

NOANIQLIKLAR MAVJUDLIGI SHAROITIDA ADAPTIV BOSHQARISH
TIZIMLARI

Latipov Shahriyor Baxtiyorovich

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Oliy matematika va axborot texnologiyalari kafedrası v.b. dotsenti.*

Annotatsiya: *Hozirgi vaqtda adaptiv boshqarish tizimlari muhim ahamiyat kasb etib, turli muhandislik, sanoat va texnologiya sohalarida keng qo'llanmoqda. O'zgaruvchan yoki noaniq sharoitlarda an'anaviy nazorat qonunlari samaradorligini yo'qotishi mumkin. Bu kabi holatlarda adaptiv boshqarish tizimlarini joriy etilishi lozim bo'ladi. Bunday tizimlar obyektning dinamikasi, parametrlarning vaqt o'tishi bilan o'zgarishlariga moslasha olishi xususiyatlariga ega ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *Texnologik jarayonlar, adaptiv boshqarish tizimlari, parametrik, strukturaviy, koordinatali noaniqliklari, matematik model.*

Annotation: *At present, adaptive control systems are of great importance and are widely used in various fields of engineering, industry, and technology. In changing or uncertain conditions, traditional control laws may lose their effectiveness. In such cases, the implementation of adaptive control systems becomes necessary. These systems demonstrate the ability to adapt to changes in the dynamics of the object and variations in parameters over time.*

Keywords: *Technological processes, adaptive control systems, parametric, structural, coordinate uncertainties, mathematical model.*

Texnologik jarayonlarda yuzaga keladigan noaniqliklar ishlab chiqarish samaradorligini pasaytiradi. Ushbu noaniqliklar, odatda, tizimlar ishlash sharoitlarining o'zgaruvchanligi, tasodifiy yoki tashqi g'alayonli ta'sirlarning mavjudligi haqida ma'lumotlarning yetarli emasligi va ishonchliligi pastligi bilan izohlanadi [1-3].

Noaniqliklar texnologik jarayonlarda ichki yoki tashqi ta'sirlar tufayli yuzaga kelishi mumkin.

Ichki ta'sirlar:

Strukturaviy noaniqliklar - tizimning matematik modeli yoki uning ishlash tuzilmasi haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lmaslik oqibatida yuzaga keladigan noaniqliklar. Bu turdagi noaniqliklar boshqariladigan obyektning haqiqiy ishlashini aniq ifodalovchi modelni qurishdagi cheklovlar bilan bog'liqdir.

Parametrik noaniqliklar: Tizim yoki jarayon parametrlarining aniq qiymatlari to'g'risidagi ma'lumotlar noaniq bo'lganda paydo bo'ladi. Bu parametrlar, masalan, modellarni qurishda kiritilgan koeffitsiyentlar yoki fizik o'lchovlar bo'lishi mumkin.

Koordinatali noaniqliklar: Tizim yoki jarayonning holat yoki boshqarish o'zgaruvchilari bilan bog'liq noaniqliklar. Masalan, o'lchashdagi xatoliklar yoki nazorat qilinayotgan kattaliklarning noto'g'ri aniqlanishi bu turdagi noaniqliklarga olib kelishi mumkin.

Boshqa turdagi noaniqliklar: Yuqoridagi toifalarga kirmaydigan, ammo boshqarish jarayoniga ta'sir qiluvchi boshqa noaniqliklar. Masalan, o'lchovlarning kechikishi yoki tizim

ichidagi kutilmagan o'zgarishlar.

Yuqorida aytib o'tilgan noaniqliklar boshqarish tizimining aniqligini va samaradorligini pasaytirishiga olib keladi. Hozirgi kunda turli adaptiv yondoshuvlar asosida ishlab chiqilgan boshqarish algoritmlari tizimdagi noaniqliklarni bartaraf etish imkonini bermogda. Bu yondashuvlar boshqarish tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega [4-5].

Parametrik noaniqliklari mavjud boshqarish tizimining matematik modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dots \\ \dot{x}_N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}(q) & a_{12}(q) & \dots & a_{1N}(q) \\ a_{21}(q) & a_{22}(q) & \dots & a_{2N}(q) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{N1}(q) & a_{N2}(q) & \dots & a_{NN}(q) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \dots \\ x_N(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11}(q) & b_{12}(q) & \dots & b_{1N}(q) \\ b_{21}(q) & b_{22}(q) & \dots & b_{2N}(q) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{N1}(q) & b_{N2}(q) & \dots & b_{NN}(q) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \dots \\ u_N(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\dot{x}(t) = A(q) \cdot x(t) + B(q) \cdot U(t) \quad (2)$$

Strukturaviy noaniqliklar boshqariladigan obyektning matematik modelini ifodalovchi tenglamalarda paydo bo'ladi. Ularning quydagi turlari mavjud:

Kasr-ratsional: Bu turdagi noaniqliklar tizimning dinamikasiga ta'sir etadigan koeffitsiyentlarning kasr shaklida ifodalgan xatoliklarini o'z ichiga oladi. Kasr-ratsional noaniqliklar ko'pincha tizimning uzatish funksiyalarida yuzaga keladi.

Additiv: Bu noaniqlikning ko'rsatkichlari modelga qo'shimcha ko'rsatkichlar sifatida kiritiladi. U obyektning chiqish natijalariga qo'shimcha ravishda ta'sir qiladi. Additiv noaniqliklar odatda o'lchov xatoliklari yoki tashqi ta'sirlar natijasida paydo bo'ladi.

Multiplikativ: Ushbu noaniqlik turida parametrlar yoki o'lchovlar bir-biriga ko'paytiriladi. Multiplikativ noaniqlik tizimning natijalarini ko'paytirish yoki kamaytirish orqali boshqarish jarayoniga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu turdagi noaniqliklar ko'pincha modellashtirishdagi o'zgarishlar yoki tashqi ta'sirlar natijasida yuzaga keladi.

Strukturaviy noaniqliklar tizimning matematik modeli va uning haqiqiy dinamikasi o'rtasidagi farqlardan kelib chiqadi. Bunday holatlarda noaniqlikni hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi[6].

Strukturaviy noaniqlikning matematik modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$y(s) = W(p, q) \cdot x(p) \quad (3)$$

Kasr-ratsional:

$$\begin{pmatrix} y_1(p) \\ y_2(p) \\ \dots \\ y_N(p) \end{pmatrix} = \frac{\begin{pmatrix} a_{11}(p) & a_{12}(s) & \dots & a_{1m}(p) \\ a_{21}(p) & a_{22}(p) & \dots & a_{2m}(p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1}(p) & a_{n2}(p) & \dots & a_{nm}(p) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta a_{11}(q, p) & \eta a_{12}(q, p) & \dots & \eta a_{1m}(q, p) \\ \eta a_{21}(q, p) & \eta a_{22}(q, s) & \dots & \eta a_{2m}(q, p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta a_{n1}(q, p) & \eta a_{n2}(q, p) & \dots & \eta a_{nm}(q, p) \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} b_{11}(p) & b_{12}(p) & \dots & b_{1m}(p) \\ b_{21}(p) & b_{22}(p) & \dots & b_{2m}(p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1}(s) & b_{n2}(p) & \dots & b_{nm}(p) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta b_{11}(q, p) & \eta b_{12}(q, p) & \dots & \eta b_{1m}(q, p) \\ \eta b_{21}(q, p) & \eta b_{22}(q, p) & \dots & \eta b_{2m}(q, p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta b_{n1}(q, p) & \eta b_{n2}(q, p) & \dots & \eta b_{nm}(q, p) \end{pmatrix}} \cdot \begin{pmatrix} x_1(p) \\ x_2(p) \\ \dots \\ x_m(p) \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$W(p, q) = \frac{A(s) + \eta A(s, q)}{B(s) + \eta B(s, q)}, \quad (5)$$

Additiv:

$$\begin{pmatrix} y_1(p) \\ y_2(p) \\ \dots \\ y_n(p) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11}(p) & g_{12}(p) & \dots & g_{1m}(p) \\ g_{21}(p) & g_{22}(p) & \dots & g_{2m}(p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ g_{n1}(p) & g_{n2}(p) & \dots & g_{nm}(p) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta g_{11}(q) & \eta g_{12}(q) & \dots & \eta g_{1m}(q) \\ \eta g_{21}(q) & \eta g_{22}(q) & \dots & \eta g_{2m}(q) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta g_{n1}(q) & \eta g_{n2}(q) & \dots & \eta g_{nm}(q) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(p) \\ x_2(p) \\ \dots \\ x_m(p) \end{pmatrix}$$

(6)

$$y(p) = (W(s) + \eta W(p, q))x(p), \quad (7)$$

Multiplikativ:

$$\begin{pmatrix} y_1(p) \\ y_2(p) \\ \dots \\ y_n(p) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11}(p) & g_{12}(p) & \dots & g_{1m}(p) \\ g_{21}(p) & g_{22}(p) & \dots & g_{2m}(p) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ g_{n1}(p) & g_{n2}(p) & \dots & g_{nm}(p) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(p) \\ x_2(p) \\ \dots \\ x_m(p) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta g_{11}(q) & \eta g_{12}(q) & \dots & \eta g_{1m}(q) \\ \eta g_{21}(q) & \eta g_{22}(q) & \dots & \eta g_{2m}(q) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta g_{n1}(q) & \eta g_{n2}(q) & \dots & \eta g_{nm}(q) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(p) \\ x_2(p) \\ \dots \\ x_m(p) \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$y(p) = W(p)(E + \eta W(p, q))x(p), \quad (9)$$

Multiplikativ noaniqlik kirish signali bilan birgalikda chiqarilayotgan natijaga ta'sir ko'rsatadi, bu esa tizimning samaradorligini pasaytirishi mumkin. Tizim dinamikasining o'zgarishi natijasida $W(p)$ uzatish matritsasining o'zgarishi, shuningdek, parametrlarning noaniqliklari tufayli multiplikativ ta'sirlar kelib chiqadi. Ushbu model yordamida tizimni boshqarish jarayonida noaniqliklarni hisobga olish va boshqarish usullarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Nostatsionar noaniqlik mavjud tizimining matematik modeli:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dots \\ \dot{x}_n(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) & \dots & a_{1n}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) & \dots & a_{2n}(t) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1}(t) & a_{n2}(t) & \dots & a_{nn}(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta a_{11}(t) & \eta a_{12}(t) & \dots & \eta a_{1m}(t) \\ \eta a_{21}(t) & \eta a_{22}(t) & \dots & \eta a_{2m}(t) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta a_{n1}(t) & \eta a_{n2}(t) & \dots & \eta a_{nm}(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \dots \\ x_n(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11}(t) & b_{12}(t) & \dots & b_{1m}(t) \\ b_{21}(t) & b_{22}(t) & \dots & b_{2m}(t) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1}(t) & b_{n2}(t) & \dots & b_{nm}(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta b_{11}(t) & \eta b_{12}(t) & \dots & \eta b_{1m}(t) \\ \eta b_{21}(t) & \eta b_{22}(t) & \dots & \eta b_{2m}(t) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \eta b_{n1}(t) & \eta b_{n2}(t) & \dots & \eta b_{nm}(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \dots \\ u_n(t) \end{pmatrix} \quad (10)$$

Ushbu model, o'zgaruvchan sharoitlarda tizimning dinamikasini hisobga olib, boshqarish jarayonlarini optimallashtirishga imkon beradi.

Nochiziqlilik odatda obyekt yoki tizimda turg'unlikni ta'minlash qiyinlashgan joyda yuzaga keladi. Bunday nochiziqlilik quyidagicha ko'rinishga ega:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + BU(t), \quad f(\phi) = \begin{pmatrix} f_1(\phi_1) \\ \vdots \\ f_m(\phi_m) \end{pmatrix}, \quad f(0) = 0 \\ \phi &= Cx(t) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\underline{k}\phi_1^2 \leq \phi_i f_i(\phi_i) \leq \bar{k}\phi_1^2 \quad (12)$$

$$\underline{k} \leq \frac{f_i(\phi_i)}{\phi_1} \leq \bar{k}, 0 \leq \underline{k} \leq \bar{k} \leq \infty \quad (13)$$

Odatda tizim ichidagi bog'lanishlar nochiqlilik xususiyatiga ega bo'ladi, bular tizim ishlash samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rstadi. Shuning uchun boshqarish tizimi sifatini yaxshilash va unumdorligini oshirish uchun tuzatuvchi nochiqliliklar kiritiladi[7-9].

Noaniqliklar sharoitida avtomatik boshqarish tizimini turg'unligini tahlil qilishda quyidagi usullardan foydalaniladi:

Lyapunov usuli - Tizimning turg'unligini baholash uchun Lyapunov funksiyasini tuzish orqali. Ushbu funksiya yordamida tizim parametrlarining vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishi tahlil qilinadi.

Nakvist usuli - Bunda tizim chastota xarakteristikalarini asosida tahlil qilinadi va ushbu xarakteristikalar yordamida turg'unlik mezonlari aniqlanadi.

Ildizi usul - Tizimning ildizlari o'zgarishiga qarab uning turg'unligi o'rganiladi. Bu usul parametrlar o'zgarishi bilan tizimning ildizlari qayerda joylashishini kuzatiladi.

Bode diagrammalari - Bode diagrammasi yordamida chastotaga bog'liq holda amplituda va faza o'zgarishlarini tahlil qilish orqali tizim turg'unligi aniqlanadi.

Polinom usuli - Tizim polinomlarining joylashishi orqali turg'unlik tekshiriladi. Bunda Raus - Hurvits mezonlaridan foydalaniladi.

Interval usuli - Tizim parametrlari noaniqlik doirasida bo'lsa, interval usuli orqali turg'unlik shartlari baholanadi.

Bu usullar turli noaniqlik va tashqi g'alayonlar sharoitida avtomatik boshqarish tizimining turg'unligini ta'minlashda va uning parametrlari o'zgarganda turg'unligini saqlashda keng qo'llaniladi.

Tashqi sharoitlarning noaniqligi haqiqiy boshqarish tizimlarining xatti-harakatlariga atrof-muhit sezilarli darajada ta'sir qiladi. Uni bartaraf etish uchun g'alayonlantiruvchi ta'sirlarni aniqlash va ularni kompensatsiya qilishning turli usullari qo'llaniladi [10-12].

Xulosa qilib aytganda, etalon modeliga asoslangan adaptiv boshqarish tizimlari noaniqliklar va tashqi ta'sirlarga samarali bo'lib, texnologik jarayonlarni boshqarishda ishonchli, samarali va moslashuvchan bo'lishi bilan ajralib turadi. Bu tizimlar murakkab ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishga yordam beradi va o'zgaruvchan sharoitlarga moslashish qobiliyatini ta'minlaydi. Bunday tizimlar parametrik noaniqliklar sharoitida ham o'zini sozlash xususiyatiga ega bo'lib, bu esa texnologik jarayonlarni boshqarish tizimini samarali ishlash imkoniyatini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Целигоров Н. А., Целигорова Е. Н., Мвасару М. Г. Математические модели неопределённости систем управления и методы, используемые для их исследования // Инженерный вестник Дона. - 2012. - Т. 23. - №.4-2. - С. 1-6.

2. Botirov, T., Latipov, S., Baqoyev, H., Xashimova, F., Botirov, U. Cheklangan buzilish kompensatsiyasi bilan adaptiv boshqaruv algoritmlari. E3S Web of Conferences da (2024. 525-jild, 05023-bet).

3. Ботиров Т.В., Латипов Ш., Баракаев А., Намозов Н. Синтез интервальных управляющих устройств в адаптивных систем управления с эталонной моделью. In Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений, (2020). pp. 231-234.

4. Цыпкин Я.З. Робастно оптимальные дискретные системы управления, Автомат. и телемех., 1999, №3, 25-37;

5. Yusupbekov N. R., Igamberdiev H. Z., Mamirov U. F. Stable algorithms for adaptive control and adaptation of uncertain dynamic objects based on reference models //CEUR Workshop Proceedings. - 2021. - Т. 2965. - С. 296-302.

6. Канушкин С В. Управление робототехническими комплексами охранного мониторинга в условиях неопределенности. Правовая информатика, 2019. №2, С.40-48.

7. Добровидов А.В. Автоматические методы выделения полезных сигналов на фоне помех в условиях непараметрической неопределенности, Автомат и телемех., 2011, №2, С.56-70.

8. Igamberdiev H. Z., Mamirov U. F. Regular algorithms for the parametric estimation of the uncertain object control // World Conference Intelligent System for Industrial Automation. - Cham: Springer International Publishing, 2020. - С. 322-328

9. Белов А.А., Андрианова О.Г. Синтез робастного управления параметрически неопределенными линейными системами для подавления случайных внешних возмущений, Автомат. и телемех., 2020, №4, С.94-109.

10. Botirov T. V., Latipov Sh B., Rajabov K.B. Synthesis of interval self-adjusting regulators in adaptive control systems //Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики. - 2022. - С. 58-59.

11. Шеленок Е.А. Периодическое адаптивное управление нелинейным динамическим объектом с входным насыщением в условиях неопределенности / Информатика и системы управления, 2021, №4(70).122-135 с.

12. Латипов Ш. Б. Адаптивная система управления с эталонной моделью в условиях параметрической неопределенности // Journal of Advances in Engineering Technology. 2024. №1.