиях эволюция системы может быть описана марковским процессом.*

***Ключевые слова:** Математическая модель надежности, работоспособность системы, вероятность безотказной работы, интенсивность отказа, интенсивность восстановления, вероятность переходов, марковский процесс, моделирование, оптимизация.*

UDC 621.391.175

METHODS FOR OPTIMIZING THE LEVEL OF WORKABILITY OF COMPLEX SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION

Xaydarov Shamsiddin Abdijalilovich- candidate of technical sciences, docent,
e-mail: 375-atmmk@mail.ru

Alikulov Tuygun Avlakulovich – candidate of physical and mathematical sciences, docent,
e-mail: ata6591@mail.ru

Egamov Mirshohid Xolmurodovich - doctor of philosophy (PhD) in pedagogic sciences, docent,
e-mail: mirshohid.egamov@mail.ru

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. A method is proposed for optimizing the level of operability of a technical system under conditions of incomplete information about its characteristics. The proposed modeling and optimization method considers obvious changes when using a different type of distribution. Transitions on a discrete set of states and transition probabilities are determined. It is proposed to apply an adaptive approach to choosing the optimal control strategy. It is shown that under certain conditions the evolution of the system can be described by a Markov process.

Keywords: Mathematical model of reliability, system operability, probability of failure-free operation, failure rate, recovery rate, transition probability, Markov process, modeling, optimization.

Kirish

Ma'lumki, murakkab tizimlarni kuzatishlar va ishlatish jarayonida uning barcha texnik xususiyatlarini yomonlashi bilan ularning ishdan chiqish ehtimoli ham ortib boradi. Ko'pgina hollarda, tizimning buzilishsiz ishlash ehtimoli modellashtirishda eng muhim tushunchalardan biri hisoblanadi, chunki bu tizimning uzoq vaqt ishlamay qolishiga va uni qayta tiklash uchun katta xarajatlarga olib kelishining oldini oladi. Texnik tizimning xarakteristikalarini to'g'risida to'liq ma'lumotlar bo'lmagan sharoitida ish qobiluyatining sath darajasini optimallashtirish usulini ishlab chiqishni taqozo etadi. Mazkur maqolada ushbu muammoni hal qilish uchun moslashuvchan yondashuv usulni taklif qilamiz. Tizimni ishlash davomida olingan kuzatishlar natijalari, keyingi boshqaruv strategiyasini takomillashtirishda doimiy ravishda qo'llaniladi.

Tadqiqot natijalari

Tizimni isonchliligini modellashtirishda asos qilib qaror qabul qilishning Markov jarayonini tanlan olamiz [1]-[6]. Buning uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz: E -holatlar to'plami, Y -boshqaruvlar to'plami, Q -E holatlar to'plamida bir qadamli o'tishlarni aniqlovchi o'tish funktsiyasi, π - betvosita foyda funktsiyali boshqaruv strategiyasi.

Biz holatlar to'plamini chekli deb olamiz. Buning uchun $E = [0, \infty)$ to'plamdan N diskret nuqtalarni tanlaymiz. Diskretlashtirish qadami h - bo'lsin. N soniga qiymatlar berib, holatlar sonini aniqlaymiz. U holda holatlar to'plami $E = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ bo'ladi. Agar nazorat paytida tizimning holati $[h, (i+1)h), 0 \leq i \leq n-1$ yarim intervalga tushib qolsa, u holda $x_i = ih$ holat kuzatilgan deb qabul qilamiz. Qiymatni yarim oraliqdan $[nh, \infty)$ kuzatishdagi holatni x_n belgilaymiz.

Aytmalik Y - boshqaruvlar to'plami i elementlardan iborat bo'lsin: $\{y_1, y_2, \dots, y_i\}$ larning har biri istalgan holatda qo'llanilishi mumkin.

$\omega : E \rightarrow Y$ akslantirishni qaror qabul qilish funksiyasi bo'lsin, u holda $\pi = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$ - qaror funksiyalarining ketma-ketligi boshqaruv strategiyasi deb ataladi. t_k vaqtida har bir x holati uchun π boshqaruv strategiyasi $\omega_k(x) \in Y$ boshqaruvini tanlashni belgilaydi.

$\pi = \omega^{(\infty)} = (\omega, \omega, \dots)$ strategiyani statsionar deb ataymiz.

Q o'tish funktsiyasini qo'yidagicha aniqlab olamiz. t_k nazorat vaqtida $x \in \Xi$ qiymat aniqlansin. Ushbu holatda $y_k \in Y$ boshqaruvini t_k vaqtida qo'llash tizimni $f_k(z)(x), k = 2, \dots, i$ ehtimolining taqsimot zichligiga muvofiq, $z \in [0, x)$ tasodifiy holatiga o'tkazadi. $k = 1$ uchun tizimning buzilib qolishi ehtimoli t_1 momentda 0 ga teng, f_1 zichligi esa x nuqtada degeneratsiyalanadi.

Barcha $f_k(z)(x), k = 2, \dots, i$ zichlig funksiyalari aniq ish reglamentlari bo'yicha aniqlanib, statistik usullar bilan baholaniladi. Ularni berilgan deb hisoblaymiz.

Boshqaruvlar tizimning yangilanishi darajasida bo'yicha farqlanadi. Faraz qilaylik, ular quyidagicha tartiblangan bo'lsin. Agar $2 \leq k < n \leq i$ bo'lsa, u holda barcha $x \in \Xi$ uchun.

$$\int_0^x z f_k(z)(x) dz > \int_0^x z f_n(z)(x) dz$$

So'nggi tengsizlikda nazorat raqami qanchalik katta bo'lsa, shuncha o'rtacha darajada murakkab tizimda yangilaydi.

Endi E to'plamidagi boshqaruv elementlarining harakatini ko'rib chiqaylik. Agar kuzatilgan x qiymat $[x_i, x_{i+1}) \subset \Xi$ yarim intervalga tushib qolgan bo'lsa, u holda tizim $x_i \in \Xi$ holatda deb faraz qilamiz. $Y_k \in Y$ boshqaruvi shu holatda qo'llanilsin. Keyin, t_k vaqt oralig'idan so'ng, tizim ehtimollik bilan $x_j, j = 0, \dots, j$ holatiga o'tadi

$$p_{i0}^{(k)} = \int_0^{x_1} f_k(z)(x) dz, \quad p_{ii}^{(k)} = \int_0^{x_2} f_k(z)(x) dz, \dots, \quad p_{ii}^{(k)} = \int_{x_1}^x f_k(z)(x) dz \quad (1)$$

Shubhasiz, $p_{00}^{(k)} = 1$ barcha $y_k \in Y, p_{ii}^{(1)} = 1$ barcha $x_i \in E$ uchun. Bundan esa, t o'tish davri faqat y_1 boshqaruvi uchun 0 ga teng.

$y_k \in Y$ boshqaruv ta'sirida tizim z holatiga o'tgandan so'ng, tizim τ vaqt oralig'ida ishlaydi. v_ξ daromadining intensivligi, nizamning $\xi \in \Xi$ holatiga bog'liq. Tasodifiy miqdor $(x - z)$ noma'lum α va β parametrlari bilan gamma taqsimotiga ega bo'lsa, bu erda $x \in \Xi$ tizimni kuzatish davrining oxidagi holati.

Gamma taqsimotining zichlig funksiyasi quyidagicha aniqlanadi [7,8,9]:

$$f(x | \alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}, \quad x \geq 0, \alpha, \beta > 0$$

Diskret E holatlar to'plamiga mos o'tishlarni va o'tish ehtimollarini aniqlaymiz.

$x_i \in E$ - boshqaruv bilan o'tkazadigan tizimning holati bo'lsin. $q_{ij}, x_i, x_j \in E$ bilan izlanilyotgani ehtimollarni belgilaymiz. Farazga ko'ra, tizimni holati ishlash jarayonida yaxshilana olmaydi. Shuning uchun

$$q_{i0} = 0, q_{ii} = 0, \dots, q_{i(i-1)} = 0, q_{ii} = \int_0^x f(x | \alpha, \beta) dx, q_{i(i+1)} = \int_k^{2k} f(x | \alpha, \beta) dx, \dots, \\ q_{i(n-1)} = \int_{(n-i)k}^{(n-i)k} f(x | \alpha, \beta) dx, q_{in} = \int_{(n-i)k}^\infty f(x | \alpha, \beta) dx \quad (2)$$

Osonlik bilan Markov jarayonida qaror qabul qilishda Q o'tish funksiyasini aniqlashmiz. Nazorat vaqtida $y_k \in Y$ boshqaruv qo'llanilgan tizim $x_i \in E$ holatida kuzatilsin. t_k vaqt oralig'idan so'ng, bu boshqaruv tizimni $p_{iS}^{(k)}$ ehtimoli bilan $x_S \in E$ holatiga o'tkazadi. τ vaqt oralig'idan keyin $x_j \in E$ holatda q_{Sj} ehtimollik bilan ko'zatiladi. Shuning uchun bir o'tish oraligida o'tish ehtimollari (1) va (2) formulalar bilan hisoblanadi.

$$Q_{ij}^{(k)} = \sum_{S=0}^{\min(i,j)} p_{iS}^{(k)} q_{Sj} \tag{3}$$

So'ngra, ω ni to'g'ridan-to'g'ri daromad funksiyasining ta'rifida foydalanib ko'rib chiqamiz. Buning uchun nazorat va boshqaruvni qo'llashdan oldin tizimning bir o'tish oraligida o'rtacha foydasini oralig boshida boshqaruv funksiyasi sifatida hisoblash kerak. Avval tizimning ishlashi davomida olingan τ vaqt oralig'ida o'rtacha daromadni hisoblaymiz. $y_k \in Y$ boshqaruv qo'llanilgandan keyin tizimning holati $x_S \in E$ bo'lsin. $(0, \tau)$ vaqt oralig'ida amortizatsiya va tizim samaradorligining pasayishi chiziqli qonunga muvofiq sodir bo'ladi deb faraz qilsak, daromadning o'rtacha qiymatini quyidagicha topamiz:

$$V(x_S) = \sum_{j=S}^N q_{Sj} \left(v_S \tau + \frac{1}{2} (v_{j+1} - v_j) \tau \right)$$

bu yerda $v_{N+1} = 0$.

Bir davrdagi vaqt birligi uchun to'g'ridan-to'g'ri daromadning qiymatini, agar $x_j \in E$ holatida davr boshida $y_k \in Y$ boshqaruv qo'llanilganlik shatida hisoblaganda, quyidagiga teng

$$w(x_i, y_k) = \frac{1}{T_k + \tau} \left(\sum_{S=0}^i p_{iS}^{(k)} V(x_S) - r(x_i, y_k) \right) \tag{4}$$

bu erda $p_{iS}^{(k)}$ lar (1) dan foydalanib aniqlanadi; $r(x_i, y_k)$ - $x_i \in E$ holatida qo'llaniladigan $y_k \in Y$ boshqaruvining qiymati.

ω qaror funksiyasini $Q_{ij}^{(\omega(x_i))}$, $i, j = 1, \dots, N$, $\omega(x_i) \in Y$ elementlardan tuzilgan $Q(\omega)$ o'tish ehtimollari matritsasi va $w(x_i, \omega(x_i))$, $i = 1, \dots, N$, $\omega(x_i) \in Y$ komponentli to'g'ridan-to'g'ri daromatlardan iborat ustun vektori $w(\omega)$ bilan mos quyamiz. Tizim $\pi = \omega^{(\infty)}$ statsionar strategiyasi bilan boshqarilsin. U vaqtda cheksiz ish vaqti bilan tizimning vaqt birligi uchun o'rtacha daromad quyidagicha bo'ladi

$$\phi(\pi) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} Q^{(k)}(\omega) w(\omega) \tag{5}$$

Ma'lumki [3] agar holatlar to'plami bira ergodik sinfni tashkil etsa, u holda ustun vektori $\phi(\pi)$ bir xil komponentlardan iborat bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, vaqt birligi uchun o'rtacha daromadning qiymati dastlabki holatga bog'liq emas. Bu esa bizga kerakli shartning bajarilishini ko'rsatadi.

$\phi(\pi)$ vektorining komponentlari maksimal bo'lgan π , statsionar strategiyani topish masaladan iborat. Bu masalani yechishda Hovard algoritmidan foydanilgan [3, 10].

Bu yerda ushbu algoritmnii to'g'ridan-to'g'ri qo'llab bo'lmaydi, chunki tizimda informasiyalar to'liq aniqlanmagan. Tizimning eskirish (qarishi) va qayta to'rilash jarayonining traektoriyasidagi o'sishlarning taqsimlanishini aniqlaydigan α va β parametrlar noma'lum. Optimal boshqaruv strategiyasini tanlashda moslashuvchan yondashuvni qo'llash taklif etiladi. Ya'ni, "apriori" boshqaruv strategiyasini qo'llaganingizdan so'ng tizimning holatini kuzatish, parametrlarni baholashni aniqlashtirish, takomillashtirilgan "aposterior" strategiyasini olish, uni qo'llash va navbatdagi kuzatishlarni olish. Keyin yana strategiyani yaxshilash. Biz bu erda strategiyaning takomillashtirilishini ϕ mezonni ma'nosida tushunamiz. Cheklangan miqdordagi statsionar

strategiyalar mavjudligini va α va β parametrlarining baholari ma'lum ma'noda haqiqiy qiymatlarga yaqinlashishini hisobga olsak, cheklangan miqdordagi yaxshilanishlardan so'ng, ε - optimal strategiya ekanligini isbotlash mumkin.

Xulosa

Eskiradigan texnik tizimlarni modellashtirishga yangi yondashuv taklif qilinmoqda, bu yerda ularning buzilishlik ehtimoli vaqt o'tishi bilan ortadi. Bu texnik tizimning eskirish (qarish) jarayonining evolyutsiyasini tavsiflash navbatma-navbat ro'y beradagangan holatlar ketma-ketligidan iborat. Shu bilan birga, tizimning bunday ko'rsatkichi buzilish darajasi monoton ravishda oshadi. Ma'lum sharoitlarda tizimning rivojlanishini Markov jarayoni bilan tasvirlash mumkinligi ko'rsatiladi. Olingan natijalarning amaliy ahamiyati shundan iboratki, bu dolzarb muammoning yechimini MAPLE kabi matematik hisoblash dasturlari yordamida osonlik bilan olish mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, modelda tasodifiy nazorat davri qabul qilingan. Bu esa tavsiya etilgan model tomonidan adekvat tavsiflanishi mumkin bo'lgan tizimlar doirasini kengaytiradi.

Adabiyotlar

- [1] Вопросы математической теории надежности / Под ред. Б.В. Гнеденко. М.: Радио и связь, 1983. 376 с.
- [2] Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. М.: Высшая школа, 1984. 208 с.
- [3] Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. М.: Наука, 1977. 175 с.
- [4] Де Гроот М. Оптимальные статистические решения. М.: Мир, 1974. 493 с.
- [5] Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 648 с.
- [6] Хайдаров Ш.А., Чориев М, Риксиалиев Ж.Д. Адаптивная модель надежности и работоспособности технических систем. // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологии в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». –Ташкент, 2021, С-570-572.
- [7] Юсупбеков А.Н., Хайдаров Ш.А., Абдижалилов Ж.Ш. Аналитическая модель надёжности восстанавливаемой технической системы // Инновацион технологиялар – 2022. – Т. 1. – №. 1 (45). – С. 27-31.
- [8] Хайдаров Ш.А. Аппроксимирование функций методом наименьших квадратов // Қарши давлат университети. – 40 б.
- [9] Хайдаров Ш.А. Математическая модель колебания анизотропных вязкоупругих пластин в геометрически нелинейной постановке // Tashkent shahridagi Turin politehnika universiteti. – 2017. – С. 173.
- [10] Хайдаров Шамсиддин Абдужалилович, Туфлиев Эгамберди Олимович. (2023). Марковская модель работоспособности сложных систем. Евразийский журнал медицинских и естественных наук, 3(1), 79–83. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7549652>