

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT TO`QIMACHIIK VA YENGIL SANOATI INSTITUTI

D.A. Xalmatov, O.X. Kadirov, Z.E. Iskandarov, T.H. Avezov,
N.A. Niyazova

“TEXNOLOGIK JARAYONLARNI IDENTIFIKATSIYALASH VA
MODELLASHTIRISH”

5311000- “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va
boshqarish (paxta, to‘qimachilik va yengil sanoat)”
bakalavriat ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun

DARSLIK



Toshkent – 2020

Annotatsiya

Ushbu darslik texnologik jarayonlarni identifikatsiyalash va modellashtirishga baʼshlangan boʻlib, modellar, model tulari va ulardan foydalanish, modellashtirish metodlarining klassifikatsiyasi, model parametrlarini identifikatsiyalash, model va obyektning adekvatligi, chiziqli va noziqli determinanlashgan obyektning statik identifikatsiyasi, texnologik jarayonlarni kompyuterli modellashtirish, matematik modellarning sinflanishi, matlab sistemasida Analogli modellashtirish, toʻqimachilik mashinalarining modellari atroflicha yoritilgan.

Данный учебник посвящен идентификации и моделированию технологических процессов, в котором подробно освещаются модели текстильных машин, модели линейных и тонко детерминированных объектов, классификация методов моделирования, идентификация параметров модели, адекватность модели и объекта, статическая идентификация линейного и нелинейного детерминированного объекта, компьютерное моделирование технологических процессов, классификация математических моделей, анологическое моделирование в системе Matlab.

Taqrizchilar:

Siddikov I.H. -TDTU, “Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari kafedrası, professori, t.f.d.

Aripov N.M- TTESI, “Texnologik jarayonlarni va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrası, professori, t.f.d.

Kirish

Mamlakatimiz mustaqillikka erishgandan so'ng fan-texnika va texnologiyalarning rivojlantirish, shuningdek ta'lim tizimini isloh qilish bo'yicha katta ahamiyatga ega bo'lgan molik ishlar amalga oshirilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning Oliy Majlisga murojaatnomasida "O'zbekistonni rivojlangan mamlakatga aylantirishni maqsad qilib qo'ygan ekanmiz, bunga faqat jadal islohotlar, ilm-ma'rifat va innovatsiya bilan erisha olamiz.

Buning uchun, avvalambor, tashabbuskor islohotchi bo'lib maydonga chiqadigan, strategik fikr yuritadigan, bilimli va malakali yangi avlod kadrlarini tarbiyalashimiz zarur. Shuning uchun ham bog'chadan boshlab oliy o'quv yurtigacha – ta'limning barcha bo'g'inlarini isloh qilishni boshladik.

Nafaqat yoshlar, balki butun jamiyatimiz a'zolarining bilimi, saviyasini oshirish uchun avvalo ilm-ma'rifat, yuksak ma'naviyat kerak. Ilm yo'q joyda qoloqlik, jaholat va albatta, to'g'ri yo'ldan adashish bo'ladi. Sharq donishmandlari aytganidek, "Eng katta boylik – bu aql-zakovat va ilm, eng katta meros – bu yaxshi tarbiya, eng katta qashshoqlik – bu bilimsizlikdir!"

Shu sababli hammamiz uchun zamonaviy bilimlarni o'zlashtirish, chinakam ma'rifat va yuksak madaniyat egasi bo'lish uzluksiz hayotiy ehtiyojga aylanishi kerak.

Taraqqiyotga erishish uchun raqamli bilimlar va zamonaviy axborot texnologiyalarini egallashimiz zarur va shart. Bu bizga yuksalishning eng qisqa yo'ldan borish imkoniyatini beradi. Zero, bugun dunyoda barcha sohalarga axborot texnologiyalari chuqur kirib bormoqda". degan gaplari hozirgi kunda ta'lim sohasini rivojlantirishga qaratilayotgan yorqin misolidir.

Bugungi kun talablaridan biri bu sifatli va raqobotbardosh maxsulotlar ishlab chiqarishda texnologik jarayonarni identifikatsiyalash va kompyuterlashtirish ahamiyat kasb etmoqda. Texnologik jarayonlarni boshqarishda identifikatsiya

nihoyatda katta rol o'ynaydi. Identifikatsiya – bu boshqarish obektlarni matematik modellarni ishlab chiqish va ushbu modellarni boshqarish masalalarida ishlatishdir.

Maskur darslik bakalavriat ta'lim yo'nalishlari: 5311000- Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (paxta, to'qimachilik va yengil sanoat) talabalari uchun tuzilgan yangi na'munaviy dastur asosida yozildi.

Hozirgi kunda mehnat unumdorligi va mahsulot sifatiga qo'yilayotgan yuqori talablar texnologik mashinalarni kompyuterli boshqaruvi ahamiyatini yanada oshiradi.

Zamonaviy boshqarish nazariyasi va amaliyotining muhim masalasi boshqarish obektining modelini qurish hisoblanadi, ya'ni obekt faoliyati qonuniyatini shakllantirish. Ushbu modellar asosida boshqarish tizimining strukturasi va parametrlari, bosh qarish qonuni aniqlanadi hamda tizimlarni ishlab chiqishning texnik vositalari tanlanadi. Modelarning roli nafaqat boshqarish tizimlarini yaratishda, balki tabiiy va sun'iy jarayonlarni shakllantirish qonuniyatlarini o'rganishda ham kattadir. Bu birinchi navbatda fan, texnika, ishlab chiqarishning turli sohalaridagi murakkab hodisa va obektlarni o'rganishda modellashtirishning rolini o'sishiga bog'liq.

Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarishda identifikatsiya usullari qo'llaniladi. Bu usullar orasida regression usullar juda keng ishlatilib kelmokda. Boshqaruv obyektlarini identifikatsiyalashda regression usullarning ishlatilishi muhim ahamiyatga ega.

Paxta va to'qimachilik sanoati ishlab chiqarishni avtomatlashtirishning asosiy yo'nalishlaridan biri bu, texnologik jarayonning buzilishini aniqlash, hisoblash texnikasi yordamida optimal texnologik rejimlarni topish, masofadan turib nazorat qilish, boshqarish va boshqalar. Bu muammolarni texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish sistemalarini yaratish yo'li bilan hal qilish mumkin.

Murakkab obektlarning modellarini qurishning samarali usullaridan biri identifikatsiya hisoblanadi. Kompyuterli modellashtirish–bu loyihalash va tahlil

qilish jarayonlarini tushunishning eng muhim vositasi bo'lib hisoblanadi. Ushbu jarayon murakkab texnologiyalarni ishlab chiqaruvchi va uning ishlashini ta'minlovchi mutaxassislar tomonidan yaratiladi.

Kompyuterli modellashtirish mohiyati shundaki, unda berilgan texnologik obektning tasviriini–matematik modeliga almashtirish va keyin amalga oshiriladigan mantiqiy algoritmlarni hisoblash kompyuterlarida modelni o'rganishlardan iboratdir.

Ushbu darslik o`zida mualliflarning ushbu fan sohasidagi shaxsiy tadqiqotlari, shuningdek mamlakatimiz va xorijlik mualliflarning nashr etilgan ko`p sondagi materiallarini umumlashtirishga qaratilgan birinchi harakatlaridan birini nomoyon etadi.

Darslik qo`l yozmasini o`qib chiqib, o`zlarining qimmatli maslahatlarini bergan mutaxasislarga, mualliflar o`z minnatdorchiliklarini bildiradilar va hurmatli kitobxonlar tomonidan bildiriladigan fikr-mulohazalar va takliflarini minnatdorchilik bilan qabul qilishadi va ularni e`tiborga olishadi.

I-BOB. IDENTIFIKATSIYALASH VA MODELLASHTIRISH

1.1. Texnologik jarayonlarni identifikatsiyalash va modellashtirish

Texnologik jarayonlarni boshqarishda identifikatsiya nihoyatda katta rol o'ynaydi. Identifikatsiya – bu boshqarish obektlarni matematik modellarni ishlab chiqish va ushbu madellarni boshqarish masalalarida ishlatishdir.

Identifikatsiya usullari odatda ikkita guruhga bo'linadi. Bular: faol va passiv usullardir. Faol usullarni qo'llashda obektning kirishiga qandaydir ta'sir beriladi va ushbu ta'sirga obektda o'tayotgan reaksiyaga qarab ob'ektning madeli topiladi. Odatda obektning kirishiga birlamchi pog'onasimon (birlik pog'onali) signal beriladi. Ushbu signalga bo'lgan reaksiya ya'ni obektni chiqish signali o'zgarish jarayoni o'tish jarayoni deb ataladi. Faol usullarni qo'llashda obektni kirishiga boshqa turdagi signallarni ham bersa bo'ladi. Identifikatsiyani faol usullarini qo'llashda matematik madelni aniqligi yuqori bo'ladi, ammo bu usulni kamchiligi bor. Kamchiligi obektni mos faoliyatini buzilishdan iborat berilayotgan ta'sir obektni mos faoliyatini o'zgartiradi va bu o'zgarish ishlab chiqarilayotgan maxsulot sifatini o'zgartirishi mumkin.

Faol usullar bilan bir qatorda passiv usullar ham keng qo'llaniladi. Passiv usullar qo'llanilayotganda obektni kirishiga qo'shimcha ta'sirlar berilmaydi. Bu usullar obektni mos faoliyatida kirish va chiqish signallari o'zgarishini o'lchash va nazorat qilish asosida madellar ishlab chiqiladi. Ushbu usullarni ijobiy tomoni – obektni mos faoliyatini buzilmaganligi. Usulni kamchiligi – kirish signallarni o'zgarish diapazonlari kichik bo'lish mumkinligi va kirish signalni o'zgarishi kichik tezlik bilan o'zgarishligi (chastotasi kichik bo'lganligi uchun). Shu holatlarda obekt o'zini to'la ifodalay olamaydi, ya'ni obekt o'zini to'la ko'rsatolmaydi.

Identifikatsiya nazariyasi va amaliyoti yuqorida aytib o'tilgan usullarni rivojlantirish va amaliyotga qo'llash masalalari bilan shug'ullanadi. Identifikatsiya

natijasida ishlab chiqilgan madellar boyektni avtomatik boshqarish va avtomatlashtirish jarayonida qo'llaniladi.

So'nggi davrlarda boshqarish nazariyasi va amaliyotining jadal rivojlanishi barcha murakkab obektlar (texnologik jarayonlar, ishlab chiqarish birlashmalari, biologik va meditsina tizimlari, ekologik, iqtisodiy, tashkiliy va boshqalar) ni boshqarish masalasini yechishga o'tish bilan ahamiyatli darajada bog'liq. Bu sinfning real obektlari stoxastik, nochiziqli, nostatsionar, ko'p o'lchamli va ko'p bog'langan (aloqalari soni ko'p) hisoblanib, jarayonnit tashkillashtirish nuqtai nazaridan boshqa «noqulay» boshqarish xossalariga ega. Bunday obektlarning samarali avtomatik boshqarish tizimlarini yaratish imkoniga faqatgina zamonaviy tezkor boshqariluvchi hisoblash mashinalari orqali ega bo'lish mumkin. Ayniqsa, bu maqsadlarni amalga oshirishga mikroprotessorli mashinalar seriyalari mo'ljallangan.

Zamonaviy boshqarish nazariyasi va amaliyotining muhim masalasi boshqarish obektining modelini qurish hisoblanadi, ya'ni obekt faoliyati qonuniyatini shakllantirish. Ushbu modellar asosida boshqarish tizimining strukturasi va parametrlari, bosh qarish qonuni aniqlanadi hamda tizimlarni ishlab chiqishning texnik vositalari tanlanadi. Modelarning roli nafaqat boshqarish tizimlarini yaratishda, balki tabiiy va sun'iy jarayonlarni shakllantirish qonuniyatlarini o'rganishda ham kattadir. Bu birinchi navbatda fan, texnika, ishlab chiqarishning turli sohalaridagi murakkab hodisa va obektlarni o'rganishda modellashtirishning rolini o'sishiga bog'liq.

Murakkab obektlarning modellarini qurishning samarali usullaridan biri identifikatsiya hisoblanadi. Boshqarish nazariyasining bu bo'limini paydo bo'lishi amaliy iste'mol talabi bilan asoslanadi. Hozirgi vaqtda bu davr kibernetikaning jadal rivojlanishi va uning natijalaridan real boshqarish tizimlarini yaratishda keng foydalanishi bilan harakterlandi. Modellarni qurishda matematikaning ehtimollar nazariyasi va matematik statistika, matematik mantiq, funksional ta hlil, hisoblash matematikasi kabi bo'limlariga asoslanadigan usullardan foydalaniladi.

Identifikatsiyaning paydo bo'lishi boshqarish obektlarining informatsion usullarini ishlab chiqishni juda zarurligi bilan bog'liq bo'ldi. Bunday modellarning yo'qligi bu obektlarni avtomatlashtirish, boshqarish konturidagi EHM dan foydalanib, raqamli boshqarish va boshqa turdagi tizimlarni yaratish jarayonlarini to'xtatib qo'ydi. Modellarni qurishning yangi usullarini ishlab chiqishning zaruriyligi murakkab obektlarni boshqarish tizimlarini yaratishdagi amaliy iste'mol bilan asoslanib, bu obektlarni berilgan maqsadga ko'ra optimal boshqarishga faqatgina tezkor boshqariluvchi hisoblash mashinalarini qo'llash yo'li bilan ta'minlanishi mumkin edi. Biroq obektlar, ularning matematik tavsiflari va modellari yo'qligi bois optimal boshqarishga tayyor emas edi.

Fan, texnika, ishlab chiqarishning ko'pgina sohalarida modellarni shakllantirish va qurish bo'yicha keng rivojlanish ishlarini ikki asosiy maqsadga ko'ra olib boriladi. Ulardan birinchisi zarur simvolik modellarni modellashtirish, ya'ni tadqiqi qilinayotgan hodisa, jarayon yoki obektning matematik tavsifini shakllantirish yordamida murakkab hodisa, jarayon va obektlarni o'rganish imkonining oshishi bilan bog'liqdir.

Matematik modellarni qurish modellashtirishning birinchi bosqichi hisoblanadi. Tabiiyki, modellarning to'liqlik darajasi, uning real obektga mosligi bu modelning nima maqsadda qo'llanilishiga bog'liq. Birinchi bosqichdagi modellar asosan gnoseologik harakterga ega bo'lib, ulardan «fiziklik» ning yuqori darajasi talab qilinadi va ularning yaratilishi ular qurilayotgan aniq bilimlar sohasidagi usullarga bog'liq. Ikkinchi bosqichdagi modellar ba'zida informatsion modellar deb atalib, asosan boshqarish maqsadiga mos kelishi kerak: ular bevosita obektning «fizikasi» bilan bog'liq bo'lmagan holda, kirish va chiqish o'zgaruvchilari o'rtasida o'rnatilgan bog'liqlikning formal tavsifini berishi mumkin.

Keltirilgan bo'linish shartlidir, lekin u model qurish va modellashtirishning maqsadi bilan bog'langan va qulaydir. Birinchi holda model bilim olish jarayoni, tadqiqi qilish, ochiq qonuniyatga egalik, aniq hodisa va jarayonlarning mavjudligi bilan bog'liq bo'ladi. Ikkinchi holda model. uni shakllantirish jarayonida obektdan

olingan informatsiya bo'yicha chiqish o'zgaruvchisining berilgan qiymatlarini ta'minlash uchun ishlatiladi. Bu yerda model bosh qarish tizimining ajralmas kismi hisoblanadi va uni obektning tashkil etuvchisi sifatida qarash mumkin, chunki obekt va boshqarish tizimi o'zida bir butunlikni namoyon etadi.

Boshqarish tizimlarida bevosita foydalaniladigan modellar kichik bo'lmagan ahamiyatga ega. Bunday modellarni yaratish bosh qarish obektlarining modellarini qurish bo'yicha ishlarni kengaytirishning ikkinchi maqsadi hisoblanadi. Bunday holda boshqarish uchun teskari bog'lanish zanjiridagi identifikatorli adaptiv tizimlardan foydalaniladi.

1.2. Modellar, model tulari va ulardan foydalanish

Murakkab masalalarni samarali yechishda asosiy elementlardan biri bu—qo'llash uchun qulay ko'rinishdagi modelni qurish va modelni muvofiq ishlatish.

Model bu — ob'yekt yoki sistemaning real mavjudligidan farqli ravshda bir qancha ko'rinishlardagi tasviridir.

Model turli xil formada va turli darajadagi matematik ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Model qurishning murakkablik darajasi, uni qanday ishlatilishini rejalashtirish orqali aniqlanadi.

Har kungi amaliyotlarda sistemalar bilan ishlashda matematik ifodalar umuman qatnashmagan sub'yektiv modellardan foydalaniladi. Funksiyalash algoritmi, tizimni boshqarish qoidalari va h.k. lar bunday modellarga misol bo'la oladi.

Obekt va tizimlarning xususiyatlarini ifodalash uchun sonli jadvallar va grafiklarga yondashiladi. Bunday ifodalar odatda grafik modellar deyiladi. Misol uchun chiziqli avtomatik boshqarish tizimlari o'zining impul'sli reaksiyalari, bir pog'onali sakrashlarga ta'siri yoki chastotaviy harakteristikalar orqali tasvirlanishi mumkin. Bunday grafik ko'rinishlar avtomatik boshqarish tizimlarini loyihalashda va kuzatishda keng qo'llaniladi.

Bir muncha murakkabroq xollarda matematik model ob`yekt kirish va chiqish o`zgaruvchilari orasidagi bog`lanishni ifodalaydi va aniq tenglama ko`rinishida beriladi. Shuning uchun bunday modellar ba`zan analitik model deyiladi.

Matematik model tadqiq etilayotgan ob`yektga bo`layotgan jarayonni qoyilgan aniqlik boyicha ko`rsatib beruvchi matematik ifoda ko`rinishida bo`ladi.

Matematik modellar tenglamaning ko`rinishiga qarab chiziqli, nochiziqli, diskret, uzluksiz, determinanlashgan, stoxastik va xokazo nomlar bilan atalishi mumkin. Lekin hech biri ob`yektни to`liq tasvirlay olmaydi. Har bir model ma`lum maqsad uchun xizmat qiladi. Quyida bir qancha muqobil modellar guruhi keltirilgan:

- fizik (natural) va matematik (simvolli)
- statik va dinamik
- determinanlashgan va stoxastik
- diskret va uzluksiz
- chiziqli va nochiziqli
- bir parametrlı va tarkoq parametrlı
- statsionar va nostatsionar

Fizik model deb – real ob`yektning xususiyatlarining yoki harakterini o`zida mujassam etgan fizik qurılma yoki maketga aytiladi.

Matematik modellarnı real ob`yektning xususiyatlarini ifodalovchi kattaliklar to`plami ko`rinishida tasvirlash mumkin.

A) Ob`yektga ta`sir etuvchi boshqarish kattaliklari to`plami

$$u_i \in U, i = \overline{1, n}; \vec{u}(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t)); \quad (1.1)$$

B) Boshqarib bo`lmaydigan kattaliklar to`plami

$$z_i \in Z, i = \overline{1, m}; \vec{z}(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t)); z_i \quad (1.2)$$

V) Obektning ichki (xususiy) parametrlari to`plami

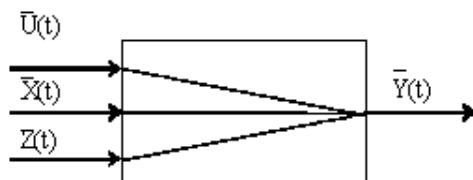
$$x_i \in X, i = \overline{1, r}; \vec{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_r(t)); \quad (1.3)$$

G) Obektning chiqish (xolati) kattaliklari to`plami

$$y_i \in Y, i = \overline{1, l}; \vec{y}(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_l(t)); \quad (1.4)$$

1.1-rasmda modellashtirilayotgan ob`yekt strukturasining ko`rinishi keltirilgan.

Kirish kattaliklari $\bar{u}$, $\bar{x}$, $\bar{z}$ bog`liq bo`lmagan (erkin) chiqish kattaliklari bog`liq bo`lgan o`zgaruvchilar hisoblanadi.



1.1-rasm. Modellashtirilayotgan ob`yekt strukturasining ko`rinishi.

Ob`yektda bo`ladigan jarayonlarni ifodalovchi funksiya vaqt boyicha F operatori orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{y}(t) = F(\bar{x}, \bar{u}, \bar{z}, t). \quad (1.5)$$

Obektni modellashtirishda uning matematik ifodasi (1.1) munosabat t vaqtga bog`liqligini ifodalasa ya`ni dinamik xususiyatlarini ko`rsatsa bunday model **dinamik model** deyiladi.

$$\frac{d\bar{y}}{dt} = f(\bar{u}(t), \bar{x}(t), \bar{z}(t), \bar{y}(t)). \quad (1.6)$$

Statik model obektning vaqtga bog`liq bo`lmagan jarayonini ya`ni muvozanatlashgan rejimdagi xolatini tasvirlaydi.

$$\bar{y} = f(\bar{x}, \bar{u}, \bar{z}). \quad (1.7)$$

Agar model obekt o`zaruvchilari orasida qat`iy bog`liqlikni ifodalasa **determinlashgan** deyiladi. Bunday modelllar chiqish o`zaruvchisiga tasodifiy faktorlarni ta`sirini inobatga olmaydi. Faqat kirish o`zgaruvchilariga bog`liq holda chiqish kattaliklarini aniqlaydi.

Statistik model (ehtimollikli) jarayonga tasodifiy faktorlarning ta`sirini ifodalaydi. Shuning uchun kirish va chiqish o`zgaruvchilari orasida funksional bog`lanish bo`lmaydi balki ehtimolli bog`lanish bo`ladi. Odatda ob`yekt xolat o`zgaruvchilari matematik qutilish, kirish o`zgaruvchilari esa ehtimollikning taqsimot kabi terminlar yordamida ifodalaniladi.

Uzluksiz model – maʼlum vaqt oraligʻida obʼyekt oʻzgaruvchilarining uzluksiz oʻzgarishini ifodalaydi.

$$\frac{dy(t)}{dt} = f(u(t), x(t), z(t), y(t)), \quad t_j \leq t \leq t_{j+1}. \quad (1.8)$$

Diskret model – obekt oʻzgaruvchilarining diskret vaqtlardagi bogʻlanishini ifodalaydi.

Bunda: t_j – obektni modellashtirishning j -davr (bosqich, palla)ning boshlanish vaqti;

t_{j+1} – j -davrnin tugash vaqi, yaʼni obektning t_{j+1} vaqt momentidagi xolati t_j vaqi momentidagi maʼlum boʻlgan $u(t_j), z(t_j), x(t_j)$ qiymatlari boyicha aniqlanadi.

Chiziqli model – kirish va chiqish oʻzgaruvchilar orasidagi proporsional bogʻlanishga aytiladi. Proporsional bogʻlanishni qisqartirmaydigan modellar nochiziqli deyiladi.

$$F(t, x(t), u(t), z(t), y(t), y'(t), \dots, y^{(n)}(t)) = 0. \quad (1.9)$$

$y(t_0) = y_0, y'(t_0) = y'_0, \dots, y^{(n-1)}(t_0) = y_0^{(n-1)}$ - boshlangʻich shart deyiladi.

Dinamik model oʻzgaruvchilari faqat vaqtga bogʻliq holda oʻzgarsa bunday model bir parametrli (sosredotochenniy) deyiladi.

Odatda qoyilgan masala bir qancha oʻzgaruvchilarga bogʻliq boʻladi. Bunday xollarda matematik model xususiy xosilalardan iborat boʻladi. Bunday modellarni koʻp parametrlari (raspridelyonnim parametram) deyiladi.

$$\frac{\partial y(t, x)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 y(t, x)}{\partial x^2} \quad (1.10)$$

bunda: y – obʼyekt xolati;

t – vaqt;

x – xolat kordinatasi (obʼyekt uzunligi);

α – oʻzgarmas;

Obektning matematik modelni qurishda asosan obʼyekt ustida olib borilgan kuzatuv va tajribalarga tayangan holda bir qancha usul va etaplarda amalga oshiriladi:

1. Matematik modelni qurishning **analitik usuli** – bunda ob`yektda sodir bo`layotgan jarayonlarni fizikaviy, mexanik va boshqa qonuniyatlar asosida tuzilgan tenglamalar bilan ifodalanadi.

2. Tajriba usuli – bunda ob`yektni tadqiq etish usullariga qarab:

-aktiv tajriba usuli;

-passiv tajriba usuliga bo`linadi.

Boshqarish obektini identifikatsiyalashning analitik usuli ancha iqtisodiy tamondan arzon shu bilan birga bu usulning kamchiligi aniqliligi aniq emas.

1.3. Identifikatsiyalash – model qurishning usuli sifatida

Model qurish asosan kuzatishdan olingan natijalarga asoslanadi. Matematik modelni shakllantirishning ikki usuli mavjud:

Birinchi usulda kuzatilayotgan tizim bir nechta ost tizimlarga bo`linadi. Ularni birlashtirish orqali butun tizim hosil qilinadi. Bunday yondashuv modellashtirish yoki model qurishning analitik usuli hisoblanadi. Bu usulda tabiiy eksperiment o`tkazish shart emas. Asosan jarayon blok-sxema ko`rinishida strukturalashtiriladi. Bloklar yanada oddiyroq bo`lgan elementlardan tashkil topgan bo`ladi.

Model qurishning ikkinchi usulida tajriba ma`lumotlari ko`llaniladi. Bu holatda tizimga kirayotgan va chiqayotgan signallar kuzatiladi va model ma`lumotlarni qayta ishlash natijasida shakllanadi.

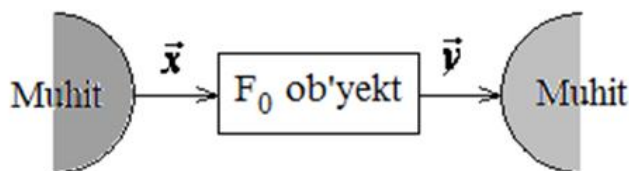
Identifikatsiyalash masalasi. Identifikatsiyalash masalasi quyidagicha shakllanadi: ob`yektning kirish va chiqish o`zgaruvchilarini kuzatish natijasida uning optimal modelini qurish. Bunda model normal ish rejimida (ya`ni ta`sodifiy ta`sirlar sharoitida) bo`lishi kerak. Boshqacha qilib aytganda, agar ob`yekt noma`lum F_0 operatori orqali yozilgan bo`lsa, u holda kirish va chiqish uchun ob`yekt operatorining F baholashni qurish zarur.

1.2-rasmda identifikatsiyalanayotgan ob`yektni muxit bilan o`zaro ta`siri ta`svirlangan (illyustrasiya). Bu o`zaro ta`sir X va Y kanallarida roy beradi. X

kanali boyicha muhit ob'yektga ta'sir ko'rsatadi, Y kanali boyicha esa ob'yekt tashqi muhitga ta'sir ko'rsatadi. Identifikatsiya masalasi ob'yekt kirish va chiqishini bog'lovchi F model operatorini aniqlashga olib keladi.

$$\bar{Y} = F(\bar{X}) \quad (1.11)$$

Ko'p hollarda ob'yektga ta'sir etuvchi muhit modeli yo'qligi sababli uning kirishi statik xususiyatlari noma'lum bo'lgan tasodifiy vaqt funksiyasi $\bar{X} = \bar{X}(t)$ sifatida qaraladi. Biroq, ob'yektning kirish va chiqish kuzatuvlari ma'lum, ya'ni $\bar{X}$ va $\bar{Y}$ funksiyalar. Ob'yektga tasodifiy xalaqitlar sifatida qaraluvchi kuzatib bo'lmaydigan faktorlar $\bar{Z}(t)$ ham ta'sir qilishi mumkin.



1.2-rasm. Identifikatsiyalanayotgan ob'yektni muhit bilan o'zaro ta'siri

$x_1, \dots, x_n$ – ob'yekt kirishidagi signallar, $y_1, \dots, y_n$ esa – mos ravishda $t_1, t_2, \dots, t_n$ diskret vaqt momentidagi uning chiqishidagi kuzatuvlar. Bu kuzatuvlar F_0 ob'yektning noma'lum operatori bilan bog'langan, ya'ni $y_i = F_0(x_i)$ ($i = \overline{1, n}$). Identifikatsiyalash masalasi F model operatorini qurish (sintez) bilan yakunlanadi, ya'ni t_i diskret vaqt momentidagi x_i, y_i kuzatuvchilari asosida F qiymati topiladi.

Shunday qilib, *identifikatsiya* bu – kirish va chiqish o'zgaruvchilarini kuzatish orqali olingan natijalar asosida kuzatilayotgan ob'yektning F optimal model operatorining sintezidir.

Identifikatsiyaning sinflanishi. Zamonaviy nazariyaga muvofiq, identifikatsiyalashning quyidagi sinflanishini taklif qilish mumkin:

- 1) identifikatsiyaning oxirgi natijalari asosida:
 - strukturali;
 - parametrlil;
- 2) identifikatsiya ob'yektining o'rganish usuli boyicha:
 - aktiv;

- passiv;
- 3) identifikasiyalanayotgan model turi boyicha:
 - chiziqli va nochiziqli;
 - determinanlashgan va stoxastik;
 - uzluksiz va diskret vaqt bilan;
 - stasionar va nostasionar;
 - bir o'lchamli va ko'p o'lchamli;
 - statik va dinamik;
 - bir parametrlil va ko'p parametrlil.

Ob'yekt identifikatsiyasining muvofaqiyati ikki faktorning o'zaro munosabatiga bog'liq bo'ladi: ob'yekt strukturasi haqida aprior (tajribaga asoslanmagan) axborotning hajmi va o'lchanayotgan axborot hajmi. Aprior ma'lumotlar model strukturasi, ya'ni uning ko'rinishini (kirish va chiqishlar soni, ular o'rtasidagi bog'lanish xarakteri) aniq-lashda yordam beradi. Keng ma'noda bu jarayonni identifikatsiya yoki strukturali identi-fikatsiya deb atashadi.

Strukturali identifikatsiyada aprior axborot hajmi (miqdori) anchagina cheklangan bo'ladi. Shu sababli quyidagi shartlarni bajarish zarur:

- ob'yektni muhitdan ajratib olish;
- model sinfini kiritish;
- ob'yekt kirish va chiqishi o'rtasidagi bog'lanish xarakteristikasini aniqlash;
- modelda hisobga olingan axborot o'zgaruchilarining (ob'yektning kirish va chiqishi) rasional qiymatini aniqlash;
- chiziqli operatorlar sinfinda talab qilinayotgan aniqlikda modelni taqdim etish imkoniyatini aniqlash va boshqalar.

Model strukturasi xali modelning o'zi emas va uning parametrlarini aniqlash uchun o'lchov natijalariga ega bo'lishimiz kerak. Modelni berilgan strukturasi asosida ob'yekt ishini kuzatish orqali model parametrini aniqlash masalasi tor ma'noda iden-tifikatsiya yoki parametrik identifikatsiya deb nomlanadi. Misol

uchun, biron-bir ob`yektning ta`svirlash tenglamalar sistemasi ma`lum bo`lsin. Faqat tenglama koeffitsiyentlarini aniqlash zarur.

Identifikatsiyalashning aktiv usulida $\bar{X}(t)$ kirish kuzatuvchi tomonidan ob`yekt kirishiga kerakli shakldagi (pog'onali signal, impul'sli signal, garmonik, to'g'ri burchakli, trapesiyasimon, uchburchakli tebranish signallari) tajriba signali shakllantiriladi. Tajriba signaliga tasirlanishi uning ob`yekt chiqishidagi $\bar{Y}(t)$ reaksiyasi hisoblanadi. Shu bilan birga zamonaviy identifikatsiyalash nazariyasida eksperimentni rejalashtirishning optimal usullari qo'llanilmoqda.

Identifikatsiyalashning passiv usulida ob`yektning normal funksiyalash jarayonida $\bar{X}(t)$ kirishi va $\bar{Y}(t)$ chiqishi sifatida ularning tabiiy o'zgarishlari qabul qilinadi.

Identifikatsiyalash mezonlari. Real ob`yektning modelga mosligini harakterlovchi sifat mezonlarini shakllantirish identifikatsiyalashning asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi.

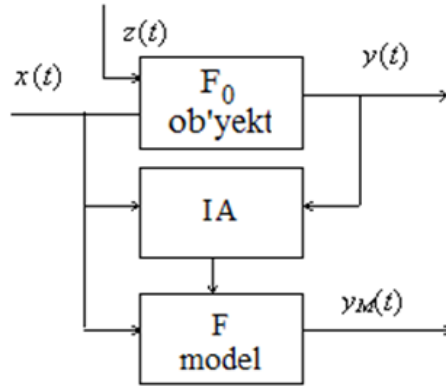
Haqiqiy ob`yekt  $F_0$  operatori orqali tasvirlangan bo`lsin, ya'ni $y(t) = F_0(x(t), z(t))$, uni topib bo'lmaydi, lekin baholash mumkin. Ba'zi identifikatsiyalash algoritmlarini (IA) qo'llash orqali F_0 ga yetarlicha yaqin bo'lgan F optimal operatorli $y_M(t) = F(x(t))$ modelini qurish lozim.

Lekin operatorlarni bevosita bir-biriga yaqinligini baholash qiyin yoki umuman mumkin emas, buning ustiga ko'pgina hollarda ob`yekt operatori haqida ma'lumot kam bo'ladi. Shu sababli, operatorlarning bir-biriga yaqinligi bir xil  $x(t)$  kirish ta`siri beradigan reaksiya orqali olinadi, ya'ni ob`yekt chiqishi orqali:

$y(t) = F(x(t), z(t))$ va $y_M(t) = F(x(t))$, modeli orqali. Bu yerda $z(t)$ – kuzatib bo'lmaydigan xatolik (1.3-rasm).

Umumiy holda $x(t)$ va $y(t)$ ham determinanlashgan, ham vaqtning tasodifiy funksiyasi bo'lishi mumkin. F modelining optimal operatori $y(t)$ va $y_M(t)$ chiqishlari bilan bog'liq bo'lgan mezon asosida topiladi. Shu maqsadda yo'qotishlar funksiyasi tushunchasi kiritildi, u istalgan t vaqt momentida ob`yekt yoki model chiqishiga bog'liq va operatorga bog'liq emas. Bu vektor

argumentining – ob`yekt yoki model chiqishining skalyar noinkor funk-siyasi. Identifikasiyalash jarayonida bu funksiya minimallashtiriladi.



1.3-rasm. Kuzatib bo'lmaydigan xatolik

Bir qator masalalarda identifikasiyalash sifatini baholash mumkin bo'lgan ishchi vaqt kesmasidagi $0 \leq t \leq T \leq \infty$ maksimal og'ish olinadi. U holda identifikasiyalash masalasi maksimal og'ishni minimallashtirish bo'ladi:

$$\rho(y, y_M) = \max_{t \in [0, T]} |y(t) - y_M(t)| \rightarrow \min \quad (1.12)$$

Ob`yektga ta'sir qiluvchi tashqi ta'sir va shovqin bo'lsa, mezon sifatida tasodifiy bo'lgan og'ish olinmaydi, balki uning matematik kutilishi (stoxastik vaziyat) olinadi:

$$\rho(y, y_M) = M|y(t) - y_M(t)| \rightarrow \min \quad (1.13)$$

(3.2) va (3.3) me`zonlari amaliy hisoblarda deyarli ishlatilmaydi. Bu analitik ishlanmalarning yetarli emasligi bilan bog'liq. Ko'p hollarda yo'qotishlar funksiyasi kvadrat og'ishlar sifatida ishlatiladi:

$$\rho(y, y_M) = \max_{t \in [0, T]} (y(t) - y_M(t))^2 \rightarrow \min \quad (1.14)$$

$$\rho(y, y_M) = M(y(t) - y_M(t))^2 \rightarrow \min \quad (1.15)$$

$[T, 0]$ vaqt intervali davomida ob`yekt kirish va chiqishi uzluksiz bo'lsa, quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\rho(y, y_M) = \int_0^T (y(t) - y_M(t))^2 dt \rightarrow \min \quad (1.16)$$

Agar ob`yekt kirishi $x(t)$ va chiqishi $y(t)$ $t_i (i = \overline{1, n})$ diskret vaqt momentida olingan bo'lsa, u holda:

$$\rho(y, y_M) = \sum_{i=1}^n (y(t_i) - y_M(t_i))^2 \rightarrow \min \quad (1.17)$$

Identifikasiyalash nazariyasining matematik apparati. Determinanlashgan ob`yektlarni identifikasiyalash uchun ob`yektni kirish va chiqishlarini bog'lovchi muntazam (regulyarniy) funksiyalar qabul qilinadi. Bu vaziyat funkani yaqinlashish nazariyasi ko'rinishdagi matematik analizda vujudga kelgan identifikasiyalash nazariyasining birinchi yondashuvini vujudga keltirdi.

Identifikasiya algoritmlarini qurishda asosiy yondashuvlar. Identifikasiyalash algoritmini qurishda ikki yondashuv mavjud:

Birinchi yondashuvda, avval ma'lumotlar massivi $x_i, y_i, i = \overline{1, n}$ yig'iladi ($[0, T]$) ishchi vaqt kesimidagi ob`yekt kirish va chiqishi) va bu massivni qayta ishlashda model paramet-rining bahosi olinadi.

Model parametrlarni baholashning ikkinchi yondashuvda yangi ma'lumotlarni keli-shining har bir qadamida aniqlashtiriladi, ya'ni jarayon mobaynida. Mos algoritmlar va baholanishlar rekurent (qadamli) deb nomlanadi. Yangi ma'lumotlarning kelib tushmasidan hisoblashni qadamli jarayoni amalga oshiriladigan bo'lsa, bunday jarayonlarni interasion deb ataymiz.

Rekkurent algoritmlar adaptiv boshqarish tizimlari uchun harakterlidir. Bu holda boshlang'ich ma'lumotlar yetarli bo'lmaganida jarayon davomida kerakli parametrlar aniqlanadi.

Identifikasiyalashni ba'zi mezonlarini amalga oshiruvchi identifikasiyalash usuli ham rekkurent, ham retrospektiv algoritmi usulida qurilishi mumkin.

A vektor parametrlarini baholash maqsadida retrospektiv identifikasiyalash parametri quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\tilde{A} = \Phi(x_0^n, y_0^n) \quad (1.18)$$

bu yerda: (x_0^n, y_0^n) - 0 dan n gacha bo'lgan massiv o'lchami; $\tilde{A}$ - A vektorining baholanishi.

Rekurrent algoritmi quyidagi ko'rinishda yozib olinadi:

$$\tilde{A}_{K+1} = \Phi_1(\tilde{A}_K, x_{K+1}, y_{K+1}) \quad (1.19)$$

bu yerda: $\tilde{A}_K$ - K qadamidagi vektor parametrlarining bahosi; x_{K+1}, y_{K+1} - $(K+1)$ qadamdagi o'lchamlar.

1.4. Model parametrlarini identifikatsiyalash

Tajriba yoki tajribaviy – analitik usullar yordamida qurilgan matematik modellar qiymati tajriba ma'lumotlari bo'yicha aniqlanadigan noma'lum o'zgarmlardan tashkil topadi. Agar foydalanilayotgan modellar izlanayotgan parametrlarga nisbatan chiziqli bo'lsa, unda ularni baholash masalasi chiziqli regressiya analizi usuli bilan, ba'zida eng kichik kvadratlar usuli bilan oson echiladi.

Noma'lum parametrlarning bahosi eng kichik kvadratlar usulida nomuvofiqliklar kvadratlarining yig'indisini minimumlashtirish yordamida olib boriladi. Bunday yondoshuv ko'pgina muhim xolatlarda optimallik xususiyatlarni baholashga olib boradi.

F model operatorining strukturasini aniqlash jarayoni struktura identifikatsiyasi masalasini tashkil etadi. Agar bu operatorning strukturasini aniqlangan bo'lsa, u holda identifikatsiyalash jarayoni bu strukturaning parametrlarini aniqlashga qaratiladi, ya'ni oldingisiga nisbatan ancha oddiy bo'lgan parametrik identifikatsiya masalasi.

Shunday qilib, ob'yekt identifikatsiyasi avvalo model strukturasini tanlash bilan bog'liq. Model strukturasini deb, koeffitsiyentlarigacha aniq bo'lgan F operatorining ko'rinishi tushuniladi. Shuni qayd etib o'tish mumkinki, ob'yekt strukturasini model strukturasini bilan mos tushmasligi ham mumkin. Misol uchun, ob'yektning stoxastik xususiyatlari modelda aks etmaydi (determinanlashgan model tanlanadi). Bundan tashqari, model ob'yektga nisbatan kamroq kirish va

chiqishlarga ega bo'lishi mumkin. Bu asosan kam miqdordagi kuzatuvlarda bo'ladi.

Har qanday bir o'lchamli statik uzluksiz obekt $y=F(x)$ funksiya orqali aniqlanadi. Bu ob`yektining modelini quyidagi ko'paytiruvchi qo'rinishida yozish mumkin:

$$F(x) = \sum_{i=1}^k c_i \cdot f_i(x) \quad (1.20)$$

aniqlangan funksiyalar tizimidan $\Phi(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]$.

Bu yerda model strukturasi $F(x)$ funksiyalar tizimi va k soni orqali beriladi, uning parametrlari esa $c_1, c_2, \dots, c_k$ koefitsiyentlari hisoblanadi.

Bunday ob`yekt strukturasi identifikatsiyasi qoniqarli $F(x)$ funksiya tizimini topishdan iborat, parametrik identifikatsiya esa berilgan funksiyalar tizimi asosida $c_i (i=1)$ parametrini aniqlashdan iborat.

Bir o'lchamli dinamik determinanlashgan ob`yekt

$$F = \frac{B(p)}{A(p)} \quad (1.21)$$

operatori orqali tasvirlanadi. Bu yerda: $A(p) = 1 + \sum_{i=1}^m a_i \cdot p^i$;

$B(p) = 1 + \sum_{j=0}^l b_j \cdot p^j$; $p^r = \frac{d^r}{dt^r}$ – differensiyalash operatori.

Bu yerda model operatorining strukturasi operatorning chiziqliligidan va m bilan l sonlari orqali aniqlanadi. Fizik mulohazalarga ko'ra $l \leq m$. $a_i (i = \overline{1, m})$ va $b_j (j = \overline{0, l})$ koefitsiyentlari modelning nostrukturali parametrlari hisoblanadi.

(1.21) operatori quyidagi ko'rinishdagi oddiy differensial tenglamaga ekvivalentdir

$$y + \sum_{i=1}^m a_i \frac{d^i y}{dt^i} = \sum_{j=0}^l b_j \frac{d^j x}{dt^j} \quad (1.22)$$

n vaqt momentida diskret vaqt uchun quyidagi shakllar yoziladi:

$$A_1(q^{-1})y[n] = B_1(q^{-1})x[n] \quad (1.23)$$

$$A_1(q^{-1}) = a_{1m}q^{-m} + a_{1(m-1)}q^{-m+1} + \dots + 1 \quad (1.24)$$

$$B_1(q^{-1}) = b_{1l}q^{-l} + b_{1(l-1)}q^{-l+1} + \dots + b_{10} \quad (1.25)$$

bu yerda $q^{-r}y[n] = y[n-r]$

(1.22) uzluksizdan (1.23) diskret modelga o'tishda m va l tenglama tartibi saqlanadi, lekin uzluksiz va diskret shakldagi modellarning koefitsiyentlarining qiymati turlicha.

Avtomatik boshqarish nazariyasida kirish va chiqish o'zgaruvchilari o'rtasidagi quyidagi bog'lanishlar ishlatiladi:

1. (Dyuamel integrali)

$$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\tau)w(t-\tau)d\tau = \int_{-\infty}^t w(\tau)x(t-\tau)d\tau \quad (1.25)$$

bu yerda $x(t)$, $y(t)$ – kirish va chiqish o'zgaruvchilari; $w(t)$ – ob'yektning impul'sli o'tish funksiyasi, ya'ni agar $x(t)$ kirish signali denl'ta-funksiyani $\delta(t)$ ifodalasa, $y(t)$ ob'yekt chiqishidagi signal.

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0, \\ \infty, & t = 0 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1$$

Agar $t < 0$ da $x(t)=0$ bo'lsa, u holda (1.24) tenglikni quyidagi shaklda yozish mumkin

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)d\tau = \int_0^t w(\tau)x(t-\tau)d\tau \quad (1.26)$$

Diskret vaqt uchun bu tenglik quyidagi shaklda yoziladi

$$y[n] = \sum_{i=0}^n x[i]w[n-i] = \sum_{i=0}^n w[i]x[n-i] \quad (1.27)$$

2. Bog'liqlikni operator ko'rinishida yozish

$$y(p) = W(p)x(p),$$

bu yerda $x(p)$, $y(p)$ – kirish va chiqish signallarining Laplas tasviri; $W(p)$ – ob'yektning uzatish funksiyasi, $W(p) = B(p)/A(p)$.

Umumiy holda bir o'lchamli uzluksiz nochiziqli determinanlashgan dinamik ob`yektning modeli quyidagicha yozilishi mumkin

$$F(x) = \sum_{i=1}^k c_i F_i(x) \quad (1.28)$$

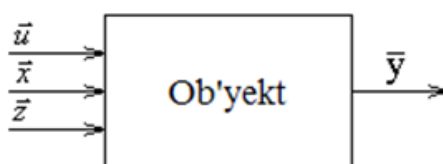
bu yerda $F_i(x) (i = \overline{1, k})$ - nochiziqli operatorlar tizimi.

1.5. Modelni soddalashtirish usullari

Qachon olingan model murakkab, ya'ni yechib bo'lmaydigan bo'lsa, u holda ishlab chiquvchi uni soddalashtirishi va yanada chuqurroq mavhumlikdan foydalanishi kerak bo'ladi. Amaliy masalalarda murakkab tizimlarning ishlash jarayonini kuzatishda teskari jarayon – modelni kengaytirish jarayonidan foydalanish maquldir. Bunda avval sodda ko'-rinishdagi model quriladi, so'ngra u murakkablashtiriladi. Avval oddiy model yordamida oddiy masalalar ishlanadi, so'ngra model va haqiqiy ob`yekt o'rtasidagi katta o'xshashlikni talab qiluvchi murakkab masalalar qoyiladi, bu esa modelning murakkablashuviga olib keladi.

Ikkala holatda ham ob`yektning matematik modelini soddalashtirish zarur. Modellarni soddalashtirishning quyidagi usullari ko'p tarqalgandir:

- 1) murakkab tizimni bir nechta oddiyroq osttizim (dekompozisiya) larga bo'lish;
- 2) o'ziga xos xususiyatlarini va ta`sirlarni ajratish va parametrik shaklda (makro-modellashtirish usuli) boshqalarini belgilash;
- 3) nochiziqli jarayonlarni chiziqlantirish;
- 4) taqsimlangan parametrlari tizimlarni to'plangan parametrlari tizimga keltirish (yanada qat'iy chegaralarning qoyilishi);
- 5) jarayonning dinamik xususiyatlarini e'tiborga olmaslik.



1.4-rasm. Obektga kirish va chiqish parametrlari.

Dekompozitsiya. Umumiy holda dekompozitsiyaning maqsadi berilgan y_i chiqishni faqat mos o'zgaruvchilari bilan bog'langan ob'yektning fazoviy o'zgaruvchilarini $\{y_1, y_2, \dots, y_n, u_1, u_2, \dots, u_r, x_1, x_2, \dots, x_m, z_1, z_2, \dots, z_l\}$ kichik o'lchamdagi q ta osttizimlarga bo'lib chiqish hisoblanadi (1.5-rasm). Agar istalgan chiqish boshqa chiqishlar bilan bog'langan bo'lsa, u holda dekompozitsiyalashning iloji bo'lmaydi. Agar ob'yektning umu-miy modeli yetarlicha katta o'lchamda ifodalanib noaniq ko'rinishga ega bo'lsa

$$F(\vec{y}, \vec{u}, \vec{x}, \vec{z}) = 0 \quad (1.29)$$

va ob'yektning chiqishlari y_i lar o'zaro bog'lanishga ega bo'lmasa, u holda murakkab modelga ekvivalent bo'lgan har bir chiqish uchun n ta oddiy modellarni keltirish mumkin

$$\vec{y} = \vec{F}(\vec{u}, \vec{x}, \vec{z}) \quad (1.30)$$

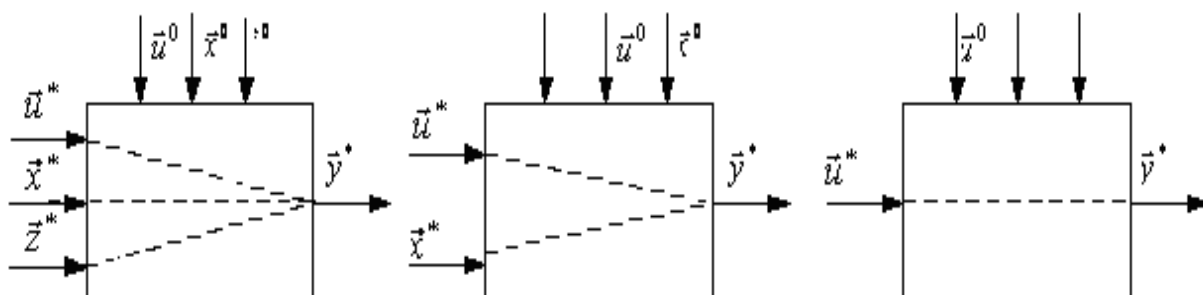
bu yerda: $\vec{F} = (F_1, F_2, \dots, F_n)$

Tizimning dekompozitsiyasi o'tkazilganligi sababli uning nazariy kuzatish masalasi yengillashdi.

Makromodellashtirish. Makromodellashtirish usuli qo'llanilganda o'zgaruvchilar orasidan faqat chiqish kattaliklariga katta ta'sir o'tkazuvchi o'zgaruvchilar qoldiriladi (ya'ni hisobga olinadi). Hisobga olinmagan ta'sirlarni hisobga olingan o'zgaruvchilar koeffitsiyentlarini o'zgartirish yo'li bilan yoki erkin o'zgaruvchilarni kiritish yo'li bilan parametrik shaklda hisobga olish mumkin.

Faqat muhim faktorlarni hisobga olgan sodda modellarni qurishda adaptiv model qurish usulidan keng foydalaniladi, ya'ni modellar, qaysilarda koeffitsiyentlar shun-day moslashtiriladiki, bunda model va ob'yekt chiqishlaridagi ba'zi tafovutlar mumkin bo'lgan qiymatlarni qabul qila olsun. Buning uchun tafovutlarni minimallashtirish tamoyili qo'llaniladi. Chiqish o'zgaruvchilarini o'zgarishiga olib kelmaydigan va stabillashuvchi o'zgaruvchilar modelda ko'rsatilmaydi.

Makromodel deb nomlanuvchi soddalashgan model strukturasi u boshqarish kanali, x nazorat kanali va y nazorat qilinmaydigan uch kanalli, ikki kanalli va bir kanalli bo'lishi mumkin (1.5-rasm)



1.5-rasm. Boshqarish kanali

To'liq matematik model

$$F(\vec{y}, \vec{u}, \vec{x}, \vec{z}) = 0 \quad (1.31)$$

Uch kanalli makromodel

$$F(\vec{y}^*, \vec{u}^*, \vec{x}^*, \vec{z}^*, \vec{\alpha}) = 0 \quad (1.32)$$

Ikki kanalli makromodel

$$F(\vec{y}^*, \vec{u}^*, \vec{x}^*, \vec{\alpha}) = 0 \quad (1.33)$$

Bir kanalli makromodel

$$F(\vec{y}^*, \vec{u}^*, \vec{\alpha}) = 0 \quad (1.34)$$

bu yerda $\vec{y}^* = (y_1, y_2, \dots, y_{n_1})$, $\vec{u}^* = (u_1, u_2, \dots, u_{r_1})$, $\vec{x}^* = (x_1, x_2, \dots, x_{m_1})$, $\vec{z}^* = (z_1, z_2, \dots, z_{l_1})$ – nazorat qilinmaydigan vektorlar, bunda makromodeldagi o'zgaruvchilar soni kamayishini ko'rsatuvchi $n_1 < n$, $m_1 < m$, $r_1 < r$, $l_1 < l$ sharti bajariladi; $\vec{\alpha}^* = (\alpha_1, \alpha_2, \dots)$ – sozlanuvchi koeffitsiyentlar vektori; $\vec{u}^0, \vec{x}^0, \vec{z}^0$ – nazorat qilinmaydigan o'zgaruvchilar vektori.

Chiziqlantirish. Nochiziqli modelni chiziqli modelga almashtirish jarayoni chiziqlantirish deyiladi.

Agar ob'yektning differensial tenglamasi nochiziqliligi uning statik harakteristikasining nochiziqliligidan bo'lsa, u holda tenglamani chiziqlantirish

uchun nochiziqli statik harakteristika $y=F(x)$ ni chiziqli funksiya $y=a_0+a_1x$ ga almashtiramiz.

Chiziqlantirish $F(x, y)$ funksiyaning (x_0, y_0) oraliqda Teylor qatoriga yoyish va bu qatorning hamma nochiziqli aʼzolari olib tashlash orqali amalga oshiriladi

$$y = F(x_0) + \left(\frac{\partial F}{\partial x_0} \right) (x - x_0) \quad (1.35)$$

Shunday qilib, boshlangʻich nochiziqli model chiziqli modelga almashtiriladi

$$y = a_0 + a_1x \quad (1.36)$$

bu yerda: $a_0 = F(x_0) - \left(\frac{\partial F}{\partial x_0} \right) x_0$; $a_1 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_0} \right)$

Model koʻp oʻlchamli boʻlgan hollarda, yaʼni $y=F(x_1, x_2, \dots, x_m)$ koʻrinishda boʻlsa

$$y = F(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}) + \sum_{i=1}^m \left(\left(\frac{\partial F}{\partial x_{i0}} \right) (x_i - x_{i0}) \right) \quad (1.37)$$

yoki $y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i$

bu yerda: $a_0 = F(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}) - \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial F}{\partial x_{i0}} \right) x_{i0}$, $a_i = \left(\frac{\partial F}{\partial x_{i0}} \right)$, $i = \overline{1, m}$

Taqsimlangan parametrlil modelni soddalashtirish. Obʼyekt holatining harakteristikalari nafaqat vaqtga, balki fazoviy koordinatalarga ham bogʻliq boʻladi. Taqsimlangan parametrlil obʼyektlar toʻplamidan toʻplangan parametrlil obʼyektga keltiriladiganlarini ajratib koʻrsatish mumkin. Bu shunday obʼyektlarki, qaysilarda fazoning belgilangan nuqtalaridagi faqat kirish va chiqish qiymatlarini bilish yetarli boʻladi.

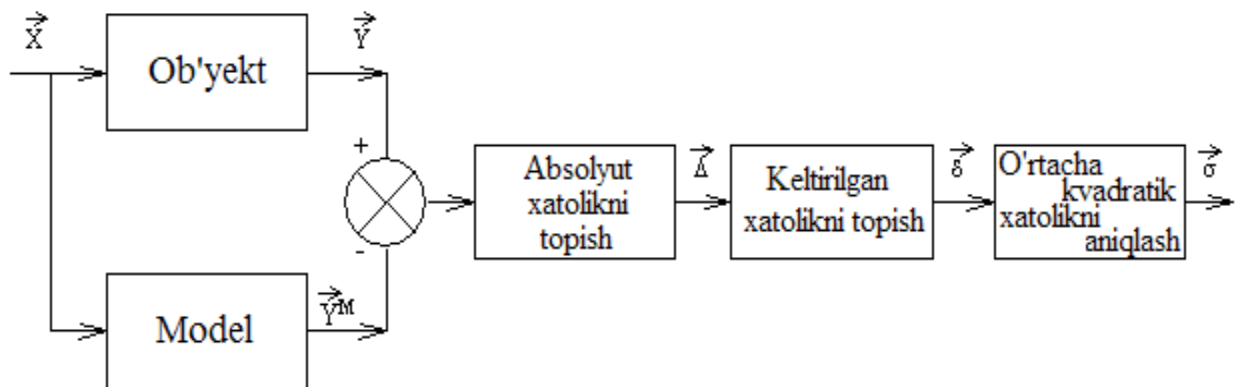
1.6 Model va obektning adekvatligi

Obekt kuzatuvidan model kuzatuviga o'tish va modellashtirish masalasini ishlash uchun modelning yaroqligini tasdiqlash, olingan model sifatini baholashni talab etadi, ya'ni modelni ob'yektga mosligini (adekvatligini) tekshirish. Hech qachon modelni ob'yektga barcha xususiyatlari boyicha to'liq mos deb bo'lmaydi, sababi kuzatish maqsadiga qarab ob'yektning turli modellari qurilishi mumkin.

Model va ob'yektning adekvatlik darajasini baholash uchun ob'yekt va uning modeliga bir xil kirish ta'sirlarini berib, undan hosil bo'lgan chiqish signallarini solishtirish orqali aniqlash mumkin.

1.6-rasmda statik obekt modelining xatolik bahosini aniqlash struktur sxemasi keltirilgan.

Mumkin bo'lgan qiymatlar sohasi D_x ga tegishli turli darajadagi kirish ta'sirlari $\bar{x}_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ ni berish orqali ob'yekt chiqishi $\bar{y}_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})$ va model chiqishi $\bar{y}_j^M = (y_{1j}^M, y_{2j}^M, \dots, y_{nj}^M)$, $(j = \overline{1, l})$ l ta tajriba o'tkazib olingan bo'lsin.



1.6-rasm. Statik obekt modelining xatolik bahosini aniqlash struktur sxemasi

Modelning adekvatligini baholash uchun uning $\bar{\Delta} = (\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_m)$ va $\bar{\delta} = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m)$ xatoligi quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$\Delta_i = \max_{j=\overline{1, l}} |y_{ij} - y_{ij}^M|, \quad (i = \overline{1, m}) \quad (1.38)$$

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{\Delta y_i}, (i = \overline{1, m}) \quad (1.39)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{l} \sum_{j=1}^l (y_{ij} - y_{ij}^M)^2}, (i = \overline{1, m}) \quad (1.40)$$

bu yerda: $\Delta_i, \delta_i, \sigma_i - i (i = \overline{1, m})$ chiqish boyicha modelning absolyut, keltirilgan va o'rtacha keltirilgan xatoliklari; y_{ij}, y_{ij}^M – j-tajribadagi ob`yekt va modelning  $i$  chiqishidagi qiymati,  $(i = \overline{1, m}, j = \overline{1, l})$ ;  $\Delta y_i - D_x$  cohasidagi mumkin bo'lgan kirish  $x_k (k = \overline{1, n})$  qiymatlarida ob`yektning i chiqishidagi maksimal o'zgarish.

Agar bu xatoliklarning kattaliklari ba`zi berilgan musbat qiymatlardan katta bo'lsa, u holda model ob`yektga mos (adekvat) bo'ladi.

Endi dinamik ob`yektning modelini baholashni ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, identifikatsiyalashdan so'ng bir o'lchamli ob`yektning chiziqli differensial tenglama shaklidagi modeli olindi

$$\sum_{k=0}^n a_k \frac{d^k y_M(t)}{dt^k} = \sum_{k=0}^m b_k \frac{d^k x_M(t)}{dt^k} \quad (1.41)$$

bu yerda: $x_M(t)$ – modelning kirish signali;

$y_M(t)$ – modelning chiqish signali;

n, m – hosilaning yuqori tartiblari $t \in [0, T]$ vaqt oralig'ida $x(t)$ kirish va $y(t)$ chiqishlar olingan bo'lsin, bu yerda T – kuzatuvni amalga oshirish vaqti. Endi model sifatini $y_M(t)$ va $y(t)$ larni solishtirish yo'li bilan yoki shu signallar orasiga ma`lum bir oraliq o'lchamini kiritish orqali aniqlash mumkin.

Obekt va modelning chiqish signallari bir xil kirish signalida turlicha bo'ladi, sababi ularning differensial tenglamalari va boshlang'ich holatlari bir xil emas. Model va ob`yektning adekvatligini baholash uchun chiqish signallarining farqi boyicha ularning bir-biriga yaqinlik mezonini kiritamiz, ya`ni bir xil $x(t)$ kirish signaliga reaksiyasi, masalan quydagi ko'rinishdagi

$$I_x = \int_0^T F(y(t) - y_M(t)) dt, \quad (1.42)$$

bu yerda $F(\bullet)$ – baʼzi bir qavariq funksi Y .

Xususan

$$F(y(t) - y_M(t)) = (y(t) - y_M(t))^2 \quad (1.43)$$

Umumiy holda adekvatlikni baholash turli shakldagi $x(t)$ signallari uchun oʻtkaziladi. Bunda I_k baholashning matematik kutilma kiritiladi.

$$I = M[I_x] = M \left[\int_0^T F(y(t) - y_M(t)) dt \right] \quad (1.44)$$

Chiqish signalining ifodasi murakkab koʻrinishga ega, bu esa model koeffitsiyentlariga I bogʻliqlikning analitik kuzatuvini qiyinlashtiradi. Shu sababli boshqa mezonlar ham kiritiladi. Xususiyl holda, agar model tenglamasi quyidagicha boʻlsa

$$\sum_{k=0}^n a_k \frac{d^k y_M(t)}{dt^k} = x_M(t) \quad (1.45)$$

u holda model va obektning mosligini baholashda model va obʼyektning kirish signalldarining farqini $(x_M(t) - x(t))$ olish qulay hisoblanadi

$$I = M \left[\int_0^T F(x_M(t) - x(t)) dt \right] \quad (1.46)$$

$y_M(t) = y(t)$ shartida. Bu holda model va obʼyektning chiqish signalini $y(t)$ bilan belgilaymiz.

Bunda (1.45) ni (1.46) ga qoyib, quydagini hosil qilamiz

$$I = M \left[\int_0^T F \left(\sum_{k=0}^n a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - x(t) \right) dt \right] \quad (1.47)$$

(1.47) modelning umumiy hollari uchun qulay boʻlgan funksionalni shakllantirish mumkin

$$I = M \left[\int_0^T F \left(\sum_{k=0}^n a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - \sum_{k=0}^m b_k \frac{d^k x(t)}{dt^k} \right) dt \right] \quad (1.48)$$

$$\Delta = \sum_{k=0}^n a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - \sum_{k=0}^m b_k \frac{d^k x(t)}{dt^k} \quad (1.49)$$

ifoda modelning umumlashgan xatosi deb ataladi. Qoidaga ko'ra $F(\bullet)$ funksiyasi sifatida umumlashgan xatoning kvadrati olinadi

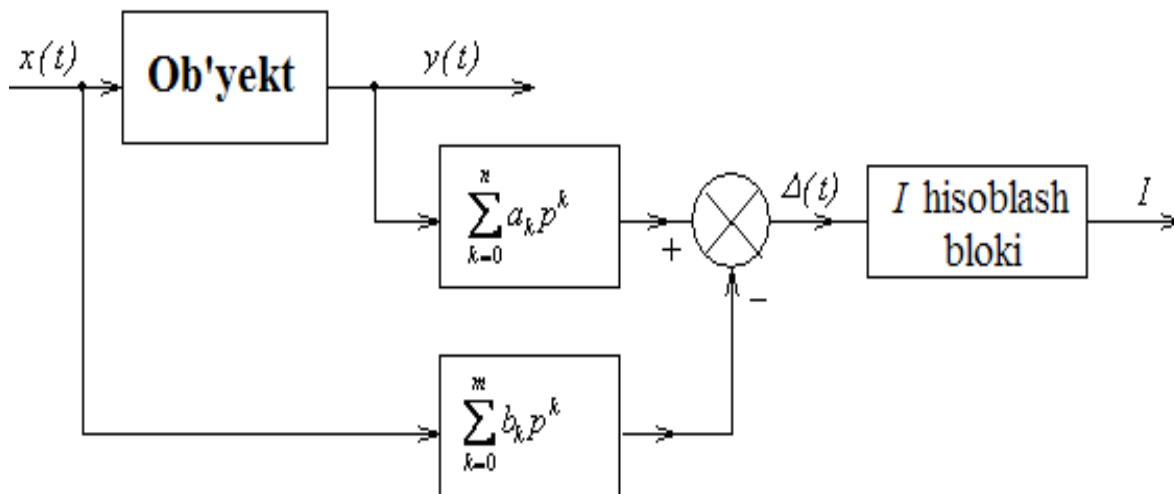
$$I = M \left[\int_0^T \Delta^2(t) dt \right] \quad (1.50)$$

Bu funksionalning qulay tomoni shundaki, u model parametrlariga va kirish hamda chiqish signallarning o'lchash mumkin bo'lgan parametrlarga bog'liqligidir. Biroq, bu funksionalni hisoblashda $x(t)$ va $y(t)$ signallarini differensiallash bilan bog'liq bo'lgan ba'zi qiyinchiliklar vujudga keladi, shuningdek, matematik kutilmani hisoblash shart ekanligi bilan bog'liq. 1.7-rasmda umumlashgan xato va I mezonini bahosini hisoblash struktur sxemasi keltirilgan, bu yerda $p = \frac{d}{dt}$ – differensiallovchi operator

Biroq jismonan amalga oshirish shartlari boyicha faqatgina qurilmani yaratish mumkin, bunda suratning tartibi maxrajnikidan kichik bo'ladi, ya'ni

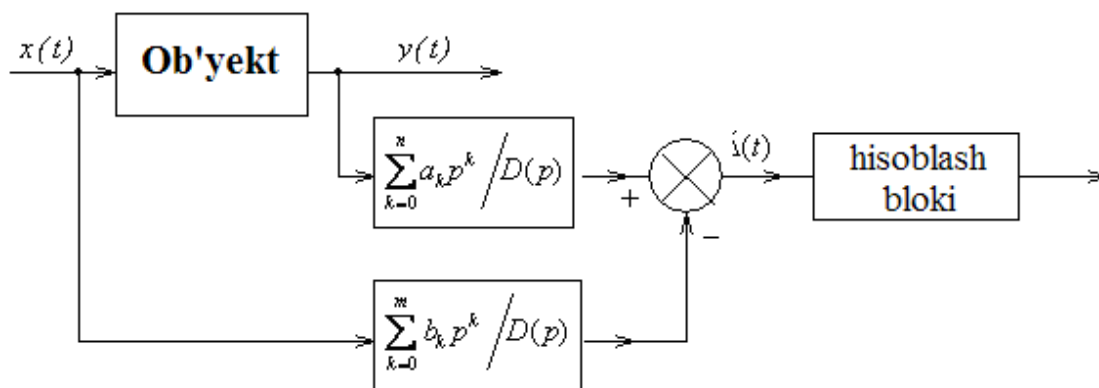
$$\sum_{k=0}^n a_k p^k / D(p) \quad \text{va} \quad \sum_{k=0}^m b_k p^k / D(p) \quad (1.51)$$

bu yerda $D(p)$ – $n, m \leq n$ darajali ko'phad.



1.7-rasm. Umumlashgan xato va I mezonini bahosini hisoblash struktura sxemasi.

U holda $\tilde{\Delta}(t)$ umumlashgan xatoni va $\tilde{I}$ mezon bahosini hisoblash struktura sxemasi 1.8-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi.

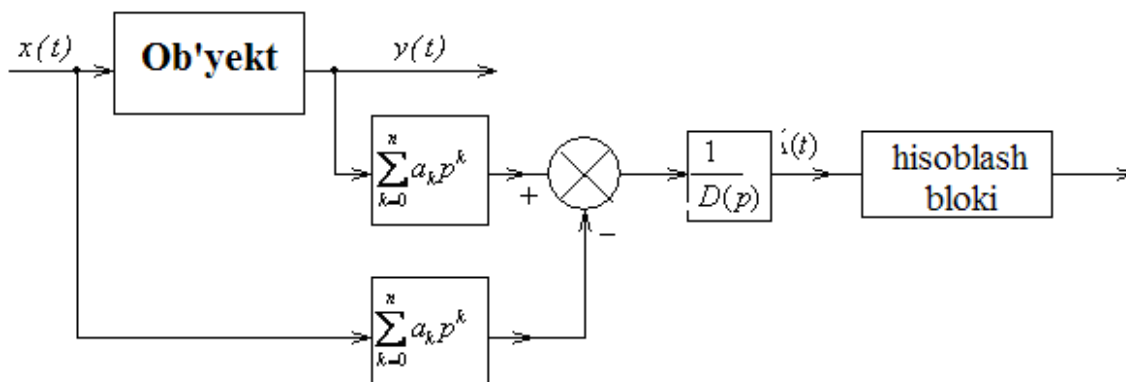


1.8-rasm. Hisoblash struktura sxemasi

$$\tilde{\Delta}(t) = \left(\sum_{k=0}^n a_k p^k / D(p) \right) y(t) - \left(\sum_{k=0}^m b_k p^k / D(p) \right) x(t) \quad (1.52)$$

$$\tilde{I} = M \left[\int_0^T \tilde{\Delta}_2 dt \right] \quad (1.53)$$

1.9-rasmdagi struktur sxema 1.8-rasmda keltirilgan sxemaga ekvivalent bo'ladi.



1.9-rasm. Hisoblash struktura ekvivalent sxemasi

1.7. Muammolar tavsifi va obektlarni modellashtirish usullari

Odatda biror obektni (tizim, hodisa) modellashtirish deganda kuzatish uchun qulay shaklda bo'lgan va olingan natijalarni modellashtirilayotgan ob'yektga

ko'chirish mumkin bo'lgan haqiqiyga o'xshash boshqa ob'ektni tiklash va kuzatish tushuniladi. Bunda ob'yektlar o'xshash hisoblanadi, agar ularda kechayotgan jarayonlar tavsifi butun jarayon davomida bir xil koeffitsiyentga farq qilsa. O'rganilayotgan ob'yekt modeli haqiqiy modelning fizik tabiatidan mutlaqo farq qitishi mumkin. Bu holat obektlarni loyihalashda modellashtirish uchun keng imkoniyatlarni ochib beradi.

Modellashtirish asosida axborotlashtirish jarayoni yotadi, sababi modelni hosil qilish jarayonida obekt haqida ma'lumot olinadi, tajribada bir vaqtning o'zida moyelni boshqaruvchi ma'lumot ham kiritilib boriladi, so'ng olingan ma'lumotlar qayta ishlanadi, ya'ni butun modellashtirish jarayoni asosida axborot yotadi.

Bugungi kunda avtomatlashtirilganlik darajasi yuqori bo'lgan modellashtirish tizimlari keng qo'llanilmoqda. Modellashtirish jarayonining avtomatlashtirilganlik darajasi modelning boshqariluvchanligi bilan bog'liqdir. Bu esa keng miqyosdagi tajribalarni o'tkazish imkonini va katta miqdordagi natijalarni olish orqali boshqariluvchi parametrlar va model o'zgaruvchilariga ega bo'lish imkonini beradi.

Modellashtirish masalasining qoyilishidan to olingan natijalarni izohlaguncha murakkab ilmiy-texnikaviy muammolar guruhi mavjud. Ularning asosiylariga quyidagilarni kiritishimiz mumkin:

- haqiqiy ob'yektlarni identifikatsiyalash;
- model ko'rinishini tanlash;
- ob'yekt o'zgaruvchilarini olish;
- model tuzilishi va ularni EHMda amalga oshirish;
- tadqiqotchi bilan modelning hisoblash tadribasida bo'ladigan o'zaro ta'siri;
- modellashtirish jarayonida olingan natijalarning to'g'riligini tekshirish va asosiy qonuniyatlarni aniqlash.

Ob'yekt va boshqarish tizimlarini kuzatish uchun modellashtirishning turli usullari qo'llaniladi:

- fizik modellashtirish;

- EHM da matematik modellash;
- yarim tabiiy modellash.

Bu usullarning har biri kamchilik va afzalliklarga ega. Har bir kuzatilayotgan tizim va uning ishlash sharoitidan kelib chiqib qaysi usul qo'llanilishi aniqlanadi. Bunda haqiqiy ob'yektni uning modeli bo'yicha o'rganishda talab qilinayotgan aniqlikni taminlash imkonini beruvchi qoidalar va shartlar to'plamiga ega bo'lish kerak. Bu qoida va talablar o'xshashlik nazariyasida shakllanadi.

Fizik modellash qo'llanilganda model va uning originalida bo'layotgan jarayonlar bir xil ba'zan esa turli fizik tabiatga ega bo'ladi. Fizik model haqiqiydan o'lchamlari, jarayonning borish tezligi va fizik tabiati yoki u tayyorlangan material bilan farq qilishi mumkin.

Fizik model haqiqiyning ko'pgina xususiyatlarini o'zida aks ettirishi mumkin. Bu xususiyatlar nazariy o'rganilganda to'liq hisobga olinmasligi mumkin. Fizik modellashning nazariy asosi o'xshashlik nazariyasi hisoblanadi.

Fizik modellashda har bir aniq ob'yekt uchun o'zining modelini yaratish zarur. Sababi murakkab ob'ektlarni tayyorlashda odatda juda qimmat, katta miqdorda moddiy va jismoniy sarf talab etadi, bu esa model parametrlarini o'zgartirishda maqsadga muvofiq emas. Shu sababli, fizik modellash ma'lum bir afzalliklarga ega bo'lishiga qaramay murakkab ob'ektlar va boshqarish tizimlarini kuzatishda cheklangan miqdorlarda qo'llaniladi.

Yarim tabiiy modellash bu – tizimning bir qismi modellashilib, ikkinchi qismi esa haqiqiylikicha qoladigan haqiqiy apparatli modellashdir.

Bu usul tizimning ba'zi elementlarining ishlashini matematik ifodalab bo'lmaganda ishlatiladi.

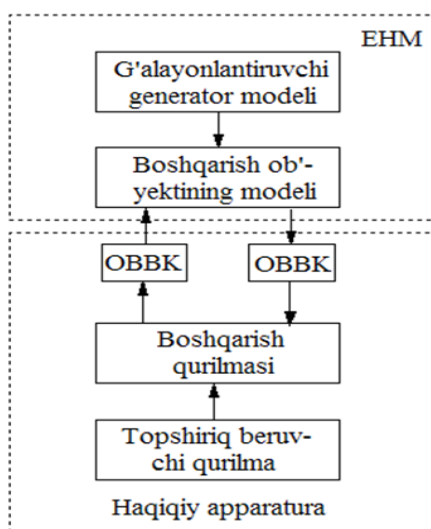
Bunday usullarni qo'llashga ehtiyoj quyidagi hollarda vujudga keladi, agar:

- boshqarish ob'yekti xali loyihalash jarayonida, boshqarish qurilmasining elementlari esa real mavjud bo'lganda;
- ob'yekt laboratoriya sharoitida kuzatilishi mumkin bo'lmaganda;

– boshqarish qurilmasining elementlari nochiziqli harakteristikaga ega bo'lib, ishqalanish, xalaqlar tenglamalarni tuzishda hisobga olinmaydi;

– ob'yektda boshqarish qurilmasini sozlagan holda tabiiy tajribalarni o'tkazish qimmat yoki umuman mumkin emas.

1.10-rasmda boshqarish tizimining yarim tabiiy modellashtirishning strukturasi keltirilgan. Shuningdek tizim imitasion tajribalarni bajarish va ob'yekt bilan bog'lanish qurilmasi (OBBQ) uchun g'alayonlantiruvchi generator modelini o'z ichiga oladi.



1.10-rasm. Boshqarish tizimining yarim tabiiy modellashtirishning strukturasi

ABT ni loyihalashtirishda modellashtirishning maqsadi – avtomatik tizimning alohida qurilmalari strukturasini va parametrini tanlash.

Haqiqiy tizimlarda va ularning matematik modellarida jarayonlarni o'rganishda uch turdagi vaqt farqlanadi:

1. Jarayonlar haqiqiy sharoitda va tizimda bo'ladigan real vaqt;
2. Jarayonlar model tizimida bo'ladigan modeli (tizimli) vaqt. Modelli vaqtning ishlatilishi modellarda tezlashgan yoki sekinlashgan sur'atda jarayonlarni analiz qilish imkonini beradi, shuningdek, har qanday vaqt momentida jarayonni o'rganish uchun to'xtatish mumkin;
3. tizimning modellashtirilishi EHMda yuz beradigan mashina vaqti.

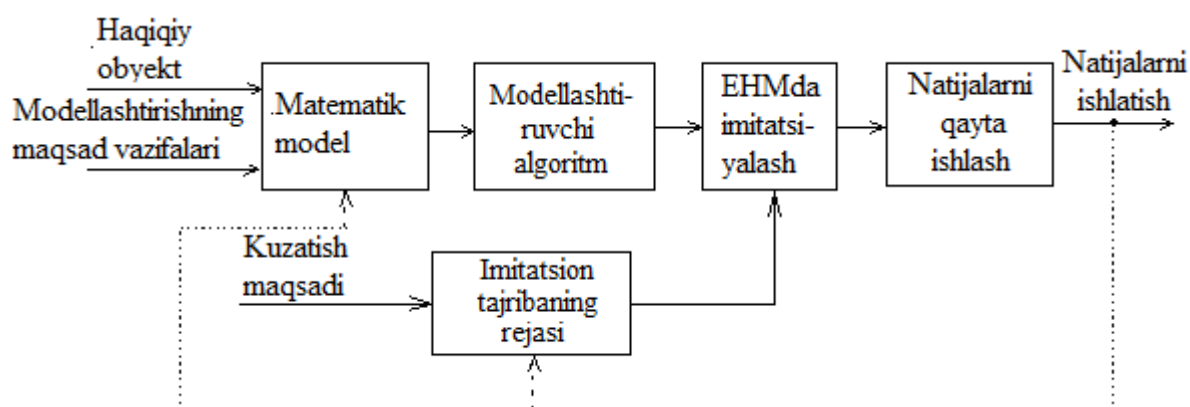
1.8. EHM da obektlarni modellashtirishning bosqichlari va usullari

Murakkab obekt va tizimlarni kuzatishda EHMdan foydalanib modellashtirish samarali usul hisoblanadi.

EHMda haqiqiy ob`yektlarning imitasion modellarini ishlab chiqish va uni kuzatish aniq bir ketma-ketlikda bosqichma-bosqich amalga oshiriladi va u quyidagilardan iborat:

- kuzatuv maqsadini aniqlash va masalaning qoyilishi;
- matematik modelni qurish maqsadida ob`yekt (tizim) shakllantirish;
- ob`yektning matematik modelini qurish;
- modellashtiruvchi algoritmnini ishlab chiqish va tuzish;
- ob`yektning mashina modelini (imitasion) qurish;
- imitasion tajribalarni rejalashtirish;
- ob`yekt modeli bilan imitasion ekasperimentlar;
- imitasion tajribalarning natijalarini qayta ishlash va analiz qilish;
- modellashtirish natijalarini hujjatlashtirish va amaliyotda ishlatish.

1.11-rasmda imitasion modellashtirishning struktur sxemasi keltirilgan. Bu sxemada model tuzilishi va imitasion tajribalarni o'tkazish bosqichlari bo'lib chiqilgan.



1.11-rasm. Imitasion modellashtirishning struktur sxemasi

Imitasion tajribalarning natijalari ob`yekt modelining ko'rinishiga ta'sir ko'rsatishi mumkin va mos ravishda modellashtiruvchi algoritmi strukturasi ham

ta'sir ko'rsatadi. Masalan, agar tajribani o'tkazish mobaynida chiqish natijalari u yoki bu parametrga bog'liq emasligi aniqlansa, u holda bu xol modelni soddalashtirishga (bu parameterni olib tashlash va mos ravishda model o'lchamini soddalashtirish) sabab bo'lishi mumkin va modellashtiruvchi algoritmnining o'zgarishiga olib keladi.

Kuzatilayotgan tizimning shakllantirish darajasiga qarab quydagilar farqlanadi:

- sonli usullaridan foydalanish orqali modellashtirish;
- dasturlashning maxsus algoritmik tillarini qo'llab taxminiy (statistik) modellashtirish.

Qachonki tizimni qat'iy matematik munosabatlar bilan ifodalash mumkin bo'lgan hollarda modellashtirishni sonli usullaridan foydalangan holda amalga oshirish mumkin. Uning kamchiligi shundaki, modellashtiriluvchi algoritmnining strukturasi va axborot strukturasi kuzatilayotgan jarayonning strukturasi va xususiyatlari bilan emas, balki sonli usul orqali aniqlanadi. Modellashtirish rejimiga bo'lgan talablarning o'zgarishi, ob'yekt modelini korrektilash, natijalarning aniqligiga qoyilayotgan talablarning oshishi sonli usulni almashtirilishiga olib kelishi mumkin.

Statik modellashtirish usulining qo'llanilishi modellashtiriluvchi algoritmnini tuzilishi boyicha haqiqiy ob'yektning ishlash algoritmgaga yaqin qiladi. Modellashtirish shartlarining o'zgarishi algoritmnining jiddiy o'zgarishiga olib kelmaydi, u faqat qo'shimcha bloklar bilan to'ldirilib borishi mumkin yoki EHM da bir necha marta ishga tushirilishi mumkin.

Statik modellashtirishning an'anaviy sxemasi uchta blokdan iborat: tizimga ta'sir ko'rsatuvchi tasodifiy jarayonlarning imitatsiya bloki; tizim ishlashining dastur bloki; modellashtirish natijalarini qayta ishllovchi statik blok.

Modellashtiruvchi algoritm. EHMda jarayonni modellashtirish uchun uning matematik modelini maxsus modellashtiruvchi algoritmgaga aylantirish kerak bo'ladi. U EHMda bajariluvchi ba'zi operatsiyalar ketma-ketligidan iborat bo'ladi.

Birdaniga dastur ko'rinishida murakkab jarayonlarni modellashtirish uchun algoritmini yozish qoidaga ko'ra murakkab hisoblanadi. Bundan tashqari, bu yozuv noqulay hisoblanadi. Masalani dasturlash va uni mashinada hisoblash ishning texnik qismi hisoblanadi. Shuning uchun algoritmnin EXM ning tipi va dasturlash tiliga qaram bo'lmasligi kerak.

Qoidaga ko'ra modellashtiriluvchi algoritmlar grafik shaklda yoki operator sxemasi ko'rinishida tasvirlanadi. Strukturali sxemalar modellashtiruvchi algoritmlarni taqdim etishning grafik shakli hisoblanadi.

Algoritmlarning operator sxemalarini tasvirlashda quyidagi turdagi operatorlardan foydalanish qulaydir:

1. Hisoblovchi operatorlar (A_i). Ular istalganicha murakkab hisoblovchi jarayonlarni tasvirlaydi va quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- natijalarning qanday bo'lishidan qat'iy nazar ko'zda tutilgan har qanday operatsiyalar operatorga taqdim etilishi kerak;

- algoritmnin boshqa operatorlridan olinuvchi barcha boshlang'ich ma'lumotlar ish boshlanish vaqtiga ma'lum bo'lishi kerak.

2. Tasodifiy jarayonlarni (F_i) amalga oshirishni shakllantiruvchi operatorlar. Ular kuzatilayotgan jarayonning turli tasodifiy faktorlarining imitatsiyasi uchun mo'ljallangan.

3. Tasodifiy bo'lmagan kattaliklarni (F_i) shakllantiruvchi operatorlar. Murakkab tizimlarni modellashtirishda nafaqat tasodifiy jarayonlarni, balki turli konstantalar va tasodifiy bo'lmagan funksiyalarni amalga oshirishga to'g'ri keladi.

4. Schetchiklar (K_i). Ular vazifasiga ko'ra yordamchi operatorlar sinfiga kiradi va bajaruvchi funksiyasiga ko'ra – arifmetikga.

5. Mantiqiy operatorlar (P_i). Berilgan shartlarni va to'g'riligini tekshirishga mo'ljallangan.

6. Hisoblarni yakunlovchi operator (Y_a). Ko'pincha Y_a operator bilan boshqa operatsiyalarni birga olib borishadi (natijalarni berish, boshqa variantdagi va zifaga o'tish va h.k.).

1.9. Qayd etish xususiyatlari va modellashtirish natijalarini qayta ishlash

Passiv tajribaning afzalligi ob`yekt modelni normal eksplutatsiya jarayonida olish imkoniyati hisoblanadi

Bunda tadqiq etilayotgan ob`yektning kirish vachiqish (stoxastik hisoblangan) ta`sirlarini aniqlangan davr mobaynida qayd qilib beriladi. Tajriba ma`mumotlari statistik usulda qayta ishlab ob`yektning statik vadinamik modellarini olishga erishiladi.

Bu usulning asosiy kamchiligi boshlang`ich ma`lumotlar xajmining kattaligi va qayta va qayta ishlash kengligidir. Shu bilan birga hisoblash texnikasi va namunaviy algaritm hamda dasturlar qo`llash bu usulning omaviylashishiga keng yo`l ochmoqda.

Obektning modelini olish uchun kirish va chiqish ta`sirlairining xususiyatlarini bilish lozim hisoblanidi. Bundan tashqari model qurish ob`yektini chizikli tenglamalar sistemasi yoki o`zgarmas koefisientli oddiy.

Ob`yektning modelini qurishda ishlatiladigan tasodiy jarayonlar tushunchasi va uning asosiy xususiyatlarini ko`rib chiqamiz.

Tasodifiy jarayonlarningamalga oshirish uni barcha kuzatuvlvrlini ichiga oladi. Shu bilan birga tasodifiy jarayonni amalga oshirilgan kattaliklari yoki vaqtga bog`liq bo`lgan tasodifiy kattaliklar yig`indisi sifatida qarash mumkin. Bizning misolimiz uchun tasodifiy jarayon vaqt boyicha o`rtachasi teng (Ergodik) bo`lsin.

$x(t)$ tasodifiy jarayonnig t_i vaqt momentidagi matematik kutilish kabi aniqlanadi.

$$M[x(t_i)] = \int_{-\infty}^{\infty} z_i p(z_i) dz_i = \bar{X}(t_i) \quad (1.53)$$

Bunda:

$z_i - x(t_i)$ tasodifiy kattaliking tanlab olingan qiymati.

$p(z_i)$ – tasodifiy kattaliking ehtimol zichligi.

Odatda tasodifiy jarayon markazlanadi. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalaniladi.

$$\overset{0}{X}(t_i) = x(t_i) - \bar{X}(t_i) \quad (1.54)$$

$\overset{0}{X}(t_i)$ – markazlashgan tasodifiy jarayonni keltirib chichkarish.

Shubhasiz markazlashgan tasodifiy jarayonni matematik kutilishi

$$M\left[\overset{0}{X}(t_i)\right] = 0$$

Tasodifiy jarayoning t_i vaqt momentidagi dispersiyasi

$$D[X(t_i)] = \int_{-\infty}^{\infty} \{z_i - M[x(t_i)]\}^2 p(z_i) d(z_i) = S^2(t_i) : [\delta^2(t)] \quad (1.55)$$

$X(t)$ tasodifiy jarayoning korelsiya funksiyasi tasodifiy kattalikning ko'paytmasining o'rtachasini aks ettiridi.

$$\begin{aligned} & [x(t_1) - \bar{X}(t_1)] \text{ va } [x(t_2) - \bar{X}(t_2)] \\ R_x(t_1, t_2) &= M\{[x(t_1) - \bar{X}(t_1)] \cdot [x(t_2) - \bar{X}(t_2)]\} \end{aligned} \quad (1.56)$$

Korrelyasiya funksiyasini fizik ma'nosi tasodifiy jarayonning t vaqt momentidagi qiymatning τ vaqtdan kekyingi qiymatiga kenglik bog'liqligini ko'rsatadi (baholaydi).

(1.56) – ifodadan kelib chiqqan holda $x(t)$ va $u(t)$ tasodifiy jarayonning o'zaro korelyasiya funksiyasi quyidagicha.

$$R_{yx}(t_1, t_2) = M\{[y(t_2) - \bar{y}(t_2)] \cdot [y(t_1) - \bar{y}(t_1)]\} \quad (1.57)$$

$y(t)$ Tasodifiy jarayonning $(t+\tau)$ vaqt momentidagi qiymati $x(t)$ tasodifiy jarayonning t vaqt momentiga qanchalik bog'liqligini baholaydi. Agar ixtiyoriy t_1 va t_2 vaqtlar uchun $R_{xy}(t_1, t_2) = 0$ bo'lsa, bu tasodifiy hisoblanadi. Bu tasodifiy jarayonlar korelyasiyalanmagan (bog'lanmagan) deyiladi.

Tasodifiy jarayon statsionar (muvozanatlashgan) va nostatsionar (muvozanatlashmagan) bo'lishi mumkin. Agar tasodifiy jarayon matematik kutilishi va dispersiyasi vaqt momentigi bog'liq bo'lmasa va korrelyasiya funksiyasi faqat t_1 va t_2 vaqt ayirmasigi (ya'ni τ ga) bog'liq bo'lsa, stasionar deyiladi. Shuni takidlash kerak stasionar tasodifiy jarayon ergodik gipotezani qanoatlantiradi. Markazlangan

$\overset{0}{x}(t)$ tasodifiy jarayon $\overset{0}{x}(t)$ uchun quyidagi ergodik gipoteza shartli o'rinli.

$$\begin{aligned} R_x &\rightarrow 0 \\ |\tau| &\rightarrow \infty \end{aligned} \quad (1.58)$$

Agar $t_1=t_2$ bo'lsa $R_x(0)=S_x^2(t_i)$ bo'ladi bunda ya'ni $\tau=0$ bo'lsakorelyasiya funksiyasi tasodifiy jarayon dispersiyasiga teng bo'ladi. Stasionar tasodifiy jarayonlar shunisi bilan ajralib turadiki, uni amalga oshirish chegaralangan sohada yotadi va uzoq vaqt mobaynidagi kuzatuv umumiy umumiy tebranish xususiyatlarini saqlaydi lekin biror tamonga chiqib ketishga aytilmaydi. Ko'pincha uzluksiz texnologik jarayon parametrlari o'zgarishini (shula tushirishva to'xtalish bundan istesno) stasionar tasodifiy jarayon sifatida qarash mumkin.

Korelyasiya funksiyasini amaliy hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi.

$$R_x(\tau) \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt \quad (1.59)$$

Bunda $T - x(t)$ ergodik, stasionar tasodifiy jarayon amalga oshirilgan (qiymatlari olingan) vaqt oralig'i.

T vaqt oralig'i $x(t)$ funksiyasi qiymati kam o'zgargan N ta intervalga bo'lamiz bunda $T = N \cdot \Delta$

$$\begin{cases} t = \nu \cdot \Delta, & \nu = 1, 2, \dots \\ \tau = \mu \cdot \Delta, & \mu = 0, 1, \dots \end{cases} \quad (1.60)$$

(1.60) – ifodani (1.59) ga qoyib quyidagicha o'zgartirish mumkin.

$$R_x(\tau) \approx R_x(\mu\Delta) = \frac{1}{2N+1} \sum_{-N}^{+N} x(\nu\Delta)x[(\nu+\mu)\Delta] \quad (1.61)$$

$$\begin{cases} R_x(\mu\Delta) = R_x(\mu) \\ x(\nu\Delta) = x_\nu \\ x[(\nu+\mu)\Delta] = x_{\nu+\mu} \end{cases} \quad (1.62)$$

belgilashlarni kiritib quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz.

$$R_x(\mu) = \frac{1}{2N+1} \sum_{-N}^{+N} x_\nu x_{\nu+\mu} \quad (1.63)$$

Korrelyasiya funksiyasining toqligini hisobga olgan holda ohirgi yakuniy ifodaga ega bo'lamiz.

$$R_x(\mu) \approx \frac{1}{N-\mu} \sum_{v=1}^{N-\mu} x_v y_{v+\mu} \quad (1.64)$$

Shunga o'xshash $x(t)$ va $y(t)$ ikkita tasodifiy jarayonlarning o'zaro korrelyasiya funksiyasi quyidagicha.

$$R_{xy}(\mu) \approx \frac{1}{N-\mu} \sum_{v=1}^{N-\mu} x_v y_{v+\mu} \quad (1.65)$$

Yuqoridagi ifodalardan ma'lum bo'ladiki, korrelyasiya va o'zaro korrelyasiya funksiyalari aniqliligi tasodifiy jarayonlarni amalga oshirish mobaynida vaqt T ga, interval Δ ga va siljish τ ga bog'liq.

Ko'rsatilgan kattaliklarni tanlash tasodifiy jarayonni spektr chastotasiga bog'liq bo'lib quyidagicha hisoblashimiz mumkin.

$$\left. \begin{aligned} \Delta &= \frac{\pi}{10W_B} \\ T &\geq \frac{50}{W_B} \\ T &\approx 10\tau_{Max} \\ \tau_{Max} &\geq \frac{2\pi}{W_H} \end{aligned} \right\} \quad (1.66)$$

Bu yerda W_B va W_H – tasodifiy jarayonni amalga oshirish spektorigning pastki va yuqori chastotalari, τ_{max} korrelyasiya funksiyasini hisoblash aniqlanadi.

Agar $0,1R_x(0) \geq R_x(\tau)$ bo'lsa u holda korrelyasiya funksiyasini hisoblash to'xtatiladi.

M: Agar tasodifiy jarayon amalga oshirish uchun $W_A \leq 0.00628 \frac{1}{c}$,

$W_B = 0.00314 \frac{1}{c}$ o'rnatilgan bo'lsa, Δ, T, τ_{max} ni hisoblang

$$\tau_{max} = \frac{2\pi}{0,00628} = 1000c; \quad T = 10\tau_{max} = 1000c \quad \Delta = \frac{\pi}{10W_B} = 100$$

Agar tasodifiy jarayonni amalga oshirish uchun uning uzoqligi 10000s bo'lsa yetarli keltirilgan hisoblanadi. Agar integrallash qadami korrelyasiya funksiyasini hisoblash mumkin bo'ladi.

Spektral zichlik: bu kattalik ham korrelyasiya funksiyasi singari stasionar tasodifiy jarayonni harakterlaydi. Bu kattalik tasviriy jarayonning garmonika amplitudalarining kvadratlarining o'rtacha kattaliklari uchun chastotaviy harakteristikasin tasvirlaydi.

Garmonik signal quvvati uning amplitudasi kvadratiga propotsionaldir, shuni hisobga olgan holda spektral zichlik spektr boyicha jarayon quvvatining o'rtacha qiymatini taqsimlanishi aniqlovchi chastotaviy harakteristikasi hisoblanadi. Spektral zichlik korrelyasiya funksiyasining Fur'ye tasviri ko'rinishida ifodalanadir.

$$S_x(w) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) e^{-jw\tau} d\tau \quad (1.67)$$

$S_x(w)$ – $x(t)$ tasodifiy jarayonning spektral zichligi

$R_x(\tau)$ – toq xaqiqiy funksiya u holda,

$$S_x(w) = 2 \int_0^{\infty} [R_x(\tau) \cos(w\tau)] d\tau \quad (1.68)$$

Teskari Fur'ye o'zgartirish yordamida korrelyasiya funksiyasini spektral zichlik orqali ifodasi quyidagicha.

$$R_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_x(w) e^{-jw\tau} dw \quad (1.69)$$

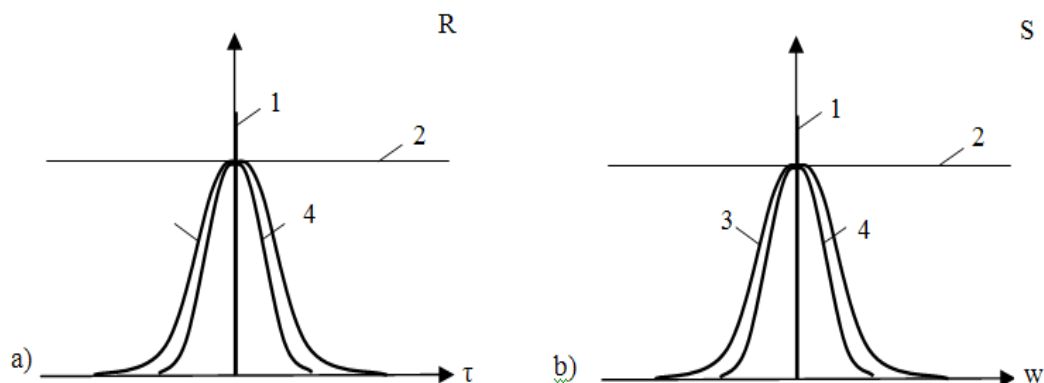
$$R_x(\tau) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_x(x) \cos(w\tau) dw \quad (1.70)$$

Quyidagi rasmda spektorial zichlik va unga mos turlicha korrelyasiya grafiklari ko'rsatilgan.

Grafikdan ko'rinadiki korleyasiya funksichsi qanchalik keng bo'lsa spektorial zichlik shunchalik tor bo'ladi. va aksincha.

a) korrelyasiya funksiyalari b) mos ravshda ularning spektorial zichliklari.

1– ditterminirlangan doimiy



1.12-rasm. Markazlashgan tasodifiy jarayonning:

2–beliy shum

3 va 4– oraliq holatidagi tasodifiy jarayon.

Bu rasmda bizna ko'proq 1 va 2 bog'lanish qiziqtiradi(1-grafik bog'lanish1–ditterminirlangan doimiy) korrelyasiya funksiyasi doimiy bo'lib spektrial zichligi faqat nolga teng chastotada mavjud;(beliy shum grafigi bog'lanishi 2) bu boglanish faqat quyidagi munosabatda mavjud.

$$R_x(\tau) = a\delta(t) \quad (1.71)$$

a – o'zgarmas koyeffitsent, $\delta(t)$ –delta koyeffitsent (ideal impull'sli funksiya).

Bunday oq shovqin signal uchun spektrial zichlik

$$S_x(\omega) = a = const \quad (1.72)$$

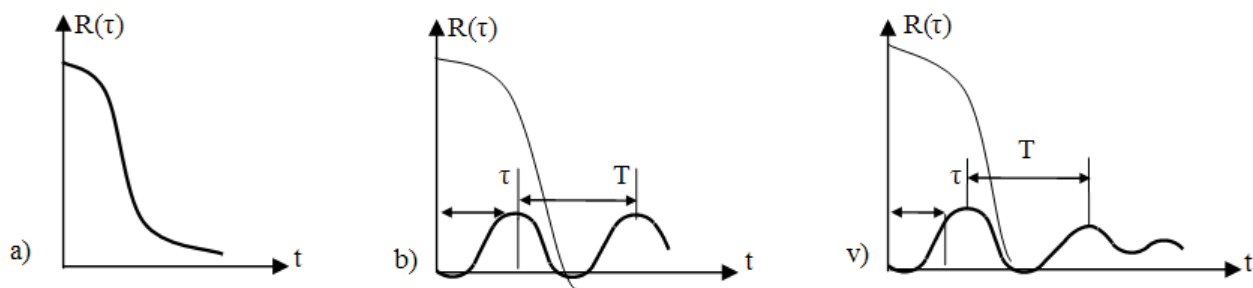
Ikkita $x(t)$ va $u(t)$ stasionar tasodifiy jarayonning o'zaro statistikva chatotaviy harakteristikasi sifatida o'zaro spektrial zichlik (tok kompleks funksiya) qo'llaniladi.

$$S_{yx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{yx}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (1.73)$$

Spektrial zichlikni bilvosita usulda ya'ni (1.71) va (1.72) ifodalar orqali olish uchun oldin korrelyasiya funksiyasini aniqlash lozim. Buning uchun qurilgan grafik approksimasiyalash uning parametrlari MNK usuli asosida hisoblanadi.

Bulardan kelib chiqqan holda tipik funksiyalarga amaliy qiziqish hosil bo'ladi. Agar korrelyasiya funksiya

1.13-rasm, a) dagi ko'rinishda bo'lsa, u holda uni quyidagi funksiya yordamida approksimasiyalash mumkin.



1.13-rasm. Korrelyasiya funksiyasining turli hil ko'rinishlari.

$$R(\tau) = R(0)e^{-\alpha|\tau|} \quad (1.74)$$

bu yerda: $R(0)$ – korrelyasiya funksiyasini $\tau=0$ bo'lganidagi qiymati. α – MNK usulida topilgan qiymat, koefisient.

Agar korrelyasiya funksiyasi ko'rinishi 1.13-rasm, b) dagidek bo'lsa quyidagi bog'lanish qo'llaniladi.

$$R(\tau) = R(0)e^{-\alpha|\tau|} + \cos(w\tau + \varphi) \quad (1.75)$$

bu yerda $w = \frac{2\pi}{T}$ ga teng bo'lgan aylana chastotasi .

T va φ korrelyasiya funksiyasidan aniqlanadigan kattaliklar. Agar korrelyasiya funksiyasi 1.14-rasm, v) da keltirilgan grafik ko'rinishida bo'lsa uni approksimasiyalash quyidagicha.

$$R(\tau) = R(0)e^{-\alpha|\tau|} \cdot \cos(w\tau + \varphi) \quad (1.76)$$

I-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO'ZLAR VA IBORALAR

Model, fizik model, matematik model, statik model, dinamik model, determinanlashgan model, stoxastik model, diskret model, uzluksiz model, chiziqli model, nochiziqli model, bir parametrlil model, tarqoq parametrlil model, statsionar model, nostatsionar model. identifikasiyalash masalasi, strukturali identifikasiya, parametrlil identifikasiya, aktiv usul, passiv usul, parametrik identifikasiya,

identifikatsiyalash mezonlari, matematik apparat, model strukturasi, Dyumel integrali, Laplas tasviri, nochiqli operatorlar tizimi, makromodel, dekompozitsiya usuli, makromodellashtirish usuli, chiziqlantirish usuli, Teylor qatori, adekvatlik, differensiallovchi operator, ekvivalent, muammolar tavsifi, avtomatlashtirilganlik darajasi, model ko'rinishini tanlash, yarim tabiiy modellashtirish, imitatsion model, imitatsion tajriba, modellashtiruvchi algoritmlar, statik modellashtirish, algoritmik tillar, tasodifiy jarayon, passiv tajriba, matematik kutilish, korrelyatsiya, spektral zichlik, dispersiya, korrelyatsiya funktsiyasi, tasodifiy jarayon, Garmonik signal, Fur`ye tasviri.

I-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

1. Model nima va uning qanday turlari mavjud?
2. Grafik model deb nimaga aytiladi va unga misol keltiring?
3. Matematik model bilan fizik modelning bir-biridan farqi?
4. Modelning strukturaviy ko'rinishiga qanday o'tiladi?
5. Matematik modelni qurishda qanday usullardan foydalaniladi?
6. Identifikatsiya nima?
7. Identifikatsiyalash masalasi qanday shakllanadi?
8. Identifikatsiyalashning qanday sinflari mavjud?
9. Identifikatsiyalashning aktiv usulini tushuntiring?
10. Model operatorining strukturasi qanday aniqlanadi?
11. Bir o'lchamli dinamik determinanlashgan ob`yektning operatorini tasvirlang.
12. Modellarini soddalashtirishning qanday usullari mavjud?
13. Dekompozitsiya usulini tushuntiring.
14. Makromodellashtirish usulini tushuntiring.
15. Chiziqlantirish usulini tushuntiring.
16. Obekt modelining xatosi qanday aniqlanadi?
17. Model va obektning adekvatlik darajasi qanday baholanadi?
18. Model va obektning adekvatligi qanday aniqlanadi?

19. Obektni modellashtirish deb nimaga aytiladi?
20. Fizik modellashtirish deb nimaga aytiladi?
21. EHM da matematik modellashtirish qanday amalga oshiriladi?
22. Modellashtirishning samarali usuli?
23. Ob`yektlarni EXM da modellashtirishning qanday bosqichlari mavjud?
24. Kuzatilayotgan tizimning shakllantirish darajasiga qarab qanday modellashtirishlar mavjud?
25. Passiv tajriba nima va uning afzalliklari?
26. Korrelyatsiya funksiyasi va uning fizik ma`nosi nimadan iborat?
27. Dispersiya nima?
28. Matematik kutilma nima?

II-BOB. OBEKTLAR IDENTIFIKATSIYASI

2.1. Masalaning qo'yilishi va obektlarni identifikatsiyalashning muammolarini tavsiflash

Ob'yektni matematik tavsifini identifikatsiyalash jarayonni matematik modelini monandligini qurishda asosiy bosqich bo'lib hisoblanadi va shuning uchun o'zi bilan birga texnologik jarayonlarni matematik modellashda markaziy masalalardan biri bo'lib hisoblanadi. Yuqorida ko'rsatib o'tilgandek bunday jarayonlarning ko'pchiligi fazo va vaqt bo'yicha taqsimlangan ko'p fazali ko'p komponentli muhitni ifodalaydi. Bunday jarayonlarning muhim alohidaligi ularning massa va issiqlik o'tkazish apparatlaridagi jarayonlarning gidrodinamik xolati aniqlangan – stoxastik tabiatli bo'lgani bilan belgilanadi. Buning natijasi sifatida matematik modellarning parametrlari jarayonni o'tishini stoxastik alohidaliklarini akslantiradi va statistik metodlar bilan aniqlanadi.

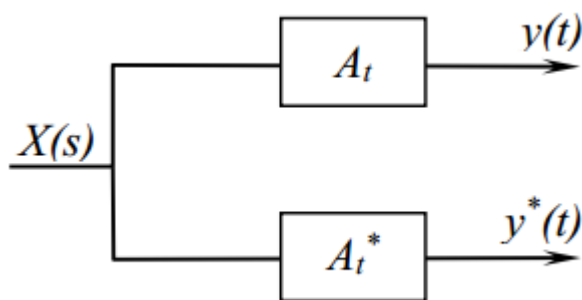
Hozirgi vaqtda parametrlari bo'yicha chiziqli bo'lgan matematik modellarni baholash nazariyasi ko'proq ishlab chiqilgan. Lekin texnologik jarayonlarning ko'pchiligi parametrlari bo'yicha nochiziqli bo'lib hisoblanadi, bu o'z navbatida ularni identifikatsiyalash masalalarini echishda ancha qiyinchiliklar tug'diradi. Shuning uchun nochiziqli modellarni identifikatsiyalashni yoki tahminiy baholash yordamida, yoki texnologik jarayonni dastlabki modelini chiziqlantirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Ushbu bobda ham chiziqli va ham nochiziqli matematik modellarni identifikatsiyalash metodlari ko'rib chiqiladi.

Statsionar modellar uchun modelni identifikatsiyalash aniq ko'rinishdagi F funksional operatorni yoki dinamik modellar uchun F_1 operatorini aniqlashga keltiriladi: $\bar{y}^o = \Phi(\bar{X}, \bar{a})$ $\bar{y}^o(t) = \Phi_t(\bar{X}(t), \bar{a}(t), t)$ bu erda t – vaqtni bogliq bo'lmagan o'zgaruvchisi, $\bar{X}$ – kirish ta'sirlarining vektori, $\bar{a}$ – matematik modelning koeffitsientlari

Identifikatsiyalash masalasi tenglamalar sistemasini matematik tavsifini strukturasini va jarayonni bir xil kirish ta'sirlarida ($\bar{X}$) va modelni chiqish

o'zgaruvchilarini eng yaxshi mos kelishini ta'minlaydigan ularning koeffitsientlarni aniqlashdan iborat. Identifikatsiyalash protsedurasi modelni modellanayotgan ob'ektga monandligini (mosligini) ta'minlaydi.

Quyidagi masalada axborotni apriorligi va obekt sinfiga bog'liq holda ba'zi bir identifikatsiya masalalarini qo'yilishini keltiramiz. Bunda biz ta'sir $X(t)$ (kirish kattaligi) va reaksiya $Y(t)$ (chiqish kattaligi) o'zaro tasodifiy funksiya yoki tasodifiy kattaliklar deb qaraladigan identifikatsiya masalalarini statik qo'yilishidan foydalanamiz.



2.1- rasm. Identifikatsiyalash jarayoning sxemasi

2.1 – rasmda keltirilgan bir o'lchamli obektning tavsifi sifatida A_t , tasodifiy kirish $x(t)$ va chiqish $y(t)$ funksiyalarni o'lchash mumkin bo'lsin. Bu xolatda esa identifikatsiya operator A_t ni kirish va chiqishning tasodifiy funksiyalarni o'lchash natijalari bilan aniqlashga qaratiladi. Aniqrog'i esa A_t operatorni o'zini emas, balki uning bahosini A_t^* ni aniqlashga qo'yiladi.

A_t^* operator bahosi nomalum operator A_t ni harakteristikasi sifatida qo'llaniladi. Bundan esa A_t^* operator bahosi xaqiqiy operator A_t qiymatining yaqinligini qandaydir mezon orqali ya'ni model chiqishi– $Y^*(t)$ tasodifiy funksiyaning bahosi obekt chiqishi $Y(t)$ ga yaqinlashish sharti bajarilishi maqsadga muvofiqdir,

$$y = A_t^* x(s) \quad (2.1)$$

Masalani yechilishi uchun $Y^*(t)$ va $Y(t)$ ga bog'liq va A_t operatorga bog'liq bo'lmagan $\rho[y_t, y_t^*]$.

Bu funksiyani tanlash optimallashtirishning qabul qilingan mezoniga bog'liq. $\rho[y_t, y_t^*]$ odatda yo'qotishlar funksiyasi deyiladi. Quyilgan masalaning yechilishi bu funksiyaning matematik kutilishi minimumlik shartiga

$$M = \{\rho[y_t, y_t^*]\} = \min \quad (2.2)$$

asoslanadi va bu ma'noda A_t^* ning operator A_t haqiqiy qiymatiga yaqinligi tushiniladi. Odatda yo'qotishlar funksiyasining matematik kutilishi o'rtacha riski, (2.2) optimallik mezoni esa o'rtacha risk minimumlik mezoni deb ataladi. Agar $\rho[y_t, y_t^*]$ funksiyaning berilgan $x(s)$ tasodifiy funksiya qo'llanilganda matematik kutilishi talab qilinsa (2.2) munosabat bajariladi ya'ni,

$$M = \{\rho[y_t, y_t^*]x_s; s \in T\} = \min \quad (2.3)$$

(2.2) munosabat minimumlik sharti

$$\frac{\partial}{\partial y_t^*} M \{\rho[y_t, y_t^*]x_s; s \in T\} = 0 \quad (2.4)$$

ko'rinishga ega.

Ko'p amaliy hollarda boshqarish obektini identifikatsiyalashda xatolikning o'rtacha kvadrat minimumi mezoni optimal operatori qidiriladi ya'ni

$$\rho[y_t, y_t^*] = (y_t - y_t^*)^2 \quad (2.5)$$

qabul qilinadi.

Unda (2.3) shartdan A_t operatori o'rtacha kvadrat xatoligi quyidagi ko'rinishga ega:

$$y(t) = A_t^* x(s) = M \{Y(t) | x(s); s \in T\}. \quad (2.6)$$

(2.6) tenglamadan ko'rinib turibdiki, shartli matematik kutilish operatori ya'ni, chiqish o'zgaruvchisi $Y(t)$ regressiyasi kirish o'zgaruvchisi $X(t)$ ga bog'liq holda

(2.5) obekt operatori mavjud bo'la oldadigan barcha operatorlar sinfida optimal hisoblanadi.

Agar obektning chiziqli tavsifi bilan chegaralanganda ya'ni, optimal operatorni chiziqli operatorlar sinfidan qidirilsa, unda (2.6) ni kirish tasodifiy funksiyasiga ko'paytirgan holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A_t^* x(v)x(s) = M \{Y(t)|x(s)\}x(v).$$

Oxirgi tenglamaning ikkala tomoniga ham matematik kutilish operatsiyasini qo'llanilishi

$$\left. \begin{aligned} M \{A_t^* X(v)X(s)\} &= M \{M \{Y(t)|X(s)\}X(v)\}; \\ M \{A_t^* X(v)X(s)\} &= M \{Y(t)X(t)\}. \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

ni beradi.

A_t^* chiziqli operatorlar sinfida qidirilganligidan matematik kutilish M operatori eng umumiy tasovvurlarda A_t^* operatori bilan kommutativ. Bundan esa (2.7) dan chiziqli operatorlar sinfida A_t operatorni optimal bahosini aniqlashda

$$A_t^* M \{X(v)X(t)\} = M \{Y(t)X(v)\} \quad (2.8)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Agar umumiyliklarni qisqartirgan holda kirish $X(t)$ va chiqish $Y(t)$ tasodifiy funksiyalarning matematik kutilishi nolga teng deb tasovvur qilinsa, ya'ni $M \{X(t)\} = 0$ va $M \{Y(t)\} = 0$ unda (2.8) quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin

$$A_t^* K_{xx}(v, s) = K_{yx}(t, v) \quad (2.9)$$

yoki obektning og'irlik funksiyasi $g(t, s)$ quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$K_{xx}(t, v) = \int_{t-T}^t g(t, s) K_{xx}(s, v) ds, \quad (2.10)$$

bu yerda K_{xx} –tasodifiy $X(t)$ funksiyaning avtokorrelyatsion funksiyasi; K_{xx} – $Y(t)$ va $X(t)$ tasodifiy funksiyalarning o'zaro bog'liq korrelyatsion funksiyasi; T - kuzatishlar chegarasi.

Shunday qilib, vazni funksiyasining optimal bahosi xatolikning o'rtacha kvadratik minimumi mezoni (2.9) yoki (2.10) ifodalar bilan ifodalanadigan chiziqli obekt modeli bo'yicha aniqlanadi.

2.2. Chiziqli determinanlashgan obektning statik identifikatsiyasi

Amaliyotda bir o'lchamli chiziqli statik modellar qo'llaniladi va o'ta soddaligi tufayli identifikatsiyalashning mohiyatini chuqurroq anglab olish imkoniyatini beradi. Ular chiziqli algebraik tenglama ko'rinishida qo'llaniladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$a) y=au + b \quad \text{yoki} \quad b) y=au. \quad (2.11)$$

Bu erda y – ob'ektning chiqishi; u – ob'ektning kirishi.

Birinchi model 2 ta noma'lum koeffitsientga ega, chunki aniq o'lchamlarni amalga oshirganda ularning ahamiyatini topish uchun 2 ta tajriba o'tkazish kifoy. U holda qidirilayotgan koeffitsientlar quyidagi tenglamalar sistemasi yordamida topiladi:

$$au_1+b=y_1$$

$$au_2+b=y_2$$

bu erda kirish va chiqish qiymatlari (u_1, y_1) – birinchi tajribaniqi, (u_2, y_2) – ikkinchi tajribaniqi.

Agar

$$\det \begin{pmatrix} u_1 & 1 \\ u_2 & 1 \end{pmatrix} \neq 0 \quad (2.12)$$

unda tenglamalar sistemasi echimga ega va (a, b) koeffitsientlar bir chiziqli algebra yordamida topilishi mumkin.

Ikkinchi modelda noma'lum koeffitsientlar soni bitta bo'lib, ma'lumki bu modellar static harakteristikasi koordinata boshi orqali o'tadi. Shuning uchun tadqiqotlarni aniq bajarganda, bitta tajriba o'tkazish etarli bo'ladi. Agar tajribada olingan kirish va chiqish qiymatlari (u_1, y_1) bo'lsa, u holda noma'lum koeffitsient «a» bitta tenglama yordamida aniqlanadi.

$y_1 = ax_1$; Agar $x_1 \neq 0$ bo'lsa, $a = y_1/x_1$.

Bu modelning tavsifi koordinata boshidan o'tgan, og'ishi a qiymat bilan belgilanadigan to'g'ri chiziqli bo'ladi.

Umumiy holda $y_i = a_o + \sum_{j=2}^m a_j m_{ij}$ $i=1,2,\dots,n$ ko'rinishida ifodalasa bo'ladi.

Agar ushbu tenglamada o'zgaruvchilar soni har doim tenglamalar sonidan ko'p bo'ladi, yani bu tenglamada aniqlanishi kerak bo'lgan $a_o, a_1, a_2, \dots, a_n$ koefitsientlari hisoblanadi.

Bu koefitsientlarni hisoblash uchun hozirgi kunda keng qo'llanadigan maxsus ishlab chiqilgan minimal kvadratlar usuli qo'llaniladi.

Identifikatsiyani ushbu usuli keng tarqalgan usul bo'lib, obektni har xil ifodalovchi tenglamalarga ham qo'llaniladi. Bu tenglamalar kuzatish tenglamalari yoki differensial tenglamalarni Koshe ko'rinishidagi ifodalarga ham qo'llanilishi mumkin.

Shuningdek chiziqli dinamik sistemalarni quyidagi tenglama ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$\dot{x} = ax + \beta u \quad (2.13)$$

bu yerda x, u – n -o'lchamli xolat vektori va m -o'lchamli boshqarish vektori.

(2.13) tenglamani diskret formada quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k \quad (2.14)$$

bu yerda $t = k\Delta t$ va

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cong I + \Delta t \cdot \alpha, \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix} \cong \Delta t \cdot \alpha.$$

Endi

$$W_k^{\Delta} = (x_{1,k} \dots x_{n,k}; u_{1,k} \dots u_{m,k})^T = (\omega_{1,k} \dots \omega_{n+m,k})^T \equiv (n+m) \quad (2.15)$$

Demak, (2.14) tenglama

$$X_{k+1} = \Phi \cdot W_k, \quad (2.16)$$

ko‘rinishida yoziladi, chunki ko‘rib chiqqan tenglamalar bilan bir xil. Agar r birvaqtli birgalikda o‘lchash ($r \geq n + m + 1$) kattalik $X_{k+1}W_k$ (ya’ni x_{k+1}, x_k, u_k) larini esga olsak, unda F matritsa elementlarini kichik kvadratlar usuli bilan chiziqli regression protseduralari yordamida identifikatsiyalash mumkin. Demak, kichik kvadratlar usuli bo‘yicha $F(i=1, \dots, n)$ matritsaning i chi qatori quyidagi munosabatda bo‘ladi:

$$(\Phi_i^*)^T = [(W_k)^T W_k]^{-1} (W_k)^T x_{i,k+1} = [a_{1,i} \dots a_{n,i}, b_{1,i} \dots b_{m,i}], \quad (2.17)$$

$$W_k = \begin{bmatrix} \omega_{1(1)k} \dots \omega_{m+n(1)k} \\ \vdots \\ \omega_{1(r)k} \dots \omega_{m+n(r)k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{1(1)k} \dots x_{n(1)k}, u_{1(1)k} \dots u_{m(1)k} \\ \vdots \\ x_{1(r)k} \dots x_{n(r)k}, u_{1(r)k} \dots u_{m(r)k} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

$$X_{i,k+1} = [x_{i(1)k+1} \dots x_{i(\mu)k+1} \dots x_{i(r)k+1}]^T \quad (2.19)$$

bu yerda $x_{i(\mu)k+1} - x_k + 1 (\mu = 1, 2, \dots, r)$ i xolatdagi μ -chi o‘lchashni bildiradi, r – $W_{k+1}, x_k + 1$ o‘lchashlar soni.

Bu tenglamalar chiziqli dinamik jarayonlarni identifikatsiyalashda keng qo‘llaniladi.

2.3. Nochiziqli determinanlashgan obektning statikasini identifikatsiyalash

Ketma-ket kichik kvadratlar usuliga asoslangan identifikatsiyalash usuli chiziqli va nochiziqli statsionar sistemalarda ham qo‘llanilishi mumkin. Bu usullar ketma-ket bo‘lgani uchun ularni EHM da tez va ko‘p xotira sarf qilmasdan yechish mumkin. Ketma-ket usulda matritsani o‘chirishga bog‘liq qiyinchiliklar yo‘qoladi, bu esa real sistemadagi ko‘p o‘lchamli regressiyalarni yechishni osonlashtiradi.

Sekin o‘zgaruvchi nostatsionar jarayonlarga regression usulni qo‘llaganda regression idintifikatsiyalash uchun olinadigan ma’lumotlar intervalini statsionar deb qabul qilgan edik. Bundan regression interval r o‘lchanishlar intervalidan tashkil topgan bu holda idintifikatsiyalashuzluksiz bo‘ladi, regressiya intervalining oxiri esa bir yo ki bir necha o‘lchashlar intervaliga vektor parametrlarini yangidan

identifikatsiyalashga to'g'ri keladi va bu intervalga kirmaydigan ma'lumotlar tashlab yuboriladi. Ketma-ket bo'lmagan regressiya intervalida olingan ma'lumotlar vaqt o'tishi bilan ko'payadi va eski ma'lumotlar ham tashlab yuborilmaydi.

Ko'p parametrli sistemani ko'rib chiqamiz:

$$X_k = a_1 u_{1,k} + a_2 u_{2,k} + \dots a_m u_{m,k} + n_k; \quad (2.18)$$

bu yerda $a_i (i = \overline{1, m})$ identifikatsiyalashni talab qiluvchi no'malum parametrlar, X_k – qo'llanishlar intervalidagi sistemaning chiqishi. u_{ik} – shu intervaldagi i chi kirish(sistemaga), n_k – esa o'lchanishlar shovqini.

(2.38) chi tenglama vektor ko'rinishda qo'yidagicha:

$$X_k = \vec{a}^T \vec{u}_k + n_k \quad (2.19)$$

bu yerda

$$\vec{a}^T \triangleq [a_1 \dots a_m] \quad (2.20)$$

$$\vec{u}^T \triangleq [u_{1,k} \dots u_{mk}] \quad (2.21)$$

Parametrlar vektorini bahosini topish uchun $\hat{a}_r$ baho J_r kriteriyani *min* lashtirish kerak, ya'ni

$$J_r = \sum q_k (X_k - \hat{a}_r^T \vec{u}_k)^2 \quad (2.22)$$

bu yerda r o'lchanadigan sonni anglatadi bu yerda $\hat{a}_r$ baholanish

$$\frac{\partial J_r}{\partial \hat{a}_r} = 0 \quad (2.23)$$

Tenglamani qanoatlashtirishi kerak. Shunday qilib

$$\left(\sum_{k=1}^r q_k u_k^T \right) \hat{a}_r = \sum_{k=1}^r q_k X_k u_k \quad (2.24)$$

Faqatgina $r \geq m$ da matritsa pr^{-1} matritsaga aylantiriladi. Bu yerda $p - u$ ning o'lchami r ko'rilyotgan o'lchamlar soni

$$P_r^{-1} = \sum_{k=1}^r q_k (\bar{u}_k \bar{u}_k^T). \quad (2.25)$$

(2.25) chi formula quyidagi ko‘rinishga keladi

$$P_r^{-1} \hat{a} = \sum_{k=1}^r q_k X_k u_k. \quad (2.26)$$

Bu yerda

$$\hat{a} = P_r \sum_{k=1}^r q_k X_k u_k \quad (2.27)$$

Oxirgi tenglama chiziqli regressiya yordamida oddiy $\vec{a}$ vektor bahosini ko‘rsatadi, regression baholanish bilan to‘g‘ri keladigan $u_k u_k^T$ oldindan aniq bo‘ladi, matritsa P_r^{-1} (2.25) formuladan kelib chiqmagan k yig‘indi bo‘lgani uchun. (2.26) formula ko‘rinishda yozilishi mumkin:

$$P_r^{-1} \hat{a}_r = \sum_{k=1}^{r-1} q_k X_k u_k + q_r X_r u_r. \quad (2.28)$$

(2.24) chi tenglamadan qo‘yidagi kelib chiqadi.

$$\sum_{k=1}^{r-1} q_k X_k u_k = \left(\sum_{k=1}^{r-1} q_k u_k u_k^T \right) \hat{a}_{r-1} \quad (2.29)$$

(2.29) ni (2.88) ga qo‘yib

$$P_r^{-1} \hat{a}_r = \left(\sum_{k=1}^{r-1} q_k u_k u_k^T \right) \hat{a}_{r-1} + q_r X_r u_r \quad (2.30)$$

(2.30) ni o‘ng tarafini $[q_r u_r u_r^T \hat{a}_{r-1}]$ ayirib qo‘shsak qo‘yidagini hosil qilamiz.

$$\begin{aligned} P_r^{-1} \hat{a}_r &= \left(\sum_{k=1}^{r-1} q_k u_k u_k^T \right) \hat{a}_{r-1} + q_r u_r (x_r - u_{r-1}^T \hat{a}_{r-1}) + q_r u_r u_r^T \hat{a}_{r-1} = \\ &= \left(\sum_{k=1}^{r-1} q_k u_k u_k^T \right) \hat{a}_{r-1} + q_r u_r (x_r - u_{r-1}^T \hat{a}_{r-1}) \end{aligned} \quad (2.31)$$

(2.25) chidan P_r^{-1} aniqlash (2.31) tenglama qo‘yidagi ko‘rinishga keladi:

$$P_r^{-1} \hat{a}_r = P_r^{-1} \hat{a}_{r-1} + q_r u_r (x_r - u_{r-1}^T \hat{a}_{r-1}) \quad (2.32)$$

(2.32) dan

$$\hat{a}_r = \hat{a}_{r-1} + P_r q_r u_r (x_r - u_r^T \hat{a}_{r-1}) \quad (2.33)$$

$\hat{a}_r$ baholanish undan oldingi $\hat{a}_{r-1}$ baholanishdan rekurent olingan bo'lishi mumkin. x_r, u_r, q_r koeffitsiyent o'lchami va og'irligi shartida, P_r matritsa kenglikdan olingan.

Endi (2.25) hisobga olib quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$P_r^{-1} = \sum_{k=1}^{r-1} q_k u_k u_k^T + q_r u_r u_r^T = P_{r-1}^{-1} + q_r u_r u_r^T \quad (2.34)$$

$$P_r = P_{r-1} - P_{r-1} H_r (1 + H_r^T P_{r-1} H_r)^{-1} H_r^T P_{r-1} \quad (2.35)$$

bu yerda $(1 + H_r^T P_{r-1} H_r)^{-1}$ - skalyar kattaik.

P_r ko'rinishni olish uchun (2.35) tenglama rekurent matritsani aylantirish shart emas. (2.25) bilan (2.34) tenglamalarni ko'rib chiqamiz.

$$P_n^{-1} = P_0^{-1} + \sum_{k=1}^n q_k u_k u_k^T \quad (2.36)$$

Kichik kvadratlar usuli bo'yicha (2.24) ekvivalentligini hisobga olib va regression pratsedura (2.24) ga asoslangan a vektorning baholanishiga olib keladi:

$$P_0^{-1} = 1 \quad (2.37)$$

(2.37) ni (2.34) ga qo'yib, a_n baholanadigan ahamiyatini tapamiz, bu 2.33) formuladan olingan $r = m$ ($m - a$ ning o'lchami) bo'lganda kichik kvadratlar usulini baholanishi bilan mos keladi.

$$\hat{a}_0 = 0 \quad (2.38)$$

BoshlanFich baholanish

$$P_0 = \frac{1}{\varepsilon} I, \quad \varepsilon \rightarrow 0 \quad (2.39)$$

(2.38) formula boshlang'ich parametrlarni baholashga olib keladi. n ta qadamga to'g'ri keladigan kichik kvadratlar ma'nosida.

Yuqorida aytilganidek, Veyershtrass teoremasiga muvofiq x argumentning istalgan uzluksiz nochiziqli $f[x(t)]$ funksiyasi $f[x(t)]$ dagi x ko'phad bilan approksimatsiyalanishi mumkin. Eng kichik kvadratlar usuli orqali

$$x(t) = a_1 f(u_1) + a_2 f^2(u_1) + a_3 f^3(u_1) + b_1 f(u_2) + b_2 f^2(u_2) + b_3 f^3(u_2) \quad (2.40)$$

ko'rinishdagi x ko'phadning parametrlari qanday identifikatsiyalanishi ko'rsatib o'tilgan. Bunda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$x(t) = a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots + a_6 z_6 = a^T z. \quad (2.41)$$

bu yerda

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ a_6 \end{bmatrix} \overset{\Delta}{=} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_3 \end{bmatrix} \quad (2.42)$$

va

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \end{bmatrix} \overset{\Delta}{=} \begin{bmatrix} f(u_1) \\ f^2(u_1) \\ f^3(u_1) \\ f(u_2) \\ f^2(u_2) \\ f^3(u_3) \end{bmatrix} \quad (2.43)$$

Shu tarzda, a vektorni identifikatsiyalashni (2.41) chiziqli regressiya tenglamasidagi a parametrlarni identifikatsiyalash masalasiga olib kelamiz. Natijada, eng kichik o'rtacha kvadratik xatolikka mos keluvchi nochiziqli tizim parametrlarining ketma-ket bahosini olamiz.

Ketma-ket nochiziqli regressiyalashda matritsaga murojaat qilish protseduralaridan foydalanmaymiz, ammo ularni nochiziqli regressiya yordamida identifikatsiyalashda uchratishimiz mumkin. Bunda, nochiziqli tizim matritsasining noqulay bog'langanligi bilan bog'liq murakkabliklarni yengib o'tishga to'g'ri keladi. Bu holda, ekvivalent chiziqli tizimlarga nisbatan, biz murojaat qilishimiz

lozim bo'lgan matritsaning o'lchamligi yanada kattaroq bo'ladi. Masalan, uchinchi tartibli approksimatsiyalangan ko'phadlarning ikki kirish ta'sirlariga (2.40) ega jarayonlari uchun olti o'lchamli kirish vektorini qarashga to'g'ri keladi. Bu holda, ketma-ket bo'lmagan regressiyadan foydalanilsa, chiziqli holdagi 2×2 o'lchamlikdagi matritsadan farqli ravishda, 6×6 o'lchamlikdagi matritsaga murojlat qilish talab qilingan bo'lar edi. Bu ketma-ket regressiyaning hattoki, katta bo'lmagan o'lchamlikdagi nochiziqli tizimlar uchun ham samarali ekanligini yaqqol ko'rsatib beradi.

2.4. Dinamik obektlarni identifikatsiyalash

Dinamik jarayonlar ham, xuddi statik jarayonlar kabi, chetlashtirib bo'lmaydigan nochiziqli karakteristikalariga ega bo'lishi mumkin. Agar, nochiziqlilik haqida aprior ma'lumot mavjud bo'lsa, «haqiqiy» nochiziqli funksiyalarning parametrlari identifikatsiyalanishi mumkin. Bunga misol tariqasida, qaralayotgan jarayondagi ba'zi bir o'zgaruvchilar, masalan, tezlik W va bosim P lar orasida, $W = k_1 \exp(k_2 P) + k_3$ ko'rinishidagi eksponensial bog'liqlik mavjud ekanligi nazariy xulosalardan ma'lum bo'lgan holatni keltirish mumkin, bunda k_1 , k_2 va k_3 larni identifikatsiyalash lozim.

Agar, nochiziqli funksiyaning tipi noma'lum bo'lsa, haqiqiy nochiziqli funksiyaning approksimatsiyasini, masalan, ko'phadlar yordamida bajarish mumkin. Ammo, barcha hollarda nochiziqli approksimatsiyalovchi funksiyaning parametrlarini identifikatsiyalash mumkin bo'lgan ba'zi maxsus tiplarini oldindan taxmin qilganimizdagina identifikatsiyalashni o'tkazishimiz mumkin. Shu tariqa, identifikatsiyalash masalasi yana, aprior berilgan funksiyaning parametrlarini baholash masalasi, hisoblanmoqda. Ushbu bo'limda identifikatsiyalash masalasining ikki nochiziqli ko'rinishini yechish yo'lini (nochiziqli funksiyaning tipi oldindan ma'lum bo'lgan va u taxminan yozilgan holda) topishga harakat qilinadi. Bunda nochiziqli regressiya usullaridan foydalanish va adekvat

approksimatsiyani ta'minlovchi approksimatsiyalash funksiyasining tipini muhokama qilish yo'ldan foydalanamiz.

Nochiziqli jarayonlarni regressiya yordamida identifikatsiyalash usullarining tavsifini yozish uchun, avvalambor, biror bir dinamik jarayonni kichik kvadratlar usuli bilan uchinchi darajali polinom yordamida approksimatsiyalashni ko'rib chiqamiz. Bu jarayon ikkita holat o'zgaruvchisi x_1, x_2 va bitta boshqarish o'zgaruvchisi u bilan aniqlanadi:

$$x_{i,k+1} = a_{i1}x_{1,k} + a_{i2}x_{1,k}^2 + a_{i3}x_{1,k}^3 + b_{i1}x_{2,k} + b_{i2}x_{2,k}^2 + b_{i3}x_{2,k}^3 + c_{i1}x_k + c_{i2}u_k^2 + c_{i3}u_k^3, \quad i = 1, 2. \quad (2.44)$$

Veyershtass teoremasiga binoan uzluksiz nochiziqli x funksiyani, boshlang'ich funksiyaga tushuvchi x ko'phad yordamida approksimatsiyalash mumkin. Regression identifikatsiyalash protseduralarini osonlashtirish uchun (2.20) jarayonga z va α_i vektorlarni kiritamiz.

$$z = [z_1 \ z_2 \ z_3 \ z_4 \ z_5 \ z_6 \ z_7 \ z_8 \ z_9]^T = [x_{1k} \ x_{1k}^2 \ x_{1k}^3 \ x_{2k} \ x_{2k}^2 \ x_{2k}^3 \ u_k \ u_k^2 \ u_k^3]^T, \quad (2.45)$$

$$\alpha_i = (\alpha_{i,1} \cdots \alpha_{i,9})^T = (a_{i1} \ a_{i2} \ a_{i3} \ b_{i1} \ b_{i2} \ b_{i3} \ c_{i1} \ c_{i2} \ c_{i3})^T. \quad (2.46)$$

Bularni hisobga olgan holda, (2.44) tenglamani quyidagicha yozish mumkin

$$x_{i,k+1} = z^T \cdot \alpha_i, \quad (2.47)$$

bu esa tenglamalar bilan to'liq o'xshash, shuning uchun chiziqli regressiyaning ko'rinishi hisoblanadi. Uchinchi tartibli ko'phad ifodasining α elementlari kichik kvadratlar usuli bilan olingan bo'lib, shu jarayonni approksimatsiyalash uchun ishlatiladi.

Agar, (2.44) tenglamadagiga nisbatan kattaroq tartibli ko'phadlar bilan approksimatsiyalash qaralsa ham, (2.44) - (2.47) tenglamalardagi usul qo'llanadi. Faqat bunda hadlarning soni ko'proq bo'ladi. O'z -o'zidan ma'lumki, bu usulni statik jarayonlar uchun ham qo'llash mumkin (ya'ni (2.44) tenglamadan $k, k+1$ indekslar tushirib qoldiriladi). Aytib o'tilgan usuldan, o'zgaruvchilarning soni (2.44) tenglamadagidan ko'ra ko'proq bo'lgan holda ham foydalanish mumkin. Ba'zi hollarda, o'zgaruvchilarni o'zining darajalari bilan emas, jarayon

o'zgaruvchilari funksiyasining darajasi orqali berilgan approksimatsiyalovchi ko'phadning koeffitsiyentlarini identifikatsiyalash kerak bo'ladi. Ya'ni

$$x_{i,k+1} = a_{i1}f(x_{1k}) + a_{i2}f^2(x_{1k}) + a_{i3}f^3(x_{1k}) + b_{i1}f(x_{2k}) + b_{i2}f^2(x_{2k}) + b_{i3}f^3(x_{2k}) + c_{i1}f(u_k) + c_{i2}f^2(u_k) + c_{i3}f^3(u_k). \quad (2.48)$$

Bu holda z vektorining komponentlari quyidagicha aniqlanadi:

$$z = [z_1, z_2, \dots, z_9]^T \stackrel{\Delta}{=} [f(x_{1k}), f^2(x_{1k}), f^3(x_{1k}), \dots, f^3(u_k)]^T, \quad (2.49)$$

Qolgan amallar esa (2.44) tenglamadagidek qolaveradi. Identifikatsiyalanuvchi ko'phad aralash o'zgaruvchilardan iborat bo'lsa, masalan quyidagi ko'rinishda

$$x_{i,k+1} = a_{i1}x_{1k} + a_{i2}x_{1k}x_{2k} + a_{i3}x_{1k}^2 + \dots, \quad (2.50)$$

u holda z ning komponentlari quyidagicha aniqlanadi:

$$z = [z_1, z_2, z_3, \dots]^T \stackrel{\Delta}{=} [x_{1k}, x_{1k} \cdot x_{2k}, x_{1k}^2, \dots]^T, \quad (2.51)$$

keyingi amallar esa (2.20) tenglamadagidek bajariladi.

Chiziqli regressiya holdagidek o'lchashlar soni $r \geq \omega + 1$ bo'lishini talab qilamiz. Bu yerda ω (2.45) va (2.49) tenglamalardagi z ning o'lchamiga mos keladi, bu esa o'lchashlarning approksimatsiyalovchi model bilan bir xil bo'lishidan qutilishga imkon berib, (2.47)tenglamadagi a_i ni aniqlashni osonlashtiradi.

2.5. Tasodifiy kattalikni taqsimlash qoidasini identifikatsiyalash

Boshkarish obektlarida sodir bo'lyotgan o'zgarishlar kuzatuvlarini qayd qilish natijalariga – tajriba malumotlari deyiladi.

Bu kuzatuvlar obektlarni sinov yoki mos ekpolitatsiya jarayonida olingan bo'lishi mumkin. Tajriba ma'lumotlarni olishda turli xil tuzatib bo'lmaydigan xatolar mavjud.

Instrumental xatolik – turli faktorlarni ulchashda datchiklarning xatoligi. Bitta parametr 2 marta o'lchansa, 2 xil parametir ko'rsatishi. Bu esa tasodifiy kattalikga ega.

Metodik xatolik- malumotlarni ishlashda qabul qilingan cheklash va ruxsatlar. Uzlüksiz kattalikni diskret ko`rinishiga keltirish.

Bulardan tashqari jarayonga tasir etuvchi tashqi muxit parametirlari ham tasodifiy ravishda uzgarib turadi. Bu ko`rinishidagi malumotlarni qayta ishlash uchun matematik statistika va ehtimollar nazaryasi terminlariga murojat qilinadi.

Tasodifiy kattalik – jarayonlarga bo`Fliq qiymatlarini uzgartirishi mumkin bo`lgan kattalik tasodifiy kattalik deyiladi. Tasodifiy kattalik diskret va uzluksiz bo`lishi mumkin.

Tasodifiy kattaliklarni qabul qilishi mumkin bo`lgan qiymatlari bilan ular ehtimollik orasidagi munosabatga tasodifiy kattaliklarni taqsimot qonunyati deyiladi.

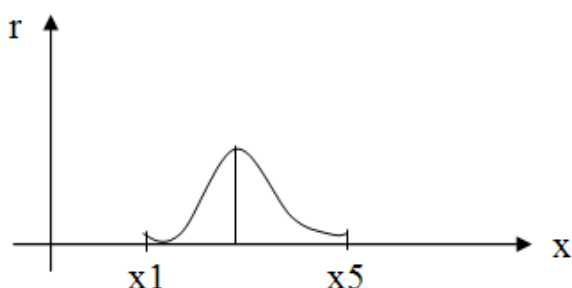
G`altak tolasini yo`Fonligini o`lchanganda quyidagi jadval bo`yicha natijalar olindi:

2.1 jadval

x	0,8	0,85	0,9	0,95	1
	10	13	60	9	8
R(x)	0,1	0,13	0,6	0,09	0,08

Tasodifiy kattaliklarni taqsimot qonuni asosida to`liq aniqlash uchun tasodifiy kattaliklarning asosiy xususiyatini ifodalovchi tasodifiy kattalikning mamenti deb nomlanuvchi sonli kattalikdan foydalaniladi.

Matematik statistikada matematik kutilish tasodifiy kattalik qiymatini sonlar ukida joylashish xolatini harakterlaydi va dispersiya yoki o`rtacha kvadratik xatolik (tasodifiy kattaliklarning qiymatining chiqib kolish xususiyatini aniqlaydi) .

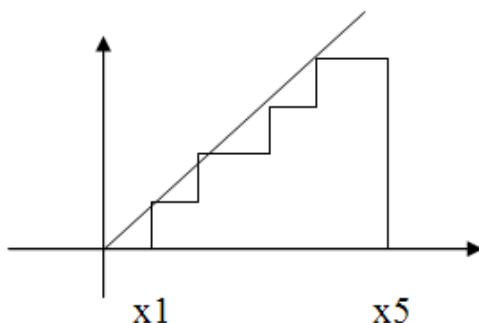


2.2- rasm. Taqsimot funksiyasi

Bazida integral taqsimot qonuni ham deyiladi. Yuqoridagi misol uchun tasodifiy kattaliklarni taqsimot fuksiyasini ko`rish mumkin.

1. $x < 0.8$ $F(x) = 0$, 2. $x \leq 0.8$ $F(x) = 0.1$, 3. $0.8 < x \leq 0.85$ $F(x) = 0.23$,

4. $0.85 < x \leq 0.9$ $F(x) = 0.83$, 5. $0.9 < x \leq 0.95$ $F(x) = 0.92$, 6. $0.95 < x \leq 1$ $F(x) = 1$



2.3-rasm. Tasodifiy kattaliklarning sonli harakteristikasi.

Tasodifiy kattalikning matematik kutilishi yoki general o`rtachasi (1-tartibli boshlanFich mamenti) ni $M(x)$ belgilash qabul qilingan. Bu kattalik mos holda diskret va uzluksiz kattaliklar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$m = M[X] = \sum_{i=1}^n X_i p_i \quad (2.52)$$

$$m_x = M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

bu yerda $f(x)$ – taqsimot funksiyasi hosilasi bo`lib va u taqsimot zichligi deyiladi.

$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$ bazida $f(x)$ bilan belgilanadi.

Matematik kutilish nazariy jihatdan tasodifiy kattaliklarni o`rta arifmetikasiga teng.

$$M[X] = \bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.53)$$

Matematik kutilish xossaliri:

- 1) agar $S = \text{const}$ bo`lsa matematik kutilish  $M[C] = 0$  ga, yani o`ziga teng.
 $M[CX] = C, M[X]$
- 2) tasodifiy kattaliklar yifindisinig matematik kutilishi har bir tasodifiy kattalik matematik kutilishilar yifindisiga teng.

$$M[X_1 + X_2 + \dots + X_n] = M[X_1] + M[X_2] + \dots + M[X_n]$$

3) bo'liq bo'lmagan ya'ni mustaqil tasodifiy kattalik ko'paytmalari matematik kutilishi har bir tasodifiy kattalik matematik kutilishi ko'paytmaliriga teng.

$$M[X_1 * X_2 * \dots * X_n] = M[X_1] * M[X_2] * \dots * M[X_n]$$

4) agar tasodifiy kattalik Z n ta mustaqil tasodifiy kattaliklar nochiqli funksiyadan iborat bo'lsa $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ $M[Z] = f(M[x_1], M[x_2], \dots, M[x_n])$ tasodifiy kattaliklarning dispersiyasi (2-markaziy mament) deb tasodifiy kattalikdan matematik kutilish ayirmasi kvadratinig matematik kutilishiga aytiladi.

$$D[x] = M[(x - mx)^2] \quad (2.54)$$

$$M[x] = \bar{X} = \frac{25x_0 + 25x_1 + 150x_2 + 200x_3 + 600x_4}{1000} \approx X_4$$

diskret va uzluksiz tasodifi kattaliklarning dispersiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$D[x] = \sum_{i=1}^n (x_i - mx)^2 p_i$$

$$D[x] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - mx)^2 f(x) dx \quad (2.55)$$

$Dx, \sigma^2 x, \sigma^2(x) - \text{dispersiya lar.}$

Dispersiya statik hisob kitoblarda x tasodifiy kattalik qiymatining matematik kutilishi atrofida sochilish o'lchamini ko'rsatadi.

2- markaziy mamentdan olingan kvadrat ildizga o'rtacha kvadratik xatolik deyiladi.

$$\sigma x = \sigma = \sqrt{D[x]} \quad (2.56)$$

Dispersiyaning xossalari:

agar s uzgarmas son bo'lsa, uning dispersiyasi $S = \text{const}$ bo'lsa, 0 ga teng bo'ladi

$$\sigma^2(c) = 0$$

$$\sigma^2(cu) = c^2 \sigma^2(u) \quad (2.57)$$

$\sigma^2(x) = M[x^2] - mx^2$ kvadratlar ayirmasiga teng.

$$\sigma^2(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \sigma^2(x_1) + \sigma^2(x_2) + \dots + \sigma^2(x_n) \quad (2.58)$$

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\sigma^2(z) = \left(\frac{df}{dx_1}\right)^2 \sigma(x_1) + \left(\frac{df}{dx_2}\right)^2 \sigma(x_2) + \dots + \left(\frac{df}{dx_n}\right)^2 \sigma^2(x_n) \quad (2.59)$$

3- markaziy mament qiymatini σx^3 ga nisbati taqsimot zichligining asimmetriya koeffitsienti deyiladi.

$$\lambda = \left(\int_{-\infty}^{\infty} (x - mx)^3 f(x) dx \right) / \sigma x^3 \quad (2.60)$$

Agar x tasodifiy kattalik 1- va 2- mamentlari mavjud bo'lsa moslashtirilgan tasodifiy kattalik ko'rishi mumkin:

$$x_0 = \frac{x - mx}{\sigma x} \text{ bo'lganda} \quad (2.61)$$

$$M[x_0] = 0, D[x_0] = 1$$

Tasodifiy kattaliklarning mos va standart taqsimoti.

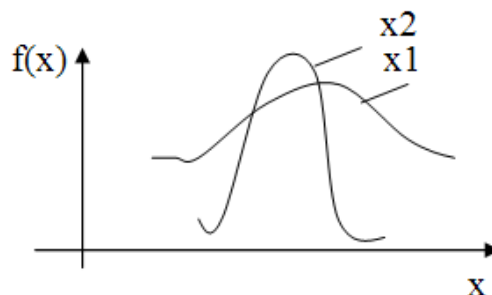
X uzluksiz tasodifiy kattalikning taqsimot zichligi aniqlangan va quyidagicha ko'rinishda bo'lsa:

$$\rho(x) = f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\frac{(x - mx)^2}{2\sigma x^2}\right) (-\infty < x < +\infty) \quad (2.62)$$

Bunda mx va σx^2 - x tasodifiy kattalikning matematik kutilishi va dispersiyasi x - tasodifiy kattalikning mos konun bo'yicha taqsimot funksiyasi:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x - mx)^2}{2\sigma x^2}\right) dx \text{ va uni mos taqsimot deyiladi.}$$

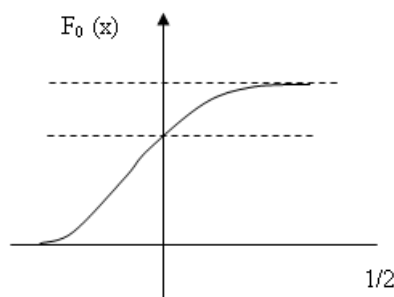
Mos taqsimot zichligini Gauss egri chizigi yoki mos egri chizik deyiladi va quyidagicha ko'rinishda.



2.4-rasm. $\sigma(x_1) < \sigma(x_2)$ Gauss yoki mos egri chizigi.

Moslashtirilgan tasodifiy kattalikning mos konun bo'yicha taqsimot funksiyasiga standart taqsimlanish yoki standart taqsimot funksiyasi deyiladi va quyidagi ko'rinishga ega:

$$F_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \quad (2.63)$$



2.5-rasm. $F_0(x)$ funksiyani standart taqsimlanish.

Mos tasodifiy kattalikning x_{01} , x_{02} oraliqda bo'lish ehtimolligi

$$P(x_{01} \leq x_0 \leq x_{02}) = F_0(x_{02}) - F_0(x_{01}) \quad (2.64)$$

ifoda orqali topiladi.

Laplas funksiyasi

$$\Phi(x) = F_0(x) - \frac{1}{2} = F_0(x) - F_0(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \quad (2.65)$$

1 va 2- ifodadan

$$P(x_{01} \leq x_0 \leq x_{02}) = \Phi(x_{02}) - \frac{1}{2} - \left(\Phi(x_{01}) - \frac{1}{2}\right) = \Phi(x_{02}) - \Phi(x_{01}) \quad (2.66)$$

hosil bo'ladi.

Umumiy holda

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = P\left(\frac{x_1 - mx}{\sigma x} \leq x \leq \frac{x_2 - mx}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{x_2 - mx}{\sigma x}\right) - \Phi\left(\frac{x_1 - mx}{\sigma x}\right) \quad (2.67)$$

Tajriba natijalarini statik turfunligini aniqlash uchun cheksiz katta kuzatuvlar olib borish va qayta ishlashga to'g'ri keladi. Shuning uchun kuzatuv natijalarini kamaytirish va aniqlikni oshirish uchun matematik statistikada bosh to'g'ri tushunchasidan foydalaniladi.

Bunda tajriba natijalari asosida olingan chekli sonli ishonchli tasodifiy kattalik va tanlovlar yifindisi tushuniladi.

Faraz kilaylik x tasodifiy kattalik normal konun buyicha taqsimlangan.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.68)$$

U holda n mustaqil jarayon ehtimolligi quyidagicha

$$X=x_i \quad (i=1,2,\dots,n)$$

$$P(x, m\sigma^2) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2\right) \sigma^n$$

$$m^* = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

matematik kutilishni baholash.

$$(\sigma^2) = S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \text{ dispersiyalash } M[S_i^2] = \frac{n-1}{n} \sigma^2 \text{ general dispersiyani}$$

baholash.

Tasodifiy jarayon statsiyonar (muozanatlashgan) bo`lishi mumkin. Agar tasodifiy jarayon matematik kutilish va dispersiya vaqt mamentiga bo`fliq bo`lsa va karelatsiya funksiyasi  $t_1$  va  $t_2$  vaqt ayirmalariga, yani  $\tau$  ga bo`fliq bo`lsa satsionar deyiladi. Shuni ta`kidlash kerakki stotsionar tasodifiy jarayon ergodik gipotizani qanoatlantiradi. Markazlashgan tasodifiy jarayon $\bar{x}(t)$ quyidagi ergodik gipotiza shartlarni qanoatlantiradi. $R_x(\tau) \rightarrow [\tau] \rightarrow \infty$

Agar $t_1=t_2$ bo`lsa  $R_x(0)=S_x^2(t_i)$  bo`ladi. Bu yerda S_x^2 – o`rtacha kvadratik xatolik yoki dispersiya, yani  $\tau=0$  bo`lsa korelatiya funksiyasi tasodifiy jarayon dispersiyasiga teng bo`ladi.

Sortsionar tasodifiy jarayon shunisi bilan ajralib turadiki uni amalga oshirish bir qancha chegaralangan sohada yotadi va uzoq vaqt mobaynidagi kuzatuvlarning umumiy tebranish xususiyatini saqlaydi, lekin biron tomonga chiqib ketishga intilmaydi.

Ko`pincha uzluksiz texnologik jarayon parametirlarini uzgarishini stotsinar tasodifiy jarayon sifatida qarash mumkin.

Korelatsiya funksiyasi amalyot hisoblash ulardan quyidagi formula qo'llanadi:

$$R_x(\tau) \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt \quad (2.69)$$

Bu yerda : $T-x(t)$ tasodifiy jarayonni amalga oshirish vaqti (qiymatlarni kuzatishga ketgan vaqt davomiyligi).

T vaqt oraligini $x(t)$ funksiya qiymati ham uzgaradigan n ta teng intervallarga bo'lib olamiz. Bunda $T = N * \Delta$

$$\begin{aligned} t &= \delta * \Delta, & \delta &= 1, 2, \dots \\ \tau &= \mu * \Delta, & \mu &= 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (2.70)$$

(2.71) ifodani (2.70) ifodaga qo'yib quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$R_x(\tau) \approx R_x(\mu * \Delta) = \frac{1}{2N+1} \sum_{-N}^N x(\delta * \Delta) * x[(\delta + \mu) * \Delta] \quad (2.71)$$

$$\begin{cases} R_x(\mu\Delta)R_x(\mu) \\ x(\delta * \Delta) = x \\ x[(\delta + \mu)\Delta] = X_{0+\mu} \end{cases} \quad (2.72)$$

Belgilashlar kiritib

$$R_x(\mu) = \frac{1}{2N+1} \sum_{-N}^N x_{\delta} X_{\delta+\mu} \quad (2.73)$$

Korelatsiya funksiyasi taxlilini hisobga olib oxirgi yakuniy ifodaga ega bulamiz.

$$R_x(\mu) = \frac{1}{N-\mu} \sum_{\delta=1}^{N-\mu} X_{\delta} X_{\delta+\mu} \quad (2.74)$$

Shunga uxshash $x(t)$ va $y(t)$ 2 ta tasodifiy jarayonlarning o'zaro korelatsiya funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$R_{yx}(\mu) \approx \frac{1}{N-\mu} \sum_{\delta=1}^{N-\mu} X_{\delta} * y_{\delta+\mu} \quad (2.75)$$

Yuqoridagi ifodalardan ravshan bo'ladiki korrelatsiya va uzarokorelatsiya funksiyalarinig aniqligi tasodifiy amalga oshirish mobaynidagi T -vaqtga , Δ -intervalga , τ - siljishga bo'Fliq.

Ko'rsatilgan kattaliklarni tanlash tasodifiy jarayon sektor chastotasiga bo'liq bo'lib quyidagicha hisoblash mumkin.

$$\Delta = \frac{\pi}{10\omega_B}, T \geq \frac{50}{\omega_B}, T \approx 10\tau_{\max}, \tau_{\max} \geq \frac{2\pi}{\omega_H}$$

Bu yerda ω_B, ω_H -tasodifiy jarayonning amalga oshirish spektorining pastki va yuqori chastotalari. $\tau_{\max}$ -oxirgi qiymati korrelatsiya funksiyasi hisoblashda aniqlanadi. Agar $0,1 * R_x(0) \geq R_x(\tau)$ bo'lsa u holda korrelatsiya funksiyasi hisoblash to'xtatiladi.

II-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO'ZLAR VA IBORALAR

Masalaning qo'yilishi, statsionar modellar identifikatsiyalashning muammolari, inersial zveno, Ormans usuli, identifikatsiyalash obekti, ko'pqutubli obekt, transponirlash, skalyar funksiya, integral, identifikatsiyalash masalasi, nochiziqli determinanlashgan obekt, determinanlashgan obektning statikasini identifikatsiyalash, identifikatsiyalash obekti, ko'pqutubli, optimal rejalashtirish, tajribani optimal rejalashtirish, regressiya tenglamasi, chiziqli samaradorlik, kvadratli samaradorlik, to'liq faktorli tajriba, chiziqli regressiya, dinamik obektlarni identifikatsiyalash, Veyershtass teoremasi, tasodifiy kattalik, tasodifiy kattaliklarning standart taqsimoti, tasodifiy kattaliklar, standart taqsimot, instrumental xatolik, Gaus egri chizigi, tasodifiy kattalikning matematik kutilishi, matematik kutilish, ketma-ket kichik kvadratlar usuli

II-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

1. Identifikatsiyalash obekti nima?
2. Obektlarni identifikatsiyalashning muammolarini tavsiflab bering.
3. Minimumlik sharti nima?
4. Identifikatsiyalash masalasi nima?
5. Tasodifiy funksiya nima?

6. Korrelyatsion funksiyasini tushuntirib bering.
7. Chiziqli statik modellar nima?
8. Kichik kvadratlar usulini tushuntirib bering.
9. Nochiziqli determinanlashgan obekt nima?
10. Ketma-ket nochiziqli regressiyalashni tushuntirib bering.
11. Determinanlashgan obektning statikasini identifikatsiyalash nima?
12. Dinamik obektlarni identifikatsiyalash nima?
13. Spektral zichlik nima?
14. Korrelyatsiya maydonini tushuntirib bering.
15. Tasodifiy kattaliklar nima?
16. Matematik kutilish xossaliri tushuntiring.
17. Tasodifiy kattaliklarning dispersiyalari nima?

III-BOB. MURAKKAB KO'P O'LCHAMLI OBEKTLARNING STATIK MODELINI QURISH

3.1. Obekt modelining ahamiyatli o'zgaruvchilarini tanlash

Model qurish va ularni tatbiq etishda statistik tajribalar usuli juda keng qo'llaniladi. Bu usul tasodifiy sonlarni rostlashga asoslangan usul, ya'ni bu usulda tasodifiy kattaliklar ehtimolini taqsimot qiymatlari beriladi. Statistik modellashtirish deganda EHM yordamida modellashtirilayotgan sistemada borayotgan jarayonlarni Statik ma'lumotlar olishni tushuniladi. Statistik modellashtirish yordamida tekshirilayotgan sistema ishlash jarayonida modellashtiruvchi algoritmi barcha tasodifiy ta'sirlar va ular orasidagi o'zaro bog'liqlikni hisobga olgan holda tuziladi.

Statistik modellashtirish usuli birinchidan stoxastik sistemalar va ikkinchidan detirministik masalalarni yechishda ko'proq qo'llaniladi. Tasodifiy kattalik deb tajribalar natijasida oldindan ma'lum bo'lmagan qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlardan birini qabul qilishi mumkin bo'lgan kattalikka aytiladi. Tasodifiy kattaliklar diskret (alohida qiymatlar qabul qiluvchi) va muntazam kattaliklarga bo'linadi. Tasodifiy kattalikning o'rta qiymati tajriba vaqtida olingan barcha natijalarning oddiy o'rta qiymatidan iborat. Diskret tasodifiy kattalik x m tajribada x_j va m_2 tajribada x_2 qiymatlarni qabul qilayotgan bolsin.

U holda

$$\bar{x}_n = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_r m_r}{m_1 + m_2 + \dots + m_r} = \frac{\sum_{i=1}^r x_i m_i}{n} \quad (3.1)$$

Bu yerda $n = \sum_{i=1}^r m_i$ – o'tkazilgan tajribalarning umumiy soni.

Ushbu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$\bar{x}_n = x_1 \frac{m_1}{n} + x_2 \frac{m_2}{n} + \dots + x_r \frac{m_r}{n} = \sum_{i=1}^r x_i P_i^* \quad (3.2)$$

Bu usul yuqori anqligi uchun keng tarqlagan. Bu usul statik sistemalarni modelini olish bilan birga astatik sistemalar uchun qo'llaniladi. Statik obekt uzatish funksiyasi umumiy holda quyidagicha:

K_{ob} – obektning kuchaytirish koefisenti , uning qiymati chiqish signalining kirish
siganli kattaligi nisbatiga teng:

$a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m$ - uzgarmas koefisientlar.

Simayu usulining moxiyati shu kayfitsentlarni aniqlashdan iborat:Buning uchun quyidagi tenglamalar sistemasi tuziladi.

Bunda $F_1, F_2, \dots, F_i$ – integral yuzalar quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
F_1 &= \int_0^{\infty} (1 - \delta) dt \\
F_2 &= F_1^2 \int_0^{\infty} (1 - \delta)(1 - \theta) d\theta \\
F_3 &= F_1^3 \int_0^{\infty} (1 - \delta)(1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2}) d\theta \\
&\dots\dots\dots \\
F_i &= F_1^{i-1} \int_0^{\infty} (1 - \delta) \left[\frac{(-\theta)^{i-1}}{(i-1)!} + \frac{(-\theta)^{-2}}{(i-2)!} + \sum_{j=0}^{i-3} \frac{F_{i-j-1}(-\theta)^j}{F_{i-j-1}j!} \right] d\theta
\end{aligned} \tag{3.6}$$

Statik funksiya uchun uzatish funksiyaning topish ketma-ketligini ko`rib chiqamiz:

1. olingan tajriba malumotlar asosida o`tkinchi jarayon grafigi kuriladi va ularning grafigini shunday teng vaqt oraligiga bo`lib chikadiki bunda har bir vaqt oraligida grafikni to`Fri chizik deb qarash mumkin bulsin. Har bir vaqt oraliFiga mos o`tkinchi jarayon qiymatini tjadvalning 1 va 2- ustunlariga yozib chikiladi.

2. jadvalni 3- ustuniga $\delta = \frac{y(i\Delta t) - y(0)}{y(\infty) - y(0)}$ formula bo`yicha mos o`tkinchi jarayon kiritiladi

3. tablitsaning 4- ustuniga $1 - \sigma(i\Delta t)$ qiymatlarini kiritib chiqamiz.

4. 4- ustun qiymatlari summasi $\sum_{i=0}^n [1 - \sigma(i * \Delta t)]$ hisoblanadi.

5. F1 yuzani aniqlash quyidagi formula bo`yicha hisoblaniladi:

$$F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - \sigma(i - \Delta t)] - \frac{1}{2} [1 - \sigma(0)] \right\}$$

6. jadvalning 5- ustuniga $\theta(i - \Delta t) = \frac{i\Delta t}{F_1}$

7. jadvalning 6-ustuniga $1 - \theta(i - \Delta t)$ yoziladi.

8. jadvalni 7- ustuniga 4 va 6 ustunlar ko`paytmasi yoziladi.

9. 7- ustun kiymatlar summasi hisoblanadi.

$$\sum_{i=1}^n [1 - \sigma(i\Delta t)][1 - \theta(i - \Delta t)]$$

10. jadvaldagi malumotlardan foydalanilgan holda F2 ni topamiz .

$$F2 = F1^2 * \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^n [1 - \sigma(i * \Delta t)][1 - \theta(i\Delta t)] - \frac{1}{2} [1 - \sigma(0)] \right\}$$

11. jadvalning 8- ustuniga

$$1 - 2\theta(i - \Delta t) + \frac{\theta^2(i\Delta t)}{2} \text{ qiymati yoziladi.}$$

12. jadvalni 9- ustuniga 4 va 8- ustun ko`paytmalari yozib chikiladi.

$$(1 - \sigma) \left(1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2} \right)$$

13. 9-ustun qiymatlari summasi hisoblab topiladi.

Ob'yektni modelini strukturalashni aniqlash uchun eng avvalo ob'yektni qaysi kirsh va chiqishni modelda katnashishi lozimligini aniqlash zarur. Avval ko'p kutublilikni ahamiyat kasb etuvchi qanday kirish va chiqishlarni asosiy hisoblanadi. Model boshqarish uchun yaratilayotganligi uchun eng ahamiyatli faktor boshqarish maqsadiga ahamiyatli ta'sir etuvchi hisoblanadi.

Modelni strukturasini tanlashda hisobga olingan kirish sonlarini variatsiyalash bilan tanlanadi. Buning uchun tanlab olinayotgan faktorlarni tartibga solish kerak. Bu holda eng ahamiyat kasb etuvchi faktorlarni tanlash tabiiyki - ular tartibga solingan qatorning boshida joylanadilar. Shuning uchun indentifikatsiya masalasida boshlangich bosqichda ob'yektni kirish kanallarini tartibga solish zarur. Ob'yektni modeli hali mavjud emasligi sababali. Kirish parametrlarini tartibga solish, masalan ekspertlarni baholash usuli bilan olib borilishi mumkin.

Shunday qilib, har qanday S tizimning ishlash jarayonini shakllanishidan oldin uni tarkiblovchi hodisalarni o'rganish kerak. Natijada o'zida o'rganilayotgan jarayon uchun xarakterli qonuniyatlarni birinchi harakatda aniq ifoda etishni nomoyon etuvchi va amaliy masalani qo'yishdan iborat bo'lgan jarayonning mazmunli tavsifi paydo bo'ladi. Mazmunli tavsif keyingi shakllanish bosqichlariga boshlang'ich material bo'lib hisoblanadi: tizimning ishlash jarayonini shakllangan

sxemasiga va bu jarayonning matematik modelini qurishga. EHM da tizimning ishlash jarayonini modellashtirish uchun jarayonning matematik modelini muvofiq modellovchi algoritm va mashinali dasturga o'zgartirish kerak.

S aniq tizimning tadqiq qilish masalasini aniq ifoda etish berilmoqda va shunday masalalarga asosiy e'tibor qaratiladi: a) masala mavjudligini va mashinali modellashtirish zarurligini tan olish;

b) mavjud resurslarni hisobga olib masalani yechish uslubini tanlash;

v) masalaning masshtabi va uni nimmasalalarga ajratish imkoniyatini aniqlash.

Turli nimmasalalarni yechish ustuvorligi haqidagi savolga ham javob berish kerak, imkoni bor matematik usullar samaradorligi va ularni yechishning dasturiy-texnik vositlarini baholash. Bu masalalarni puxta ishlab chiqish tadqiqot masalasini ifoda etish va uni amalga oshirishga kirishish imkonini beradi. Bunda modellashtirish jarayonida masalani birlamchi qo'yilishi qayta ko'rib chiqilishi mumkin.

Masala tahlilini o'tkazish modellashtirish usuli bilan uni yechishda kelib chiqadigan qiyinchiliklarni yengishga yordam beradi. Ko'rilayotgan ikkinchi bosqichda asosiy ish tahlilni aynan o'tkazishga qaratiladi va quyidagilarni inobatga oladi:

a) S tizimning ishlash jarayoni samaradorligini baholash mezonlarini tanlash; b) M modelning endogen va ekzogen o'zgaruvchilarini aniqlash; v) imkoni bor identifikatsiya usullarini tanlash; g) tizimning modelini algoritmashning ikkinchi bosqichi mazmunini dastlabki tahlilini va uning mashinali amalga oshirishni bajarish; d) tizimning modellashtirish natijalarini olish va talqin qilish, uchinchi bosqich mazmunini dastlabki tahlilini bajarish.

S tizimni modellashtirish masalasi qo'yilgandan keyin axborotga talablar aniqlanadi. Axborotdan bu masalani yechish uchun zarur sifatli va miqdorli kirish ma'lumotlari olinadi. Bu ma'lumotlar masalani, uni yechish usullarining mazmunini chuqurroq tushunishga yordam beradi. Shunday qilib, bu nimbosqichda quyidagilar: a) S tizimi va E tashqi muhit haqida zarur ma'lumotni tanlash; b)

aprior ma'lumotlarni tayyorlash; v) mavjud eksperimental ma'lumotlarning tahlili; g) tizim haqida axborotni dastlabki qayta ishlash usullar va vositalarni tanlash olib boriladi.

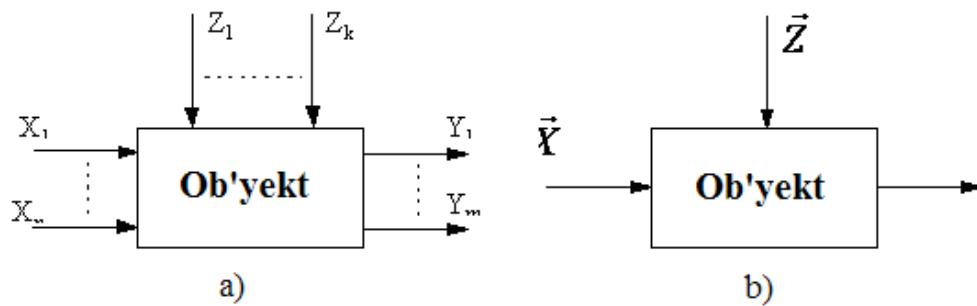
Bunda shuni esda saqlash kerakki, modellashtirish ob'ekti haqida kirish axborot sifatiga nafaqat model monandligi, balki modellashtirish natijalarining ishonchliligi ham jiddiy bog'liqdir.

S tizimning modelini qurishda gipotezalar tadqiqotchi tarafidan masalani tushunishdagi «kamchiliklar»ni to'ldirish uchun xizmat qiladi. Mashinali eksperiment o'tkazishda haqqoniyliги tekshiriladigan S tizimning modellashtirish imkoni bor (joiz) natijalariga nisbatan gipotezalar ham ko'rsatiladi. Farazlar shuni nazarda tutadiki, ba'zi bir ma'lumotlar noma'lum yoki ularni olish mumkin emas. Farazlar masalani yechish talablariga javob bermaydigan ma'lum ma'lumotlarga nisbatan qo'yilishi mumkin. Farazlar modellashtirishning tanlangan darajasiga muvofiq modelni soddalash imkonini beradi. Gipotezalarni ko'rsatishda va farazlarni qabul qilishda quyidagi omillar hisobga olinadi: a) masalalarni yechish uchun mavjud axborotlarning hajmi; b) yetarli bo'lmagan axborotli nimmasalalar; v) masalani yechish uchun vaqt resurslariga chegaralanishlar; g) kutilayotgan modellashtirish natijalari.

Shunday qilib, S tizimning modeli bilan ishlash jarayonida, modellashtirishning olingan natijalari va ob'ekt haqida yangi axborotga bog'liqligiga qarab, bu nimbosqichga ko'p marta qaytib kelish mumkin.

3.2. Eng afzal modelni aniqlash

Umumiy holda identifikasiyalash ob'yekti 3.1-rasmda ko'rsatilgan ko'pqutublik ko'rinishida beriladi. Bu yerda $x_1, x_2, \dots, x_n$ – ob'yektning kuzatiluvchi kirishlari; $z_1, z_2, \dots, z_k$ – ob'yektning kuzatilmaydigan kirishlari; $y_1, y_2, \dots, y_m$ – ob'yektning kuzatiluvchi chiqishlari.



3.1-rasm. Ko'p qutubli ob'yektlarni identifikatsiyalash

Ko'p qutubli ob'yektlarni vektor shaklida (3.1,b-rasm) tasvirlash qulaydir, bu yerda

$$\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m); \quad \vec{z} = (z_1, z_2, \dots, z_k); \quad \vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m);$$

Umumiy holda $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ o'zgaruvchilar $\vec{x} = \vec{x}(t), \vec{y} = \vec{y}(t), \vec{z} = \vec{z}(t)$ vaqtning tasodifiy funksiyalari hisoblanadi.

Ob'yekt $\vec{x}$ va $\vec{z}$ kirishlarni $\vec{y}$ chiqish bilan F_0 noma'lum aprior operatori yordamida bog'laydi

$$\vec{y} = F_0(\vec{x}, \vec{z}) \quad (3.7)$$

Biroq, F_0 operatori emas, balki kuzatilayotgan kirish va chiqishlarni bog'lovchi F model operatori identifikatsiyalanadi.

$$\vec{y} = F(\vec{x}) \quad (3.8)$$

Identifikatsiyalashning vazifasi bo'lib, F_0 ob'yekt operatoriga ma'lum ma'noda yaqin bo'lgan F model operatorini qurish hisoblanadi, ya'ni $F_0 \approx F$. Biroq, ko'rsatilgan yaqinlik nihoyatda nisbiy hisoblanadi, sababi F va F_0 operatorlari turli struktura turli kirishlar soniga ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun operatorlarning yaqinligini bevosita baholash qiyin yoki umuman mumkin emas, buning ustiga ko'pincha F_0 operatori haqida ma'lumot kam bo'ladi.

Shu munosabat bilan identifikatsiyalash nazariyasida operatorlarning yaqinligini bir xil $\vec{x}_0$ kirish kattaligiga bo'lgan ta'siri orqali baholash mumkin, ya'ni ob'yekt chiqishi bo'yicha $\vec{y} = F_0(\vec{x}_0, \vec{z})$ va model chiqishi bo'yicha $\vec{y}^M = F_0(\vec{x}_0)$,

bu yerda: $\vec{y}^M = (y_1^M, y_2^M, \dots, y_m^M)$ – model chiqishidagi vektor.

Umumiy holda har bir vaqt momentidagi bu reaksiyalarning yaqinlik darajasi ρ bog'lanmaslik (nevyazka) funksiyasi orqali baholanadi. Bu ikki vektorli– obekt va model chiqishining skalyar funksiyasi

$$e(t) = \rho(\vec{y}(t), \vec{y}^M(t)) \quad (3.9)$$

va u quyidagi xususiyatlarga ega: har qanday $\vec{y}(t), \vec{y}^M(t)$ uchun $\rho(\vec{y}(t), \vec{y}^M(t)) \geq 0$

$\vec{y}(t) = \vec{y}^M(t)$ da $\rho(\vec{y}(t), \vec{y}^M(t)) = 0$. Ikkala argument bo'yicha uzluksiz va qavariq.

Bu talablarga ko'pincha identifikasiyalash masalalarida qo'llaniluvchi bog'lanmaslik funksiyasi mos keladi

$$e(t) = \left| \vec{y}(t) - \vec{y}^M(t) \right|^2 = \sum_{i=1}^m (\vec{y}_i(t), \vec{y}_i^M(t)) \quad (3.10)$$

Kuzatishning butun intervali $[0, T]$ da obektva model chiqishlarning yagona yaqinlashish o'lchovini kiritish mumkin. Bunday uzluksiz holatning o'lchovi quyidagi integral bo'lishi mumkin.

$$E = \int_0^T \rho(\vec{y}(t), \vec{y}^M(t)) dt \quad (3.11)$$

Bunda E qiymat F ga bog'liq va identifikasiyalash masalasining vazifasi minimallashtirish yo'li bilan F model operatorini tanlash.

$$E(F) = \int_0^T \rho(\vec{y}(t), F(\vec{x}(t))) dt \quad (3.12)$$

Obektning kirish va chiqish o'zgaruvchilari o'rtasidagi bog'lanishni chiziqli tenglama ko'rinishida tasvirlash mumkin deb faraz qilinadi. Bunda chiqishda o'zgaruvchilar faqat kuzatilayotgan kirish signallari ta'sirida o'zgaradi, qo'shimcha o'zgarishlarni keltirib chiqaradigan harqanday kuzatilmaydigan xalaqitlarni esa mavjud emas yoki ularning ta'sirini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Shunday ekan, 3.1-rasmdagi sxemada $\vec{z} = 0$ deb faraz qilinadi, ya'ni $\vec{y}$ chiqish o'zgaruvchisi xalaqitlarsiz kuzatiladi. Bunday ob'yektlarning kirish va chiqishlari o'rtasidagi munosabat quyidagi funksional bog'lanish orqali tavsiflanadi $\vec{y} = F(\vec{x})$

n ta $x_j (j = \overline{1, m})$ kirishli va m ta $y_j (j = \overline{1, m})$ chiqishli chiziqli determinanlashgan ob`yektning static modeli yagona mumkin bo`lgan strukturaga ega va chiziqli algebra tenglamalari tizimi orqali tasvirlanadi:

[illegible]

(3.13) tenglamalar sistemasini vektor shaklida ixcham ko'rinishda tasvirlash mumkin

$$\vec{y} = A\vec{x} + B \quad (3.14)$$

Bu yerda: $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)^T$, $\vec{y} = (y_1, \dots, y_m)^T$, $\vec{B} = (b_1, \dots, b_n)^T$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Bu yerda T – transponirlash belgisi.

(3.14) modelini $x_j (j = \overline{1, n})$ ko'p o'lchamli kirish va $y (m = 1)$ bir o'lchamli chiqish bo'lgan modellar yig'indisi sifatida ko'rish mumkin.

Bunday obektning vektor shaklidagi modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y = a_0 + \langle A, \vec{x} \rangle$$

bu yerda: $\langle A, \vec{x} \rangle = A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ va $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektorning skalyar ko'rinishi;

$$\langle A, \vec{x} \rangle = \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i$$

Obektning modeli skalyar ko'rinishda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (3.15)$$

Shunday ekan, (3.15) tizimning yechimi ob`yekt parametrlarining aniq identifikatsiyasini kafolatlaydi, ya`ni $a_i^* = a_i$

Biroq ob`yekt qat`iy chiziqli bo`lmasligi va uncha katta bo`lmagan tasodifiy ta`sirlar bo`lishi mumkin. Shu bilan birga (2.18) matrisaning rangi $n+1$ dan kichkina bo`lishi va (2.17) tizimidan ob`yektning a_i koeffitsiyentlarini aniqlash uchun $n+1$ chiziqli tenglamani ajratib bo`lmaydi. Bunday hollarda identifikatsiyalashning quyidagi yondashuvlari bo`lishi mumkin:

Birinchi tajriba muvofiqsiz bo`ldi deb, ob`yektning kirish va chiqishlarini qayta o`lchash, ya`ni $x_j (j = \overline{1, N})$ kirish holati yetarli darajada turli emas. Agar yangi tajribada ham ko`rsatilgan shartlar bajarilmasa, u holda modelning strukturasi o`zgartirishga harakat qilish mumkin.

III-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO`ZLAR VA IBORALAR

Masalaning qo`yilishi, identifikatsiyalash obekti, ko`pqutubli obekt, transponirlash, skalyar funksiya, integral, identifikatsiyalash masalasi, model qurish, statistik modellashtirish, stoxastik sistemalar, diskret tasodifiy kattalik, ehtimollar nazariyasi, kuchaytirish koeffitsienti, integral yuzalar, obektning uzatish funksiyasi, modellashtirish natijalari, eng afzal modelni aniqlash, identifikatsiyalash ob`yekti, obektning kirish va chiqish o`zgaruvchilari, vektor shaklidagi model, statsionar modellar identifikatsiyalashning muammolari, inersial zveno, determinanlashgan obekt, determinanlashgan obektning statikasini identifikatsiyalash, identifikatsiyalash obekti, ko`pqutubli, optimal rejalashtirish, tajribani optimal rejalashtirish, standart taqsimot, instrumental xatolik, matematik kutilish.

III-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

1. Identifikatsiyalash obekti nima?

2. Integral, identifikatsiyalash masalasi nima?
3. Minimumlik sharti nima?
4. Identifikatsiyalash masalasi nima?
5. Tasodifiy funksiya nima?
6. Ko'pchutubli obektni tushuntirib bering.
7. Chiziqli statik modellar nima?
8. Kichik kvadratlar usulini tushuntirib bering.
9. Skalyar funksiya nima?
10. Stoxastik sistemalarni tushuntirib bering.
11. Statistik modellashtirish nima?
12. Dinamik obektlarni identifikatsiyalash nima?
13. Obektning uzatish funksiyasi nima?
14. Modellashtirish natijalari nima?
15. Tasodifiy kattaliklar nima?
16. Matematik kutilish xossalari tushuntiring.
17. Obektning kirish va chiqish o'zgaruvchilari nima?
18. Eng afzal modelni aniqlashni gapirib bering.

IV-BOB. TEXNOLOGIK JARAYONLARNI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH

4.1. Texnologik jarayonlarni kompyuterli modellashtirish

Kompyuterli modellashtirish – bu loyihalash va tahlil qilish jarayonlarini tushunishning eng muhim vositasi bo‘lib hisoblanadi. Ushbu jarayon murakkab texnologiyalarni ishlab chiqaruvchi va uning ishlashini ta’minlovchi mutaxassislar tomonidan yaratiladi.

Kompyuterli modellashtirish g‘oyasi sodda va ayni paytda intuitiv ravishda o‘ziga xosdir. Ushbu jarayon, tajribalarni haqiqiy obektda amalga oshirib bo‘lmaydigan holatlarida muhandisga (tadqiqotchiga) obektlar bilan tajribalar o‘tkazish imkonini yaratib beradi.

Kompyuterli modellashtirish mohiyati shundaki, unda berilgan texnologik obektning “tasviri”ni – matematik modeliga almashtirish va keyin amalga oshiriladigan mantiqiy algoritmlarni hisoblash kompyuterlarida modelni o‘rganishlardan iboratdir.

Tushunishning, konstruksiyalashning va loyihalashning ushbu metodi o‘zida ham nazariyaning ham tajribaning afzalliklarini birlashtiradi. Obektning (hodisa, jarayon bilan) o‘zida ish olib borgandan ko‘ra uning modeli bilan ishlash jarayoni tez va tadqiq etishda ortiqcha sarflardan holi bo‘lgan holda uning xususiyatlarini va turli hil vaziyatlarda o‘zini tutishini tadqiq etish imkonini beradi.

Shu bilan birga, obekt modellarida hisoblash (imitatsion) tajribalarini o‘tkazish obektning nazariy jihatdan aniqlab bo‘lmaydigan ko‘rsatkichlarini to‘liq va chuqur o‘rganish imkonini beradi.

Yengil sanoat texnologiyalarida zamonaviy ishlab chiqarish obektlari ko‘p sonli o‘zaro bog‘langan sistema ostilardan iborat bo‘lib, ular orasida 3-darajali iyerarxik struktura shaklida bo‘ysinish munosabatlari mavjuddir.

Brinchi bosqichda kimyoviy, biologik va oziq-ovqat texnologiyalarini uskunalari rasmiylashtirilishi bilan namunaviy jarayonlarni (mexanik, gidrodinamik,

issiqlik, diffuziyali, bio va kimyoviy jarayonlar) va ularni avtomatik boshqarish lokal sistemalarini shakllantiradi.

Iyerarxiyaning ikkinchi bosqichida ishlab chiqarish sexlari va sexlarni avtomatik boshqarish sistemalarini tashkil etadi. Sex o'zida alohida texnologik jarayonlarni, uskunalarni va avtomatik nazorat va ularni boshqarish tizmlari to'plamlarini mujassam etadi. Uchinchi eng yuqori iyerarxiya strukturasiga – tashkillashtirish, operativ rejalashtirish va ishlab chiqarish jarayonini barcha sohasini boshqarish sistemalari kiradi. Bu bosqichda vaziyatni tahlil qilish va tashkilotning barcha sohasini optimal boshqarish vazifasi yuzaga keladi (barcha sexlar majmuasi).

Sistema tahlilining mohiyati har qanday sistema vazifalarini hal qilish uchun qo'llaniladigan umumiy tamoyillarga asoslangan strategiya bilan belgilanadi. Ularda quyidagilarni amalga oshirish mumkin: tadqiqot maqsadini aniq shakllantirish, berilgan maqsadga erishish uchun vazifani qo'yilishi va vazifani hisoblashda effektiv kriteriyani aniqlash; vazifani hal etishda asosiy bosqichlari va yunalishlarini ko'rsatuvchi kengaytirilgan tadqiqot strategiyasini ishlab chiqish; barcha to'plam bo'yicha o'zaro bog'liq bosqichlar va mavjud yo'nalishlar majmuasi bo'ylab ketma-ket – parallel rivojlanish; muayyan bosqichlarda izchil yondashuvlarni va takroriy tadqiqot davrlarini tashkil etish; vazifaning tarkibiy qismlarini yechishda tahlilning past darajadagi iyerarxiyasi va sintenzning yuqori iyerarxiya prinsiplari.

Sistemali tahlilning markaziy tushunchasi bo'lib sistema tushunchasi hisoblanadi, ya'ni tashqi muhit bilan o'zaro ta'sir qiluvchi va murakkab ichki tuzilmaga, ko'plab tarkibiy qismlar va elementlarga ega bo'lgan obekt.

Sistema elementi – mustaqil va shartli ravishda bo'linmas birlikdir. Elementlar jamlanmasi va ular orasidagi aloqalar sistema strukturasini tashkil qiladi. Elementlar o'zaro va tashqi muhit bilan ta'sirlashadilar, ya'ni ular orasida moddiy, energetik va ma'lumot almashinish aloqalari mavjuddir. Sistemaning sistema ostilarga bo'linishi struktura iyerarxiyasini ochadi va sistemani batafsil ko'rib chiqish imkonini beradi. Sistemaning murakkabligi uning strukturasiga,

elementlar soniga, iyerarxiya bosqichlari, sistemada aylanib yuruvchi ma'lumotlar hajmiga qarab baho beriladi. Sistema berilgan vazifaga erishish uchun yo'naltirilgan shakllantirish algoritmi bilan xarakterlanadi.

Sistema matematik model yordamida shakllantiriladi. Bu model sistemaning chiqish o'zgaruvchilari o'ratisidagi aloqalarni, holat parametrlarini va boshqaruvchi va g'alayonli ta'sirlarni aks ettiradi.

Murakkab sistema determinantlashgan-stoxastik model ko'rinishda shakllanadi. Sistemali tahlil qilish nuqtai nazaridan kompyuterli modellashtirish, optimallashtirish, sex, tashkilot miqyosida texnologik sistemalarni optimal loyihalash vazifalari o'z yechimlarini topadilar. Sistemali yondashish xususiyati shundaki, ishlab chiqarish laboratoriyalarida tajriba qurilmalaridan olingan barcha ma'lumotlar texnologik sistemaning matematik modelini to'liq ishlab chiqish jarayonida bosqichma-bosqich yig'ilib va to'ldirilib boriladi.

Kompyuterli modellashtirish real obektning (sistemaning) modelini konstruksiyalash jarayonidir va bu modelda sistemani hatti harakatlarini aniqlash maqsadida, yoki berilgan sistemani ishlashini ta'minlovchi turli hil strategiyalarni baholash maqsadida hisoblashlar tajribalarini amalga oshirilishi.

Shunday qilib, kompyuterli modellashtirish jarayoni modelni konstruksilashni va uning berilgan vazifani hal etishda qo'llanilishini o'z ichiga oladi: texnologik jarayonlarni va qurilmalarni tahlil va tadqiqot qilish, optimallashtirish yoki sintezlash (loyihalash).

Bu vaziflarning barchasi juda murkabdirlar va o'zida deyarli cheksizlikka ega bo'lgan elementlarni, o'zgaruvchilarni, parametrlarni, cheklovlarni mujassam etadi. Aniq modelni yig'ishga harakat qilib ko'rganda berilgan barcha elementlarni qo'shishga harakat qilib ko'rishimiz va turli hil vaziyatlarga taaluqli bo'lgan kichik faktlarni yig'ish va ular orasida aloqalarni o'rnatish uchun ko'p vaqt yo'qotishimiz mumkin edi. Obektni ta'svirlovchi modelning obektga o'xshashligi izomorfizm bosqichi deb ataladi. Izomorf bulishi uchun model ikkita shartni qoniqtirishi kerak: 1) model elementlari va berilgan model elementlari o'rtasida aniq muvofiqlik bo'lishi kerak; 2) elementlar o'rtasida aniq munosabatlar yoki o'zaro ta'sirlar

saqlanib qolinishi kerak.

Modelning izomorfizm darajasi nisbiy bo'lib, aksariyat modellar gomomorf bo'lib hisoblanadi. Gomomorf deganda biz asosiy tuzilmalar orasidagi farqni tushunamiz va model va obekt elementlarining turli guruhleri o'rtasida faqat yuzaki o'xshashlik mavjud bo'ladi. Gomomorfik modellar soddalashtirish va abstraksiya jarayonining natijasi bo'lib hisoblanadi.

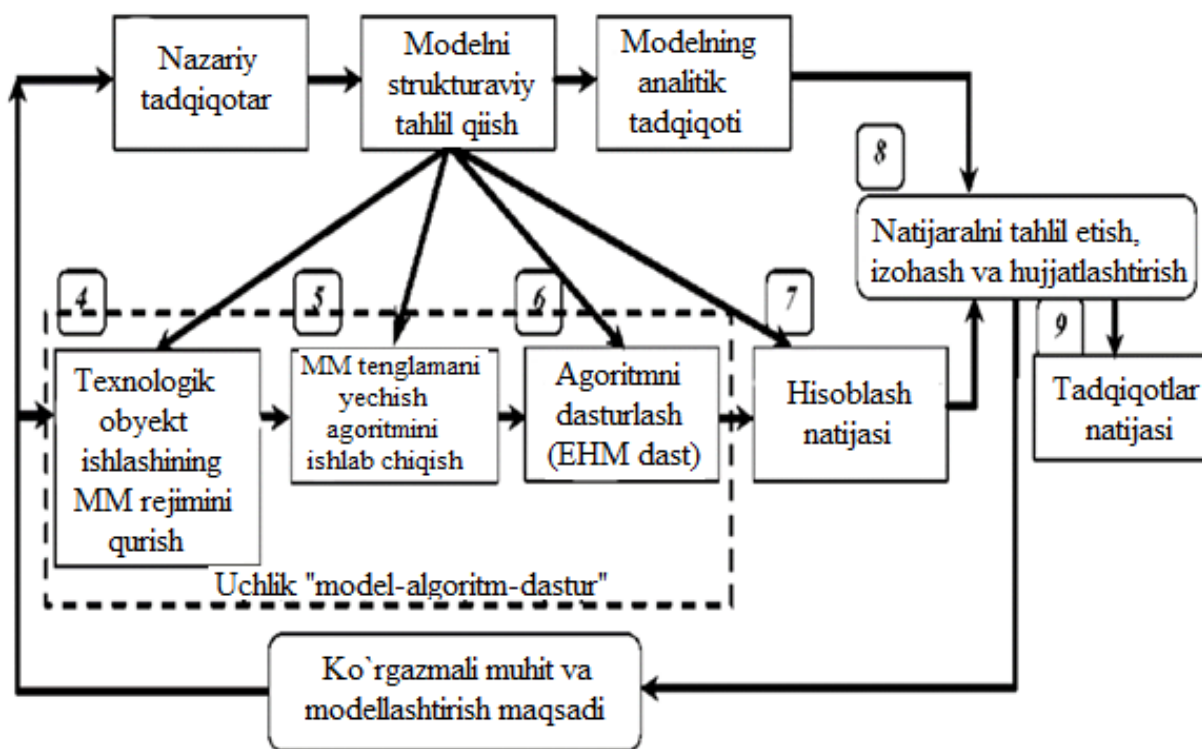
Kompyuterli modellashtirish asosiy muvaffaqiyatli metodikasi, modellarni puxtalik bilan qayta ishlash metodikasi bo'lishi lozim. Odatda, oddiy modeldan boshlagan holda bosqichma-bosqich murakkab vaziyatni aniq ta'svirlaydigan murakkab shaklini yaratishga o'tiladi. Yaxshi strukturalar bilan qurilgan Analoglar va assotsiyatsiyalar detallarni takomillashtirish va ishlab chiqish jarayonining boshlang'ich nuqtasini aniqlashda muhim rol o'ynaydilar. Ushbu takomillashtirish va qayta ishlash jarayoni model va real vaziyat bilan teskari bog'lanishlari va o'zaro harakatlarining doimiy jarayonini hisobga olinishi bilan bog'liqdir. Real obekt tomonidan ishlab chiqiladigan ma'lumotlar qayta ishlash jarayoni va model modifikatsiya jarayoni o'rtasida doimo o'zaro uzluksiz aloqalar mavjud. Shunday qilib, modellashtirish san'ati muammolarni tahlil qilish, uning muhim xususiyatlarini ajratib ko'rsatish, sistemani tavsiflovchi taxminlarni tanlash va to'g'ri o'zgartirish, so'ngra esa amaliyot uchun foydali natijalarni berguniga qadar modelni ishlab chiqish va takomillashtirishdan iboratdir.

Kompyuter modellarini ishlab chiqish va qo'llash ilm-fan emas, balki hali ham san'atdir. Modellashtirish san'atini original fikrlash, ixtirochilik va zukkolikga, shu bilan birga sistemalar haqida va fizik jarayonlar haqida chuqur bilimlarga ega bo'lganlar egallashi mumkin.

Modellar va kompyuterli modellashtirish haqida umumiy ma'lumotlar.

Murakkab texnologik obektlarni, jarayonlarni, qurilamalarni va fizik-kimyoviy hodisalarni o'rganish jarayonida biz barcha faktorlarni inobatga olishimiz zarur: ba'zilar ahamiyatli bo'ladi, ba'zilariga esa ahamiyat bermasa ham bo'ladi. So'ngra tadqiqot obektining modeli shakllantiriladi. Kompyuterli modellashtirish jarayonida tadqiqotchi uchta obekt bilan ishlidi: sistema (real,

loyihalanadigan, hayoliy), matematik model va model tenglamalarini yechish algoritmini amalga oshiruvchi EHM dasturlari bilan. Mos tushuvchi ta'minlovchi dasturga ega bo'lgan modelni butun jarayon sifatida tadqiq etish va qurishning kompyuterli modellashtirilishining otadiy sxemasi quyidagi ko'rinishda keltirilishi mumkin (4.1-rasm).



4.1-rasm. Kompyuterli modellashtirish jarayonini tashkillashtirish sxemasi.

Kompyuterli modellashtirish real texnologik obektlarni tadqiq etish, optimallashtirish va loyihalash uchun qo'llanilishini inobatga olgan holda, ushbu jarayonning quyidagi bosqichlarini keltirib o'tish mumkin:

- 1) obektni aniqlash–chegaralarni o'rnatish, cheklovlar va obekt ishlashining effektivligini o'lchash;
- 2) obektni shakllantirish (modelni qurish) – real obektdan mavhum mantiqiy sxemaga o'tishi;
- 3) ma'lumotlarni tayyorlash – model qurilishi uchun muhim bo'lgan ma'lumotlarni saralash va ularni kerakli shaklda taqdim etish;
- 4) modellashtiriladigan algoritmn va EHM dasturini ishlab chiqish;
- 5) adekvatlikni baholash – modelga murojat natijasida olingan real obekt haqida

olingan natijalar yordamida barqaror ishonch darajasini muvofiq bosqichiga erishish;

6) strategik rejalashtirish – kerakli ma'lumotni berishi lozim bo'lgan hisoblash tajribasini rejalashtirish;

7) taktik rejalashtirish – tajriba rejasida qo'yilgan har bir tadqiqotni o'tkazish ammalarini aniqlash;

8) tajriba o'tkazish – sezuvchanlikning tahlili va kutilgan natijalarga erishi uchun imitatsiya jarayonini amalga oshirish;

9) interpretatsiya – imitatsiya yordamida olingan ma'lumotlar yordamida hulosani qurish;

10) loyihani amalga oshirish – modelni va modellashtirish natijalarini amaliy qo'llash;

11) rasmiylashtirish – jarayonning borishini va natijalarini ro'yhatdan o'tkazish, shuningdek, modelni yaratish va undan foydalanish jarayonini rasmiylashtirish;

Modelni yaratish va undan foydalanishning sanab o'tilgan bosqichlari tahminlarda aniqlangan. Bunda vazifa kompyuterli modellashtirish yordamida eng effektiv usulda yechilishi tahmin qilinadi. Biroq, bu eng effektiv usul bo'lmasligi ham mumkin. Agarda, vazifa oddiy model yaratilishiga olib borsa va uning yechimi analitik bo'lsa, bu holda kompyuterli modellashtirish va imitatsiyaga zarurat kerak bo'lmaydi. Berilgan aniq vazifani yechimini topish uchun mos tushuvchi barcha mavjud usullarni ilmiy tekshirish lozim. Shu bilan birga kutilgan natija bilan harajatlarni optimal kombinatsiyalash lozim. Imitatsiya imkoniyatlarini baholashdan oldin, oddiy analitik model berilgan holat uchun yaroqli emasligini avvalo anglab olish lozim.

Kompyuterli modellashtirish metodologiyasi.

4.1-rasmda berilgan sxemada tashkilotlarni kompyuterli modellashtirish (imitatsiya) jarayoni keltirilgan bo'lib, asosiy zanjir (real texnologik obekt (sistema) – matematik model -modellashtirish algoritmi – EHM dasturi – hisoblash tajribasi) odatiy sxemaga muvofiqdir, biroq bu holatda triad tushunchasi birinchi o'ringa qo'yiladi: model – algoritmi – dastur (4, 5, - bloklar), hisoblash ammallarini

strategik va taktik rejalashtirish (7-blok), natijalarning izohlanishi va rasmiylashtirish (8-blok).

MM qurishning birinchi bosqichida texnologik obektning “ekvivalent”i tanlanadi (yoki quriladi), ushbu ekvivalent obektning muhim hususiyatlarini - qonuniyatlarini matematik shaklda tasvirlaydi. Matematik model (yoki uning fragmentlari) nazariy metodlar bilan tadqiq etiladi. Bu esa obekt haqida dastlabki muhim ma'lumotlarni olish imkonini beradi.

Ikkinchi bosqich shakllantirilgan matematik vazifani hisoblash metodini ishlab chiqish bilan bog'liqdir. Aslida, bu hisob-kitoblar olib boriladigan algebraik formulalar to'plami va ushbu formulalarni qo'llash uchun kerakli ketma-ketlikni o'rnatish imkonini beruvchi mantiqiy shartlardir. Hisoblash algoritmlari modelning va shu bilan birga dastlabki obektni asosiy hususiyatlarini o'zgartirmasligi kerak. Ular iqtisodiy tomondan unumli va qo'llaniladigan kompyuterlarga va hisoblanadigan vazifalar hususiyatlariga moslashishi lozim.

Odatda, bir hil matematik masala uchun ko'plab hisoblash algoritmlarni taklif qilish mumkin. Biroq, effektiv hisoblash metodlarini ishlab chiqish talab etiladi. Ular minimal darajada ammallar (arifmetik, mantiqiy) yordamida berilgan vazifaning aniq yechimini topish imkonini beradi.

Hisoblash tajribasi “ko'p variantlilik” xarakteriga ega. Darhaqiqat, har qanday amaliy vazifani yechish ko'plab kirish o'zgaruvchilari va parametrlarga bog'liqdir. Misol uchun, agar kimyoviy – texnologik qurilma hisoblansa, unda turli hil o'zgaruvchilar va strukturaviy parametrlari mavjud bo'lib, ular orasida ushbu qurilmaning samarali ishlashini ta'minlaydigan optimal to'plamini aniqlash kerak. Yuqorida aytib o'tilganidek, haqiqiy vazifalar uchun rejimni o'zgartiruvchi va konstruktiv parametrlarga aniq bog'liqlikni o'z ichiga olgan formula shaklida tegishli matematik muammoni hal qilish mumkin emas.

Hisoblash tajribasini o'tkazishda har bir hisob-kitob o'zgaruvchilari va parametrlarining qiymatlarida amalga oshiriladi. Optimal joylashishini loyihalash, ya'ni o'zgaruvchilar va parametrlarni optimal rejimiga mos keladigan nuqtasini aniqlash, muayyan o'zgaruvchilar yoki parametrlarining qiymatlari bilan farq

qiluvchi bir hil turdagi vazifalarni hisoblash uchun juda ko‘p sonli hisob-kitoblarni amalga oshirish lozim. Shuning uchun effektiv algoritmlar usullariga tayanish o‘ta muhim hisoblanadi.

Uchinchi bosqich – ishlab chiqilgan modellashtiruvchi algoritmni amalga oshirish uchun EHM da dastur yaratish (kompyuterli modelni yaratish). SI++, Paskal va boshqa dasturlash tillarini qo‘llash bir qator muammolarni keltirib chiqaradi, va ulardan asosiylari bo‘lib sermashshaqatlilik va moslashuvchanligi yetarlicha bo‘lmashligidir. Real sistemalarni tadqiq etish jarayonida odatda modelni aniqlashtirishga to‘g‘ri keladi, bu holat esa modellashtiruvchi algoritmni qayta dasturlashga olib keladi. Shubhasiz, agar uning moslashuvchanligi ta‘minlanmasa, bunday holatda modellashtirish jarayoni samarali bo‘lmaydi. Ushbu maqsad uchun ma‘lum bir muhitdan matematik modelning sinflarini tavsiflovchi shakliy sxemalaridan foydalanish mumkin. Bunday holatda, berilgan sxemani ishlashini dasturlash lozim.

“Model – algoritm -dastur” triadasini aratgan holda, tadqiqotchi universal, moslashuvchan va nisbatan uncha qimmat bo‘lmagan asbobga ega bo‘ladi. Ushbu asbob avvalo “namunaviy ”hisoblash tajribalarida sinaladi. Triadning boshlang‘ich texnologik obektiga mos kelganidan so‘ng, modelda turli hil “tajribalar” o‘tkazish mumkin. Ushbu tajribalar obektning talab etilgan sifatli va miqdoriy xarakteristikalarini olish imkonini beradi. Kompyuterli modellashtirish jarayoni triadning barcha zvenolarini kerakligicha yaxshilash va aniqlashtirishdir.

E’tiborimizni 7-blokga qaratamiz. Hisoblash tajribasi – bu EHM larda hisoblashlar olib borish va tadqiqotchilarni qiziqtirgan ma‘lumotlarni olish demakdir. Albatta, ushbu ma‘lumotlar, birinchi navbatda model, modellashtirish algoritmi va EHM dasturlarining ishonchlilikini aniqlashtiradi. Shuning uchun ham muhim tajribalarda yangi yozilgan dasturlar bo‘yicha hamma hisob-kitoblar amalga oshirilmaydi. Undan oldin har doim namunaviy hisoblashlar amali bajariladi. Ular faqatgina dasturalarni to‘g‘rlash uchun emas, balki algoritmlarni yaratishda va uning dasturiy ta‘minotida amalga oshirilgan barcha xatolarni topish va tuzatish uchun muhim hisoblanadi. Ushbu dastlabki hisob-kitoblarda matematik

model ham sinaladi, uning tadqiq etilayotgan obektga moslashishi aniqlashtiriladi. Buning uchun ba'zi nazorat tajribalarining hisob-kitoblari o'tkaziladi. Ushbu ma'lumotlarni hisoblash natijalari bilan taqqoslash natijasida matematik modelni aniqlab olish va uning yordamida olinadigan natijalar to'g'riligiga ishonch hosil qilish imkonini beradi.

Faqat hisoblash tajribasida uzoq davom etgan ishlardan so'ng oldindan tahmin qilish fazasi boshlanadi – kompyuter modeli yordamida tabiiy tajribalar o'tkazilmagan yoki o'tkazishning umuman iloji bo'lmagan sharoitlarda tadqiq etilayotgan obektning hatti harakatining qanday bo'lishi taxmin qilinadi.

Texnik loyihalarda kompyuterli modellashtirish metodlarining ommaviy qo'llanilishida loyixalashning turli hil bosqichlarini ta'minlab beruvchi modelning yaratilish muddatini keskin pasaytirish lozim. Bu vazifaning yechimi mavjuddir, qachonki kompyuterli modellashtirish texnologiyasi muvofiq ravishda rivojlanish darajasida bo'lsa.

Kompyuterli modellashtirish texnologiyasi asosiy maqsadga yo'naltirilgan faoliyat bo'lib hisoblanadi. Uning maqsadi murakkab sistemalarning ishlashini EHM larda tadqiq etish imkoni ta'minlashdir. Uning yordamida model bilan ishlaganda uning barcha bosqichlarida tadqiqotchining harakatlari tashkillashtiriladi.

Modellashtirish texnologiyasi haqida so'z borarkan ikkita muhim aspektlarni e'tiboga olish zarurdir:

- 1) ilm fan sifatida texnologiyaning metodologik asoslari. Ular qonuniylikni aniqlash bilan shug'ullanadilar va ularning qo'llanilishi yordamida EHM da obektni (sistemalarning) kompyuterli modellashtirishda amaliyotda yanada effektiv va samarali amallarni topishda yordam beradi;
- 2) texnologiyaning amaliy maqsadlari va vazifalari san'at, mahorat, murakkab obektlarni kompyuterli modellashtirish jarayonida deyarli foydali natijalarga erishish qobiliyati.

4.2. Matematik modellarning sinflanishi

Matematik model orqali ob'ektning xossalarini o'rganish matematik modellash deb tushuniladi. Jarayon o'tishi optimal sharoitlarini aniqlash, matematik model asosida uni boshqarish va ob'ektga natijalarini olib o'tish uning maqsadidir.

Matematik model tushunchasi matematik modellash usulining asosiy tushunchasidir. *Matematik model* deb matematik belgilash yordamida ifodalanuvchi, qandaydir hodisa yoki tashqi dunyo jarayonini taxminiy tavsifiga aytiladi.

Matematik modellash o'ziga uchta o'zaro bog'langan bosqichlarni qamrab oladi:

- 1) o'rganilayotgan ob'ektni matematik tavsifini tuzish;
- 2) matematik tavsifi tenglamalar tizimini yechish usulini tanlash va modellashtiruvchi dastur shaklida uni joriy qilish;
- 3) modelning ob'ektga monandligi (adekvatligi)ni aniqlash.

Matematik tavsifni tuzish bosqichida ob'ektda asosiy hodisa va elementlari avval ajratib olinadi va keyin ular orsidagi aloqalar aniqlanadi. Keyin, har bir ajratib olingan element va hodisa uchun uning funksiyalanishini aks ettiradigan tenglama (yoki tenglamalar tizimi) yoziladi. Bundan tashqari, matematik tavsifiga turli ajratib olingan hodisalar orasiga aloqa tenglamalari kiritiladi. Jarayon nisbatiga qarab matematik tavsif algebraik, differensial, integral va integro-differensial tenglamalar sistemasi ko'rinishida ifoda etilishi mumkin.

Yechim usulini tanlash va modellashtiradigan dasturni ishlab chiqish bosqichi mavjud usullar ichidan eng samarali (samarali deganda yechimning tezligi va yechim aniqligi nazarda tutiladi) yechim usulini tanlashni nazarda tutiladi va avval yechim algoritmi shaklida, keyin esa - uni EHMda hisoblashga yaroqli dastur shaklida amalga oshiriladi.

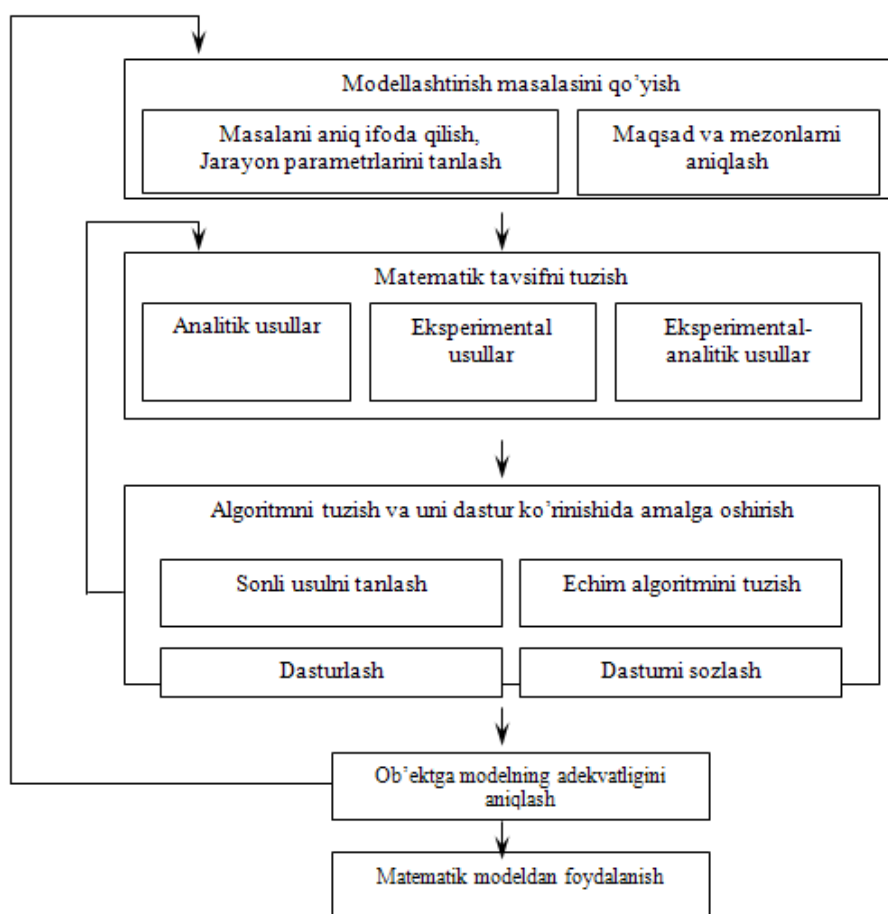
Fizik tushunchalar asosida qurilgan model modellashtirilayotgan jarayon xossalarini to'g'ri sifatli va miqdorli tavsiflashi kerak, ya'ni u

modellash tirilayotgan jarayonga monand bo'lishi kerak. Real jarayonga matematik modelning monandligini tekshirish uchun jarayon o'tishida ob'ektdan olingan o'lchovlar natijasini o'xshash sharoitlardagi model bashorati natijalari bilan taqqoslash kerak.

Modelning monandligini o'rnatish bosqichi uni ishlab chiqish bosqichlari ketma-ketligining yakuniysidir. 4.2-rasmda matematik modelni ishlab chiqishning umumiy sxemasi ko'rsatilgan.

Matematik modelni qurilishida real hodisa soddalashtiriladi, sxemalashtiriladi, va olingan sxema hodisalar murakkabligiga bog'liq holda u yoki boshqa matematik apparat yordamida tavsiflanadi.

Tadqiqotning muvaffaqiyatliligi va olingan natijalarning ahamiyatliligi modelda o'rganilayotgan jarayonning xarakterli xislatlarini hisobga to'g'ri olishga bog'liq.



4.2-rasm. Matematik modelni ishlab chiqish bosqichlari.

Jarayonga ta'sir qiluvchi barcha eng muhim omillar modelda hisobga olingan bo'lishi va shu bilan birga u ko'plab kichik ikkinchi darajali omillar bilan ketma-ket bo'lmashligi kerak, ularni hisobga olish faqat matematik tahlilni murakkablashtiradi va tadqiqotni o'ta tiqilinch yoki umuman amalga oshmaydigan qilib qo'yadi.

Jarayonlar uchun aniq matematik tavsifi bo'lgan matematik modellash usulini aniq matematik jarayonlar xususiyatlarini o'rganishda qo'llashadi. Matematik tavsifi mukammallik darajasiga bog'liqligiga qarab, ikkita chegaraviy hodisani ajratishimiz mumkin:

a) modellashtirilayotgan jarayonning barcha asosiy tomonlarini tavsiflaydigan tenglamalar to'la tizimi va bu tenglamalarning barcha soniy qiymatlari ma'lum;

b) jarayonning to'la matematik tavsifi yo'q.

Bu ikkinchi hodisa ob'ekt haqida to'la bo'lmagan axborotning borligida jarayonlarni boshqarish ishi bo'lganda va g'alayonlar ta'sir etganda masalalarni yechish uchun tipikdir. Tadqiq qilinayotgan hodisalar haqida yetarli axborot yo'qligida ularni o'rganish eng oddiy modellar qurishdan, lekin tadqiq qilinayotgan jarayonning asosiy(sifatli) spetsifikasini buzmasdan boshlanadi.

Shunday qilib, model bilan o'tkazilgan tajribalar natijalari bo'yicha biz ish sharoitidagi originalning xulqini miqdoriy bashorat qilishimiz kerak.

Ishlab chiqarishdagi modellashtirish ob'ektlari deganda quyidagilarni tushunish kerak:

1. Texnologik tizimlar (TT)- bu texnologik jihozlarning bo'laklari, avtomatik liniyalar, moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlar (MICHT).
2. Texnologik jarayonlar (TJ).
3. Texnologik uskunalar ishlayotganda yuz beradigan fizikaviy va kimyoviy jarayonlar (FKJ).

Modellashtirish jarayoniga ikkita asosiy talab qo'yiladi.

Birinchidan, modeldagi eksperiment originaldagi eksperimentga qaraganda soddaroq, tejamliroq, xavfsizroq bo'lishi kerak.

Ikkichidan, modelning sinovi asosida originalning parametrlarini hisoblashda qoʻllaniladigan qoidasi bizga maʼlum boʻlishi kerak. Bu siz eng yaxshi modellashtirish ham befoyda boʻlib qoladi.

Toza koʻrinishda (alohida) berilgan obʼektlarning matematik modellari kam qoʻllaniladi, ular quyidagidek kombinatsiyalangan. Masalan, TT matematik modellarida TJ matematik modellaridan foydalaniladi, ularda, oʻz navbatida, FJ, KJ va FKJ matematik modellaridan foydalaniladi.

Zamonaviy model termini bir necha maʼnolarda qoʻllaniladi.

Oʻrganilayotgan obʼekt tadqiqotning turli bosqichlarida oʻrnini bosuvchi qandaydir obʼekt - bu modeldir.

Qoʻyilgan maqsadga erishish uchun eng muhim xossalarini aks ettiruvchi original obʼektning maqsadli koʻrinishi – bu modeldir.

Model – bu xayoliy tasavvurdagi, yoki moddiy amalga oshirilgan tizim boʻlib, obʼektni aks etishi yoki tadqiqot obʼektini tiklashi hamda obʼektni oʻrganish va u haqida yangi axborot keltirish maqsadida uni oʻrnini bosishi mumkin boʻlgan tizim.

Matematik modellashtirish deganda - berilgan real obʼektning baʼzi bir matematik obʼektga muvofiqligini belgilash jarayoni tushuniladi. Bu matematik obʼekt matematik model deb ataladi, va bu modelni tadqiq qilish oʻrganilayotgan real obʼekt xarakteristikalarini olish imkonini beradi. Matematik modelning turi nafaqat real obʼekt tabiatiga bogʻliq, balkim obʼektni tadqiq masalalariga va talab qilinadigan ishonchlilik va bu masalani yechish aniqligiga bogʻliq. Har qanday matematik model, boshqalarga oʻxshab, haqiqatga yaqinlashishning baʼzi darajasi bilan real obʼektni tavsiflaydi. Sistemalar ishlash jarayoni xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun matematik modellashtirishni analitik, imitatsion va kombinatsionlarga boʻlish mumkin.

4.3. Modellashirish metodlarining klassifikatsiyasi

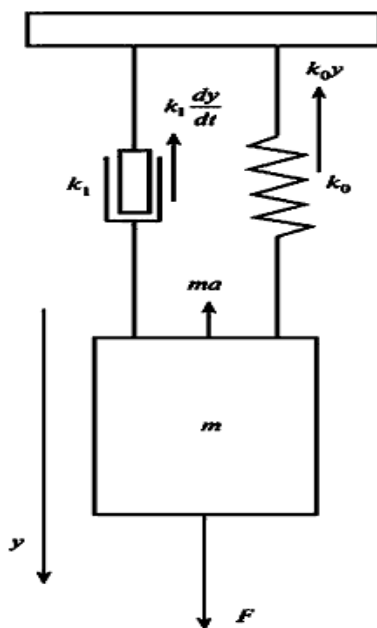
Real jarayonlar va sistemalarni ikki turdagi matematik modellar yordamida tadqiq etish mumkin: alalitik va imitatsion.

Analitik modellashirish

Analitik metod – algebraik va mantiqiy shartlarini hisobga olgan holda, sistemalarning matematik tenglamalarini hisoblashning son qiymatidan iboratdir. Bu shartlar tadqiq etilayotgan sistemaning oldindan qurilgan matematik modelini shakllantiradi. Analitik metodga namuna sifatida kondensator zaryadlanganligi va nuqtali jism qizishini misol qilib olishimiz mumkin.

Turg'unlikni hisobga olgan holda, bu metod rostdlash sistemalarining tahlili, berilgan kriteriya bo'yicha rostlagichni optimal sozlash, amplitudali va fazachastotali harakteristikalarini qurish uchun qo'llaniladi.

Misol



4.3-rasm. Prujinali mayatnik modeli

4.3-rasmda keltirilgan prujinali mayatnik modelida analitik tadqiqot o'tkazamiz. Prujinali mayatnikning matematik modeli, yuritma dinamikasining yanada murakkab modelini ishlab chiqishda, to'qimachilik matolarini qayta o'rash

dinamikasini tadqiq etishda va tarang osmalarning modelini yaratish uchun keng qo'llaniladi.

Prujinali mayatnik kuchining muvozanat tenglamasi Nyutonning ikkinchi qonuni asosida olinadi. Oqimdagi m massali jimga F kuch ta'sir etgan bo'lsin. Uni uchta tarkibiy qism tenglashtiradi: prujinaning reaksiya kuchi, va bu kuchuning nisbiy cho'ziluvchanligiga va mustahkamligi k_0 ga proporsionaldir; amortizator qarshili, jismning proporsional tezligi $\frac{dy}{dt}$ va ishqalanish koefitsiyenti(so'ndirish) k_1 , va tezlanishga proporsional kuch va jism massasi ma .

$$m \frac{d^2}{dt^2} + k_1 \frac{dy}{dt} + k_0 y = f. \quad (4.1)$$

So'ndirishning k_1 kichik koefitsiyentida, tenglama tebranish jarayonini tavsiflaydi, k_1 katta qiymatlarga teng bo'lsa. tebranish hosil bo'lmaydi.

$k_0=1, k_1=0,1, F=1, m=0,5$ bo'lsin.

(4.1) tenglamani hisoblash uchun birinchi hosilani ajratamiz:

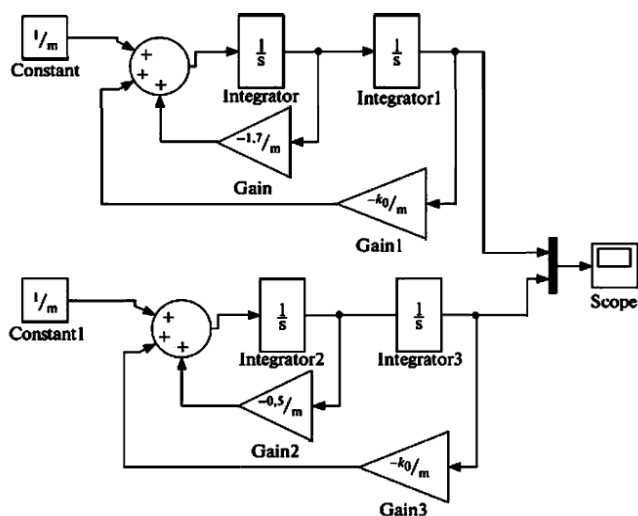
$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{k_1}{m} \frac{dy}{dt} - \frac{k_0}{m} y + \frac{1}{m} f. \quad (4.2)$$

(4.2) tenglama asosida prujinali mayatnik modelini Simulink dasturida quramiz. Uch qismdan iborat bo'lgan tenglamaning o'ng qismining ikkinchi hosilasi summatorida olinadi va ketma-ketlida ikkita integratorga uzatiladi. Birinchi integratordan so'ng birinchi hosilani $\frac{dy}{dt}$ olamiz, ikkinchisidan keyin esa, y qiymatni olamiz va uni Scope qayt qilgichi kirishiga uzatamiz. Hisoblash tenglamasining k_1 koefitsiyentiga bog'liqligini ko'rish uchun, Simulink dasturida olingan modeldan nusxa qilib olamiz (4.3-rasmda ko'rsatilgan) va undagi k_1 kaefitsiyent qiymatlarini 1,7 dan 0,5 ga o'zgartiramiz.

Modellashtirish natijasi 4.4-rasmda keltirilgan va undan ko'rinib turibdiki, so'ndirish koefitsiyentini kamaytirish natijasida tebranish o'sadi. Ushbu model o'tkinchi jarayon harakteriga ta'sir etuvchi tenglamaning barcha koefitsiyentlarini analitik o'rganish imkoniyatini beradi.

Ushbu metodning afzalligi.

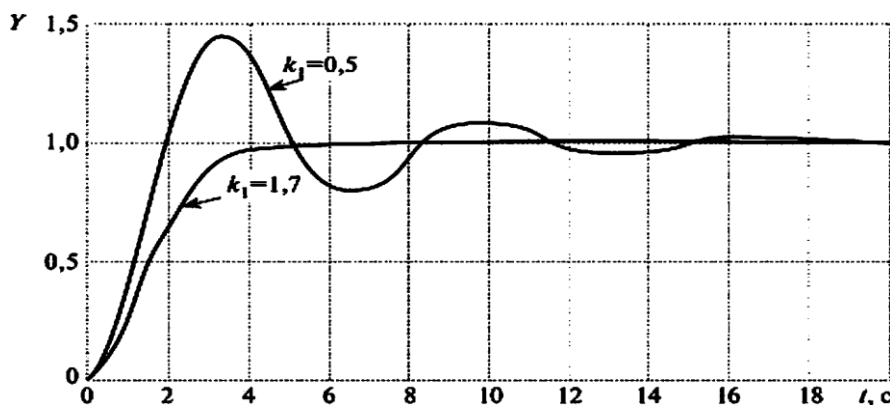
Natijalar analitik ko‘rinishda yoki grafik fizual shaklda umumlashgan shaklda hosil bo‘ladi.



4.3.Rasm. Simulink da prujinali mayatnikning modeli.

Ushbu metodning kamchiligi.

Murakkab sistemalar uchun odatda analitik natijasi yuqligi qiyinchilik to‘g‘diradi.



4.4-rasm. k_1 ning turli xil qiymatlarida o‘tkinchi jarayonning ko‘rinishi.

Imitatsiyali modellashtirish

Avtomatlashtirilgan sistemalarda ma’lumotlarni qayta ishlash va boshqarishda ko‘p hollarda boshlang‘ich ma’lumotlarning yetarlicha sifatli emasligi sabab, jarayonlar ehtimollilik harakteriga ega bo‘ladi. Shuning uchun, hisoblashlarni shakllantirilgan variantlarini bir maqsad sari oldindan tekshirish holati taqdim etiladi (boshqacha qilib aytganda, avtomatlashtirilgan sistemalarning

effektivlik ko'rsatkichlarini oldindan baholash va qabul qilingan yechimdan yuzaga keladigan boshqaruvchi buyruqlar ta'sirida boshqaruv obektlarining holati).

Hisoblash texnikalarining rivojlanishi real obektlarni tadqiq etish masalasini mashinali hisoblash metodlarini yuzaga keltirdi. Bunday metodlaridan biri bo'lib, shaxsiy kompyuterlarda jarayonlarni modellashtirish hisoblanadi. Modellashtirish jaryonida kompyuterda axborot yuzaga keladi va bu axborot tadqiq etiladigan jarayonlarni, ularning o'zaro bog'liqligini va o'zaro ta'sirlashishini inobatga olgan holda elementar ko'rsatkichlarni tavsiflaydi. Ushbu usul bilan jarayonning holati haqida olinadigan ma'lumotlar, modellashtirish natijasida olinishi kerak bo'lgan jarayonlarni aniqlash uchun qo'llaniladi.

Kompyuterlarda ma'lumotlarni qayta ishlash nuqtai nazaridan, modellashtirish elementar ko'rsatkichlar imitatsiyasi bo'lib hisoblanadi, va ular strukturalarni o'zaro ta'sirlashishini saqlab qolgan holda tadqiq etuvchi jarayonga egadir.

Bu yerda imitatsion modellshatirish va ko'rsatilgan jarayonlarni tajribalar orqali tadqiq etish yordamida real jarayonlarni tadqiq etish o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri analog kuzatiladi. Bunday modellashtirishda har bir jarayon uchun tajriba uskunalarini yaratish talab etilmaydi; ushbu metod oddiylikni, operativlikni va tadqiqotning qimmat bo'lmasligini ta'minlaydi.

Imitatsion modellashtirish matematik modellar yordamida EHM da hisoblash tajribalarini o'tkazish metodlarini o'zida aks ettiradi. Bu jarayon real obektlarni, jarayonlarni va berilgan vaqt davomida sistema holatini imitatsiyalovchidir. Shu bilan birga real jarayonlarning ishlashida elementar ko'rastkichlarga, sistema osti va elementlarga bo'linadi. Bu elementar ko'rsatkichlar sistema osti va elementlarning funksiyalanishi algoritmlar to'plami bilan tavsiflanadi. Ular mantiqiy strukturasini va vaqt davomida ketma-ketlida o'tishini saqlagan holda elementar ko'rsatkichlarni imitatsiyalaydi. Shuning uchun imitatsion modellashtirish – bu maxsus algoritmlarni qurish, va ularni EHM da dasturaviy amalga oshirishda vaqt davomida modellashtirilayotgan sistemaning ishlashini ta'minlashga olib keladi.

Imitatsion model - bu algoritim bo'lib, u bog'lanishlar strukturasini, mantiqni va modellashtirilayotgan sistemaning vaqd davomida ketma-ketlida ishlashini soddalashtirilgan ko'rinishda aks ettiradi. Imitatsion modelda tadqiqot o'tkazish EHM yordamida bajariladi. Modeldan axborot olish jarayoni, tenglamalarni hisoblash yo'li orqali emas, balki tadqiqotning mashinali tanlovi yo'li orqali amalga oshiriladi. Bunday jarayon esa obektda analog tadqiqotning imitatsiyasi bo'lib hisoblanadi. Imitatsion modellashtirish murakkab sistemalar uchun qo'llaniladi, qachonki ularning analitik qiymatlari topilmagan bo'lsa.

Ko'plab elementlari to'plam sifatida sistemani tadqiq etishligi muximligi, modellashtirish jarayonini ikkita qismga bo'lish imkoniyatini beradi:

- elementlarning matematik yoki fizik modellari tuzilishi;
- elementlarning bog'lanishlar yoki tutashish sxemalarini ishlab chiqish.

Modellashtirishning asosiy bosqichlari

1. Modelning tavsiflanishi (verbal model).
2. Elementlar modelini matematik tavsiflash tenglamasini ishlab chiqish.
3. Tenglamalarni hisoblash dasturlarini ishlab chiqish.
4. Tashqi ta'sir etuvchilar imitatsiyasi.
5. EHM da hisoblashlar va ro'yxatdan o'tkazish (modelni aniqlashtirish imkoniyati mavjud), modelning adekvatligini tekshirish.
6. Variantlarni ko'rib chiqish hisobiga sistemani optimal sozlanmalarini izlash.

Quyida berilgan Monte-Karlo metodi yordamida maydonni hisoblash misoli imitatsion modellashtirishning oddiy ko'rinishi bo'lib hisoblanadi. Maydonning analitik ifodasini o'rniga stoxastik metod qullanilgan.

Misol

Agarda uchta erkin o'q otish amalga oshirilganda, ularning har biri mo'ljalga $(1/2)$ ehtimoli bilan tekkanida, Monte-Karlo metodini uchtasidan birining mo'ljalga tegishlilik ehtimolligini aniqlash imkonini beradigan holatida ko'rib chiqamiz. Uchtadan bir marta mo'ljalga tegishning ehtimolligini topish talab etiladi.

Matematik hisoblash mo'ljalga uchtdan bir martategish ehtimolligini beradi, $p = 1 - (\frac{1}{2})^3 = \frac{7}{8} = 0,8750$

Xuddi shu masalani statik modellashtirish metodi yordamida hisoblab ko'ramiz. Uchta o'q uzish o'rniga uchta tangani otishni tasavvur qilamiz, bunda gerb tomonini ijobiy, surat tomonini esa salbiy deb qabul qilamiz. Tajriba omadli deb hisoblanadi, qachonki uchtdan xech bo'lmaganda bittasi gerb tomoni bilan tushsa.

Agarda ko'plab tajribalarni o'tkazsak va umumiy omadli holatlarni hisoblasak, va ularni o'tkazilgan tajribalarga bo'lsak, holat chastotasini olamiz, bu holat esa tajribalar soni kup bo'lganida xaqiqatga yaqin bo'ladi. Bunday amalni ehtimollik nazariyasini bilmagan holda ham bajarsa bo'ladi, lekin tajribalar soni ko'p holatda natija qoniqarli hisoblanadi.

Uchta o'q bilan mo'ljalga tegish ehtimolligini hisoblash dasturi

Har birining mo'ljalga tegish ehtimolligi 0.5 ga teng.

clear % ma'lumotlarni tozalash

n0=0; % omadning boshlang'ich qiymati

t=0; % tajribalarning boshlang'ich qiymatlari

for k=1:50 % urinishlar soni

t=t+200; % tajribalar soni

for i=1:t % tajribalarning boshlang'ich sikli

n=0; %mo'ljalga tegishning boshlang'ich qiymatlari soni

for o=1:3 % o'q uzish sikli

po=fix(rand+0.5); % o'q uzish (0 yoki 1)

if po>0 % agarda tegsa

n=n+1; % omadga 1ni qo'shish

end % uchta o'q uzish siklini tugatish

end % t urinishlar siklini tugatilishi

if n>0 % agarda mo'ljalga tegsa

n0=n0+1; % omadli urinishga 1 ni qo'shish

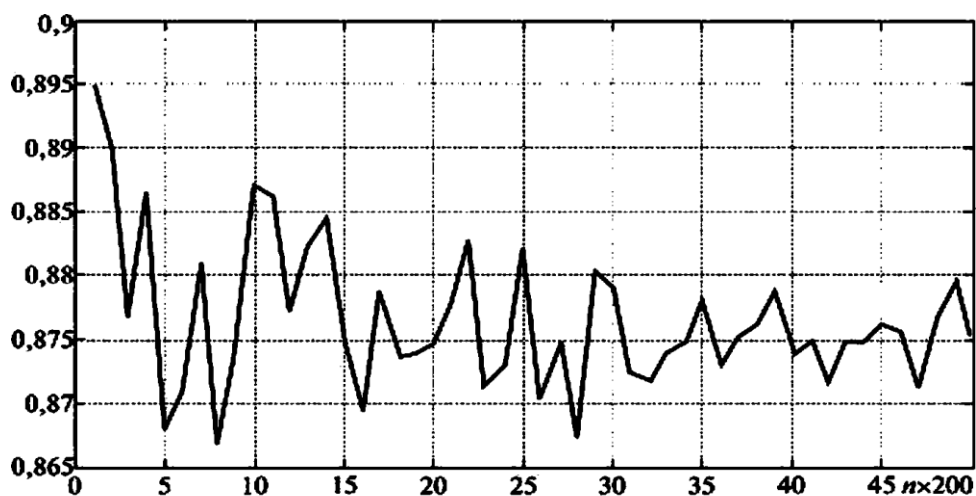
end % urinishlar siklini tugatilishi

```

end % urinishlar sonini o'zgartirish
v(k)=n0/t; %mo'ljalga tegish chastotasini hisoblash
n0=0; % omadli urinishlarning qiymatlarini nolga tenglashtirish
end % urinishlar sonini ko'paytirish
plot(v&'k')&grid on % grafikni chiqarish

```

Hodisalar rivoji 4.5-rasmda keltirilgan, unda urinishlar sonini ortib borishi bilan hodisaning hisoblangan chastotasi ehtimollikning hisoblangan qiymati $p=0,875$ ga yaqinlashadi.



4.5-rasm. Hodisalar rivoji

Imitatsiyali modellashtirishning afzalliklari

1. Dasturlash va matematik hisoblashlar metodlari sababli uning soddaligi.
2. Natija olinishining yuqori tezligi.
3. Sistemaga real ta'sir etilganida, modellashtirish imkoniyatining mavjudligi.

Kamchiligi

Natijani formula ko'rinishida olish imkoniyati mavjud emasligi.

IV-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO'ZLAR VA IBORALAR

Kompyuterli modellashtirish, imitatsion tajriba, iyerarxik struktura, sistema elementi, determinantlashgan-stoxastik model, izomorfizm, gomomorfik modellar, modelni strukturaviy tahlil qilish, algoritmnii dasturlash, modelning anaitik tahlili,

modelni qurish, adekvatlikni baholash, taktik rejalashtirish, strategik rejalashtirish, interpretatsiya, kompyuterli modellashtirish metodologiyasi, matematik model, analitik usul, texnologik jarayonlar, analitik modellashtirish, modellashtirish metodlarining klassifikatsiyasi, simulink, imitatsiyali modellashtirish, modelning tavsiflanishi, tashqi ta'sir etuvchi imitatsiyasi, avtomatik roslash sistemasi, boshqarish obekti, rostlanuvchi parametr, kompyuterli model, aprior axborot, algoritm, yopiq boshqaruv tizim, dasturli boshqariladigan tizim, faktor, obektining reaksiyasi, model strukturasini

IV-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

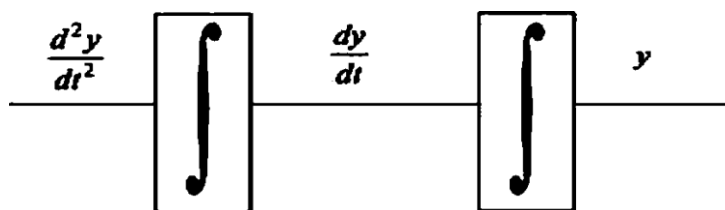
1. Kompyuterli modellashtirishni tushuntirib bering.
2. Imitatsion tajriba nima?
3. Iyerarxik struktura haqida ma`umot bering.
4. Determinantlashgan-stoxastik model nima?
5. Modelni strukturaviy tahlil qilish deganda nimani tushunasiz?
6. Algoritmni dasturlash qanday dasturlash?
7. Modelning anaitik tahlili nima?
8. Adekvatlikni baholashni eslang.
9. Taktik rejalashtirish haqida ma`lumot bering.
10. Strategik rejalashtirishni tushuntiring.
11. Kompyuterli modellashtirish metodologiyasi haqida nimalarni bilasiz?
12. Matematik model haqida ma`lumot bering.
13. Analitik usul qanday usul?
14. Modellashtirish metodlarining klassifikatsiyasini tusuntirib bering.
15. Imitatsiyali modellashtirish nima?
16. Kompyuterli model haqida nimalarni biasiz?
17. Algoritm deb nimaga aytiadi?
18. Model strukturasini nima?

V-BOB. HISOBLASH MASHINALARDA MODELLASHTIRISH.

5.1. Hisoblash mashinalarda modellashtirish.

Analogli hisoblagichlarning elementlari

Differensial tenglamalar ketma-ket integrallash yuli bilan hisoblanadi. Birinchi hosila bir marta integrallanadi, ikkinchisi-ikki marta va 5.4-rasmda keltirilganidek davom etib ketadi.



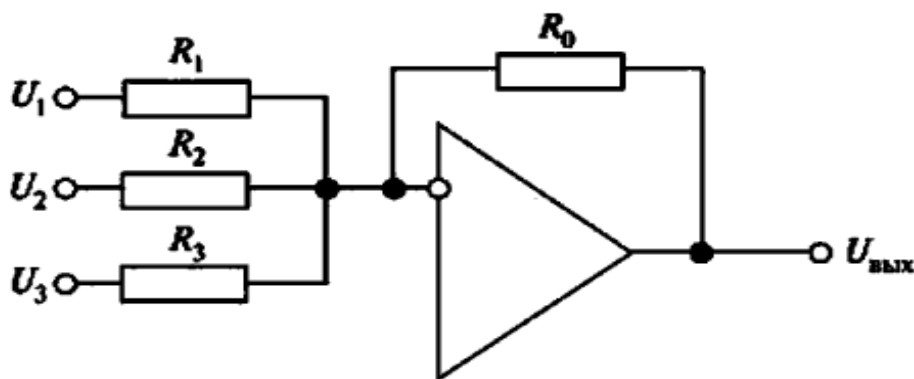
5.1-rasm. Ikkinchi tartibli tenglamani hisoblash

Integratorlarni, kuchaytirgichlarni va summatorlarni operatsion kuchaytirgichlarda qurish mumkin.

Summator

Kirish signallari ($U_1 \cdot k_1 + U_2 \cdot k_2 + U_3 \cdot k_3$) ga bog'liq holda, chiqishda U_{chiq} signal qiymatini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin (5.2-rasm.)

$$U_{chiq} = -(U_1 \cdot k_1 + U_2 \cdot k_2 + U_3 \cdot k_3). \quad (5.1)$$



5.2-rasm. Summator

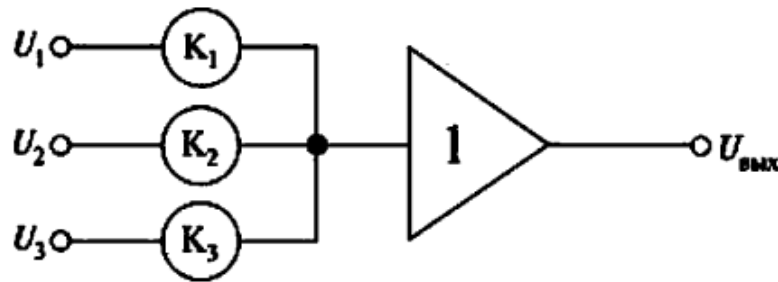
Bunda:

$$k_1 = \frac{R_0}{R_1}; k_2 = \frac{R_0}{R_2}; k_3 = \frac{R_0}{R_3}.$$

Agar $R_1=R_2=R_3$,

$$U_{chiq} = -k*(U_1+U_2+U_3) \quad (5.2)$$

Adabiyotlarda qarshilik sxemalarda belgilanmaydi va summator soddalashtirilgan variantda ko'rsatiladi (5.3-rasm).

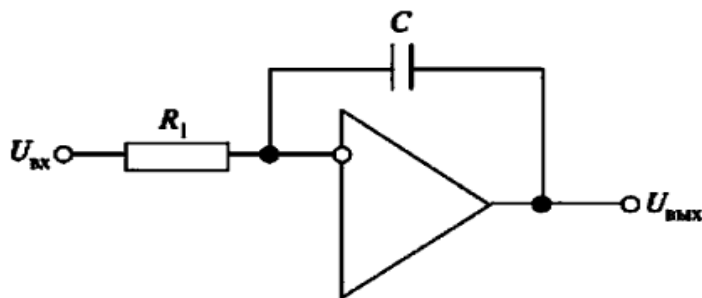


5.3-rasm. Summator sxemasi

Integrator

Chiqish signali U_{chiq} qiymati kirish U_{kir} integraliga tengdir (5.4-rasm.)

$$U_{\text{чик}} = -\frac{1}{R_1 \cdot C} \int_0^{\infty} U_{\text{кр}} dt = -\frac{1}{T_u} \int_0^{\infty} U_{\text{кр}} p dt = -k_u \int_0^{\infty} U_{\text{кр}} dt \quad (5.3)$$

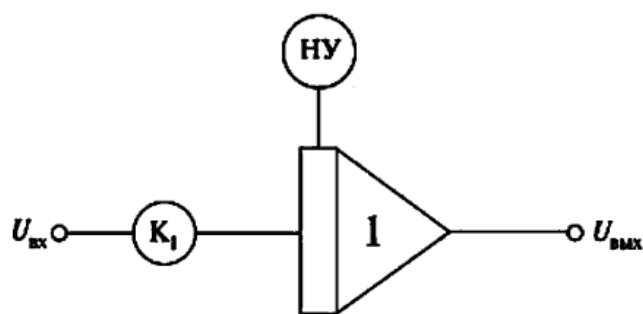


5.4-rasm. Integrator

bunda

$$T_i = R \cdot C; k_i = \frac{1}{T_u}$$

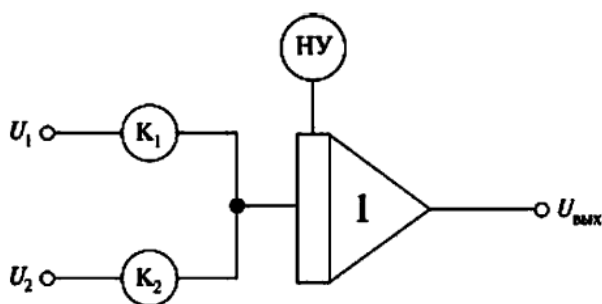
5.5-rasmda ko'rsatilganidek integrator sxemasi belgilanadi.



5.5-rasm. Integrator sxemasi

Boshlang'ich sharti (BSH) - tajariba boshlanish davrida kondensatorning zaryadlanganligi.

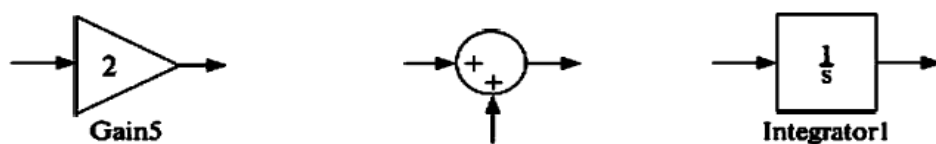
Agarda integrator bir nechta kirishlarga ega bo'lsa, unda u integrosummator deb nomlanadi va bu 5.6-rasmda ko'rsatilgan.



5.6-rasm. Integrosummator

Bunday belgilanishlar kelgusida Vissim deb nomlanadi va Matlab sistemalarida rivojlanishga ega bo'ldi.

Matlab sistemasidagi Simulinkda bu elementlarning belgilanishi 4.7-rasmda ko'rsatilgan.



5.7-rasm. Simulink kutubxonasining elementlari

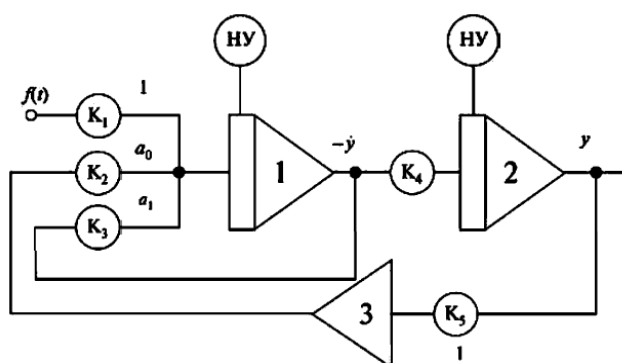
Analogli hisoblash mashinalarda differensial tenglamalarni hisoblash.
2-tartibli tenglama:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = f(t) \quad (5.4)$$

bu yerda $f(t)$ - kirishdagi ma'lum bo'lgan funksi Y. Yuqori darajali hosilani ajratamiz:

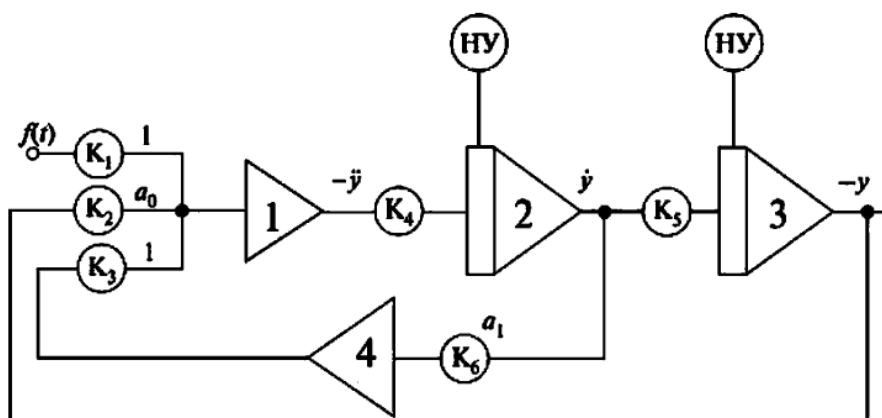
$$\frac{d^2 y}{dt^2} = f(t) - a_1 \frac{dy}{dt} - a_0 y. \quad (5.5)$$

u qiymatni olish uchun tenglamaning o'ng qismini ikki marta integrallash lozim, shuning uchun ikkita integratorni ketma-ketlida ulimiz va birinchi integratorga mos keladigan koeffitsientlari bilan o'ng tomon tenglamaning (5.5) uchta tarkibiy qismini uzatamiz. Barcha operatsion kuchaytirgichlar invertar kirishga ega ekanligini hisobga olib, natijada 5.8-rasmda ko'rsatilgan hisoblash sxemasiga ega bo'lamiz.



5.8-rasm. Ikkinchi tartibli tenglamani hisoblash

Ikkinchi hosilani hisoblash uchun birinchi integrator oldiga summatorni qo'yish kerak. Uning chiqishida bu summator teskari qo'yilgan bo'ladi (5.9-rasm).



5.9-rasm. Ikkinchi hosilani o'lchash

5.8 va 5.9-rasmlarda keltirilgan hisoblash sxemalarini taqqoslaganimizda, shunday xulosaga kelamizki, bunda tenglamani turg'un holda hisoblash uchun har bir kontur toq songa ega bo'lgan operatsion kuchaytirgichlarga ega bo'lishi kerak.

Tenglama sistemasini hisoblash.

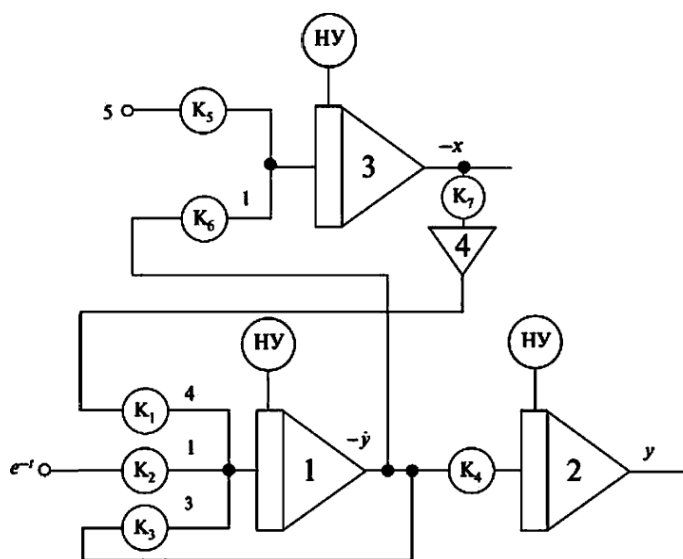
Misol qilib shunday sistemani olamizki, u quyidagi ikkita tenglama orqali tavsiflanadi:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} = 5, \\ \frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 4x = e^{-t}. \end{cases} \quad (5.6)$$

Turli xil o'zgaruvchilar uchun birinchi hosilani ajratib olamiz

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 5 - \frac{dy}{dt}, \\ \frac{d^2y}{dt^2} = e^{-t} - 3\frac{dy}{dt} - 4x. \end{cases} \quad (5.7)$$

O'zgaruvchi x va y larni aniqlab olamiz. Buning uchun tenglamani bir marta integratsiyalash lozim, ikkinchisini esa - ikki marta. Natijasi 5.10-rasmda ko'rsatilgan. Barcha yopiq konturlarda operatsion kuchaytirgichlarning soni toqdir, va shuning uchun berilgan sistemaning natijasi ham tung'undir.



5.10-rasm. Tenglama sistemasini hisoblash

5.2. Matlab tizimida analogli modellashtirish

Rostlagich sistemasining matematik modelini taqdim etuvchi differensial tenglama umumiy holda quyidagi ko‘rinishga ega:

$$a_0 \frac{d^n}{dt^n} y + a_1 \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} y + \dots + a_n y = b_0 \frac{d^m}{dt^m} u + b_1 \frac{d^{m-1}}{dt^{m-1}} u + \dots + b_m u, \quad (5.8)$$

bu yerda u va y – rostlash sistemasining kirish va chiqish signallari.

Operativ shaklda (5.8) tenglamani yozamiz:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)Y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)U(p), \quad (5.9)$$

bu yerda $Y(p)$, $U(p)$ - kirish va chiqish signallarining tasviri.

Rostlash sistemasining uzatish funksiyasini aniqlimiz:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n}. \quad (5.10)$$

Uzatish funksiyasi bo‘yicha rostlagich sistemasini modellashtirish elementar zvenolardan foydalanib amalga oshiriladi: integrallovchi, kuchaytiruvchi va algebraik yig‘indilar. Rostlagich sistemasini (5.12) tenglama yordamida uzatish funksiyasini amalga oshirish uchun strukturaviy sxemani tuzish lozim, va bu sxema uchta ko‘rinishda keltirilishi mumkin:

- Bevosita dasturlash;
- Parallel dasturlash;
- Ketma-ketlikda dasturlash.

Rostlash sistemasining hisoblash sxemasini tuzishda turli xil metodlari qo‘llanilishini uzatish funksiyali sistema misolida ko‘rib chiqamiz

$$W(p) = \frac{p^2 + 3p + 2}{8p^3 + 14p^2 + 7p + 1}. \quad (5.11)$$

Matlab sistemasida Laplas operatori p bilan belgilanadi, shuning uchun keyingi hisoblashlarimizda ushbu belgidan foydalanamiz.

Buyruqlar qatorida ushbu uzatish funksiyasini shakllantiramiz:

$$>>w=tf([1 \ 3 \ 2],[8 \ 14 \ 7 \ 1]) \quad (5.12)$$

Enter bosilganidan so‘ng quyidagi hosil bo‘ladi:

Transfer function:

$$\frac{s^2 + 3s + 2}{8s^3 + 14s^2 + 7s + 1} \quad (5.13)$$

Buyruqlar oynasida ko‘rilayotgan sistemaning pole(w) va zero(w) operatorlari yordamida ildizlari va nollarini aniqlimiz. Bu qiymatlardan modelllashtirishda foydalanamiz:

```
>> pole(w)
```

```
ans=
```

```
-1.0000
```

```
-0.5000
```

```
-0.2500
```

Shu sistemaning nollari va qutblarini aniqlimiz:

```
>> zero(w)
```

```
ans=
```

```
-2
```

```
-1
```

Keyinchalik modellashtirish natijalari bilan solishtirish uchun o‘tkinchi jarayondan uzatish funksiyasi qurishimiz mumkin (5.11-rasm):

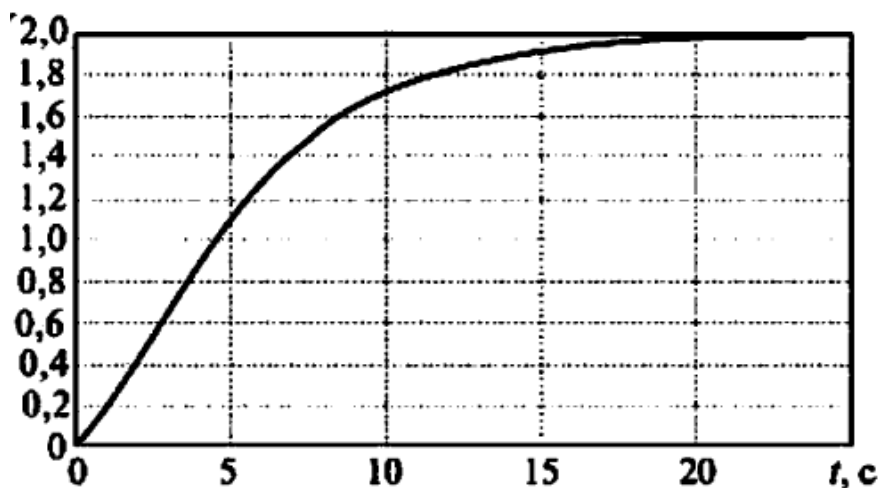
```
>> step(w), grid on
```

Yuqorida berilganlar bilan bu sistemani modellashtirishga o‘tamiz.

Bevosita analogli modellashtirish

Operator ko‘rinishda uzatish funksiyasini yozamiz va chiqish qiymatining birinchi hosilasini ajratamiz:

$$8s^3 y(s) + 14s^2 y(s) + 7s y(s) + y(s) = s^2 u(s) + 3s u(s) + 2u(s); \quad (5.14)$$



5.11-rasm. Ikkinchi tartibli tenglamani hisoblash

$$s^3 y(s) = (s^2 u(s) + 3su(s) + 2u(s) - 14s^2 y(s) - 7sy(s)) \cdot \frac{1}{8}. \quad (5.15)$$

Birinchi tartibli o'zgaruvchilarni birlashtirgan holda $y(s)$ aniqlimiz:

$$y(s) = \frac{1}{s^3} \left(\frac{2}{8} u(s) - \frac{1}{8} y(s) \right) + \frac{1}{s^2} \left(\frac{3}{8} u(s) - \frac{7}{8} y(s) \right) + \frac{1}{s} \left(\frac{1}{8} u(s) - \frac{14}{8} y(s) \right). \quad (5.16)$$

(5.16) tenglamani bevosita analogli modellashtirish, ular oldida turgan $1/s$ kasrga muvofiq holda birinchi qovusdagi qiymatlarni uch marta, ikkinchisini ikki marta va uchiichisini esa bir marta integrallashtirishdan iboratdir.

O'zgaruvchilar $u(s)$ va $y(s)$ integrator kirishiga muvofiq koeffitsiyentlarda keladi. Natijada 5.11-rasmida keltirilgan Simulink to'plamida modellashtirish sxemasiga ega bo'lamiz.

Bu sistemani bevosita analogli modellashtirish (5.12-rasm) boshqa usullar yordamida ham amalga oshirilishi mumkin. Uzatish funksiyasidan chiqish kattaligini topamiz:

$$y(s) = (s^2 + 3s + 2) \cdot e(s), \quad (5.17)$$

bu yerda

$$e(s) = \frac{u(s)}{8s^3 + 14s^2 + 7s + 1}. \quad (5.18)$$

Laplas teskari bog'lanishni bajaramiz:

$$8 \frac{d^3 e(t)}{dt^3} + 14 \frac{d^2 e(t)}{dt^2} + 7 \frac{de(t)}{dt} + e(t) = u(t). \quad (5.19)$$

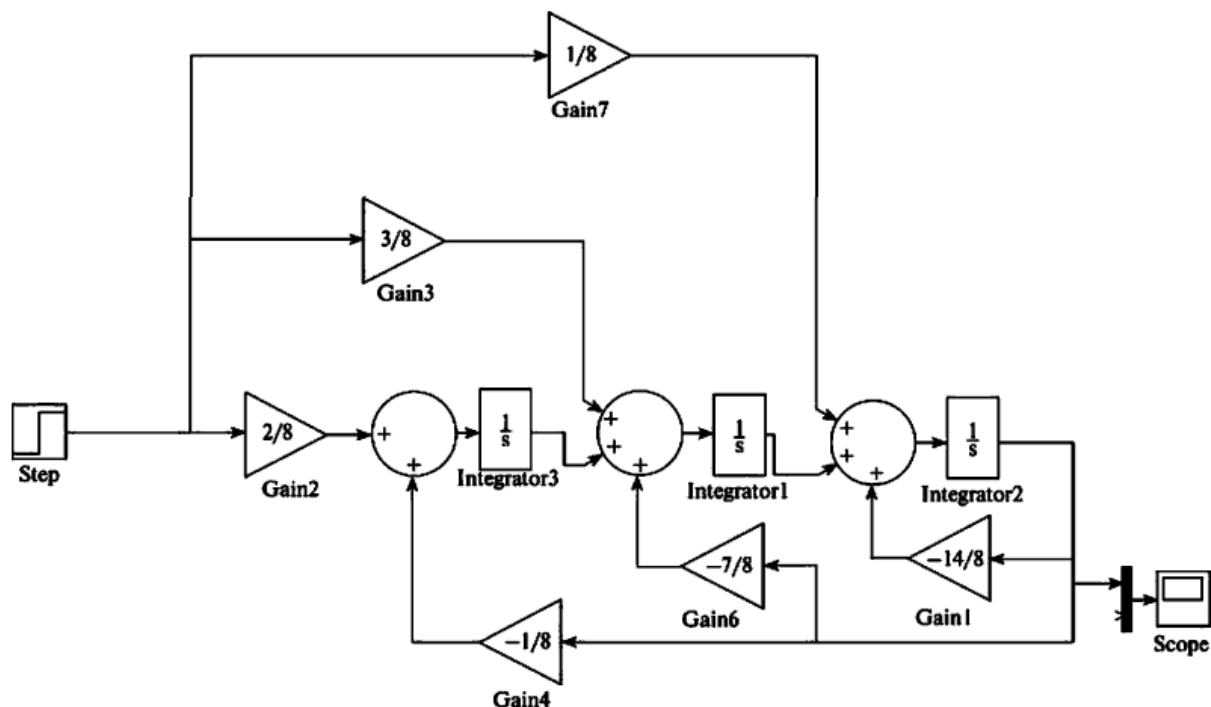
Yuqori hosilani ajratamiz:

$$\frac{d^3 e(t)}{dt^3} = \frac{1}{8} \cdot u(t) - \frac{14}{8} \cdot \frac{d^2 e(t)}{dt^2} - \frac{7}{8} \cdot \frac{de(t)}{dt} - \frac{1}{8} \cdot e(t). \quad (5.20)$$

(5.17) tenglamaga muvofiq holda chiqish kattaligi fazoviy koordinatasini $e(t)$ bir chiziqli kombinatsiyasining summasiga tengligi hisobga olsak, unda modellashtirish sxemasi quyidagicha bo‘ladi.

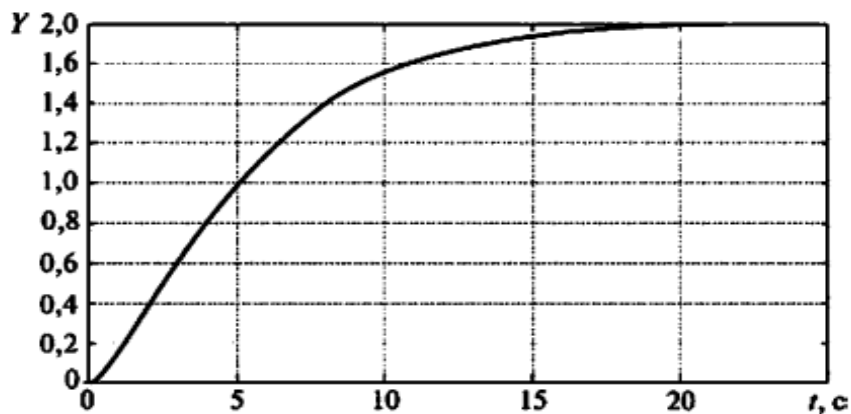
Bu ikkita masalaning bir xilligiga ishonch hosil qilish uchun multipleksor yordamida bitta qayd qilgich uskunasi ikkita sxemaning chiqish signallarini uzatamiz va bu ikkita sxema birlashtirilgan holati 5.12-rasmda ko‘rsatilgan.

Bitta koordinatada o‘tkinchi jarayon grafiglarini ko‘rish uchun, kirishdagi pog‘onali signalni bitta ta’minot manbai Step danemas, balki vaqt bo‘yicha sezilmas qiymatga surilgan ikkitasidan uzatamiz, aks holda ular birlashib ketadi (bizning holatda bu 0,1s dir).



5.12-rasm. Bevosita analogli modellashtirish

Dastur yordamida 0,1 s ga surilish jarayoni, bitta grafikning ikkinchi grafik ustiga tushmasligi uchun bajarilgan.



5.15-rasm. Ikkita o‘tkinchi jarayonni solishtirish

Parallel dasturlash.

Parallel dasturlash uchun strukturaviy sxema (5.14) uzatish funksiyasidan olinadi, agarda u elementar kasr son ko‘rinishida keltirilsa:

$$W(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{s^2 + 3s + 2}{8s^3 + 14s^2 + 7s + 1} = \frac{C_0}{s+1} + \frac{C_1}{s+0,5} + \frac{C_2}{s+0,25}. \quad (5.21)$$

-1, -0,5, -0,25-yuqorida olingan tenglamaning ildizlari.

Matlab sistemasida ildizlarni yana bir usul yordamida aniqlash mumkin:

so=[8,14,7,1] % Harakteristik tenglamaning koeffitsiyentlari

co=

8 14 7 1

>> roots(co) % Ko‘pxadli ildizlarni aniqlash

ans =

-1.0000

-0.5000

-0.2500

O‘zaro almashinishning ikki xil usuli.

(5.21) tenglamadagi S_0 , S_1 , S_2 koeffitsiyentlarini simvol shaklda Matlab paketida Xevisayda metodi yordamida aniqlash mumkin. Buning uchun

hisoblashdan oldin sym s buyrug'i bilan o'zgaruvchilarga simvol ko'rinishi berilishi lozim:

```
sysm s
```

```
C0=limit([s^2+3*s+2]*(s+1)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-1)
```

```
C1=limit([(s^2+3*s+2)*(s+0.5)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-0.5)
```

```
C2=limit([(s^2+3*s+2)*(s+0.25)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-0.25)
```

% s → -1 bo'lganda funksiya chegarasini aniqlash.

% s = -0.5 nuqtasida funksiya chegarasini aniqlash.

% s = -0.25 nuqtasida funksiya chegarasini aniqlash.

Inersion zvenolarni uzatish koeffitsiyentlari S_0 , S_1 , S_2 quyida berilgan Matlab buyruqlari bilan aniqlangan:

```
>> syms s
```

```
>> C0=limit([s^2+3*s+2]*(s+1)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-1)
```

```
C0=
```

```
0
```

```
>> C0=limit([s^2+3*s+2]*(s+1)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-0.5)
```

```
C1=
```

```
-3/4
```

```
>> C0=limit([s^2+3*s+2]*(s+1)/  
(8*s^3+14*s^2+7*s+1)],-0.25)
```

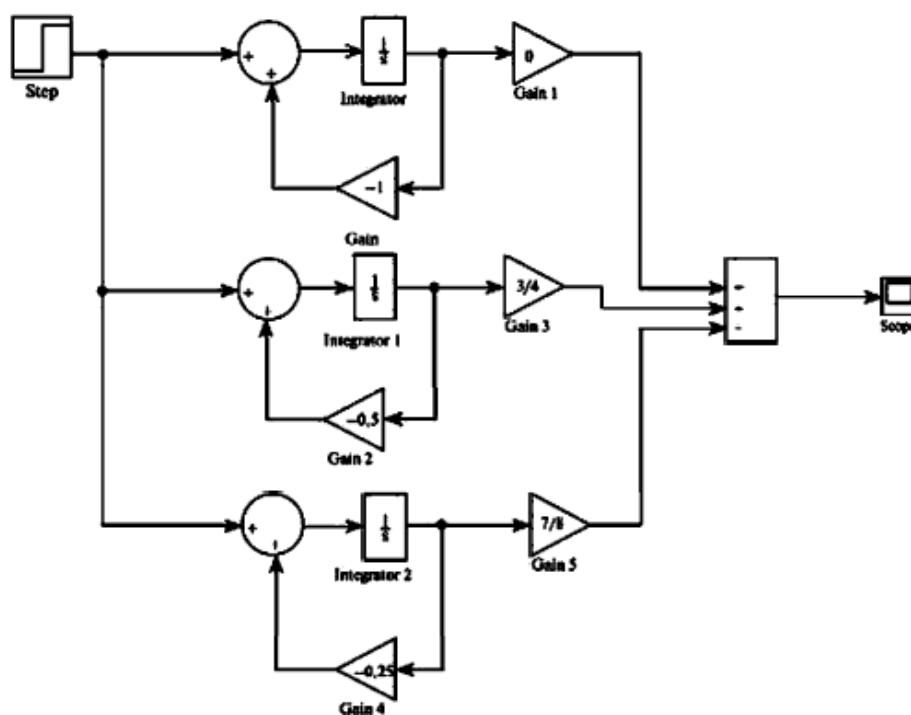
```
C2=
```

```
7/8
```

(5.21) tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

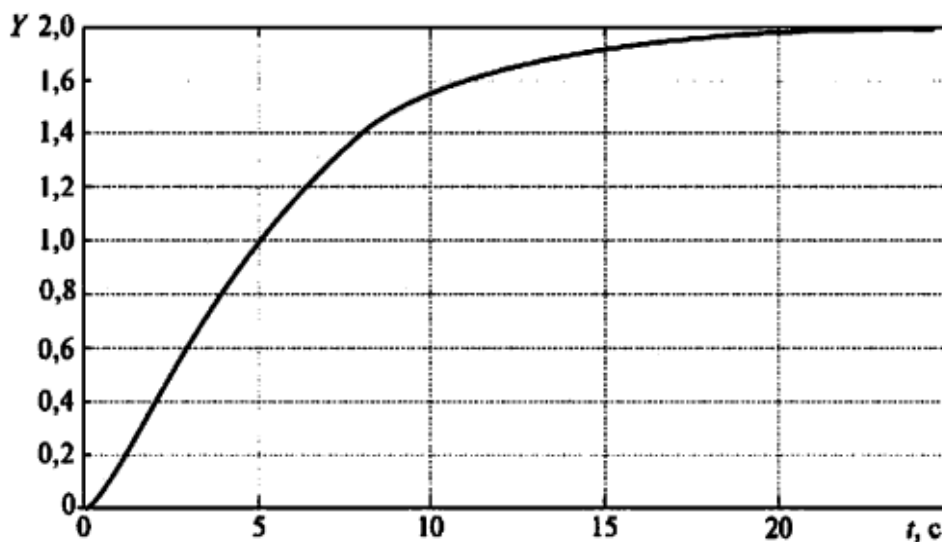
$$W(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{s^2 + 3s + 2}{8s^3 + 14s^2 + 7s + 1} = \frac{0}{s+1} - \frac{3/4}{s+0,5} + \frac{7/8}{s+0,25}. \quad (5.22)$$

Uzatish funksiyasi bunday ko‘rinishda yozilganida, o‘zida uchta inersion zvenolar qiymatlarini aks ettirganligi sababli, uzatish koeffitsiyentlari S_0, S_1 va S_2 hisobga olinib, ularning uchta chiqish signalini birlashtirgan holda yechimi olinishi mumkin. Bunda, parallel dasturlash jarayonida, uchta blokning chiqish signallarining algebraik qiymatini analogli model o‘zida aks ettiradi. Ushbu jarayon 5.16-rasmda ko‘rsatilgan.



5.16-rasm. Parallel dasturlash

Modellashtirish natijasida uzatish funksiyasi 5.17-rasmda ko‘rsatilgan.



5.17-rasm. Parallel dasturlashda o‘tkinchi jarayon

Ketma-ketlida dasturlash

Uzatish funksiyasining qutblari va nollari - bular surat ildizlaridir. Ular avvalroq aniqlangan edi, lekin jarayonning maxraj ildizlarini topish jarayonida analogik surat ildizlarini topish uchun qullash mumkin:

```
>> coe=[1,3,2]
```

```
coe =
```

```
1 3 2
```

```
>> roots(coe)
```

```
ans =
```

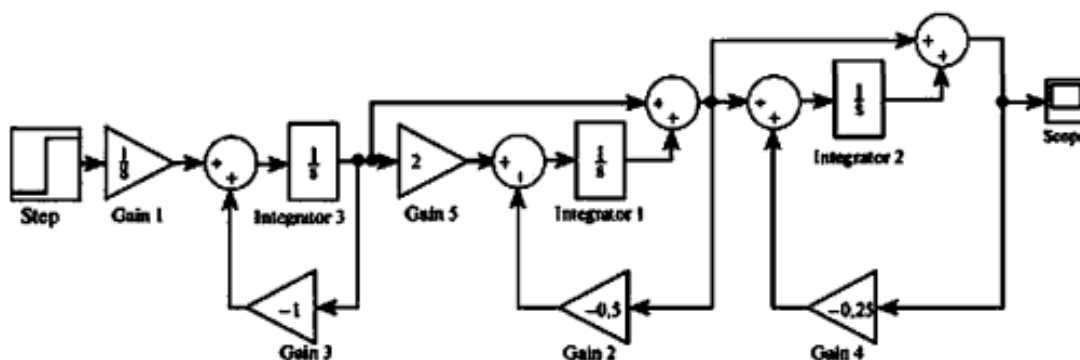
```
-2
```

```
-1
```

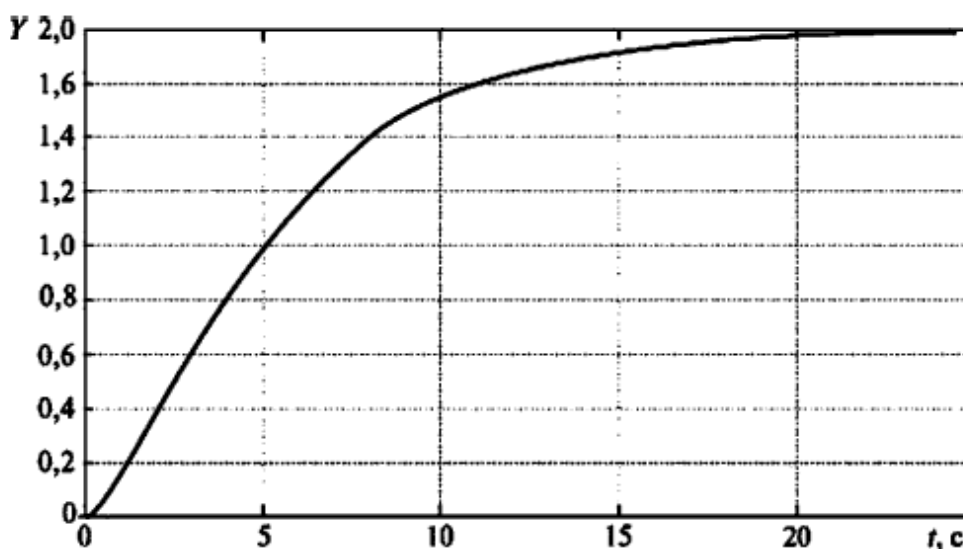
Agar surat va maxrajning ildizlari ma'lum bo'lsa, ularni oddiy ko'paytiruvchilarga ajratish mumkin, lekin shuni inobatga olish lozimki, maxraj ildizlari yuqori hosila birga teng bo'lgan koeffitsiyentda hisoblanadi, bizning holatda tenglamaning barcha koeffitsiyentlari 8 ga bo'linadi. Bu modellanuvchi sistemaning uzatish koeffitsiyentiga ta'sir etadi. Bularni hisobga olgan holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$W(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{s^2 + 3s + 2}{8s^3 + 14s^2 + 7s + 1} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{s+1} \cdot \frac{s+2}{s+0,5} \cdot \frac{s+1}{s+0,25}. \quad (5.23)$$

(5.23) tenglamadan ko'rinib turibiki, analogli model o'zida uchta ketma-ket ulangan bloklarni va $1/8$ koeffitsiyentli kuchaytirgich blokini ham aks ettirib turibdi. Simulink dasturida hisoblash sxemasi 5.18-rasmda ko'rsatilgan. Modellashtirish natijasida o'tkinchi jarayon grafigi olinadi va u 5.18-rasmda ko'rsatilgan. U yuqorida olingan natijalarni takrorlamoqda.



5.18-rasm. Simulink dasturida hisoblash sxemasi



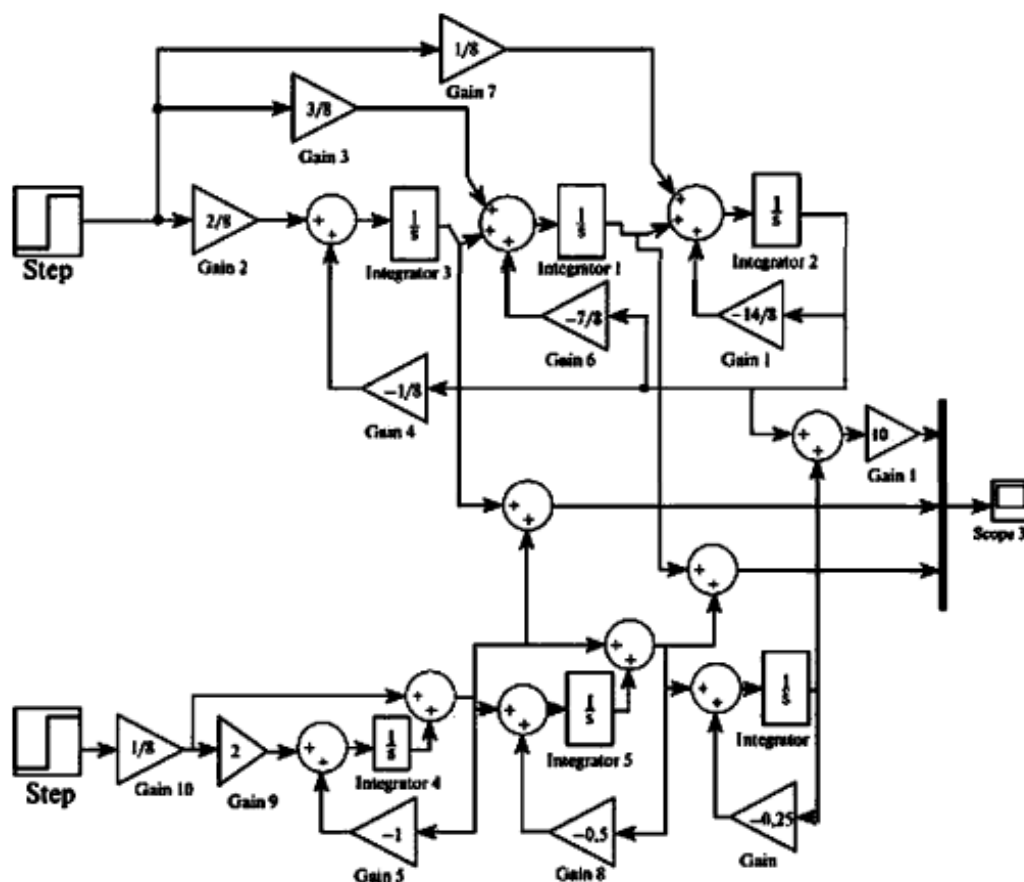
5.19-rasm. Ketma-ket dasturlaganda o‘tkinchi jarayon

Bevosita va ketma-ket modellashtirish metodlari yordamida sistemani modellashtirish natijalarini solishtirish uchun sxema tuzamiz. Modellashtirishning turli xil sxemalarda chiqish qiymatlarining fazoviy koordinatalari va ularning hosilalarini solishtirish qiziqarli jarayondir.

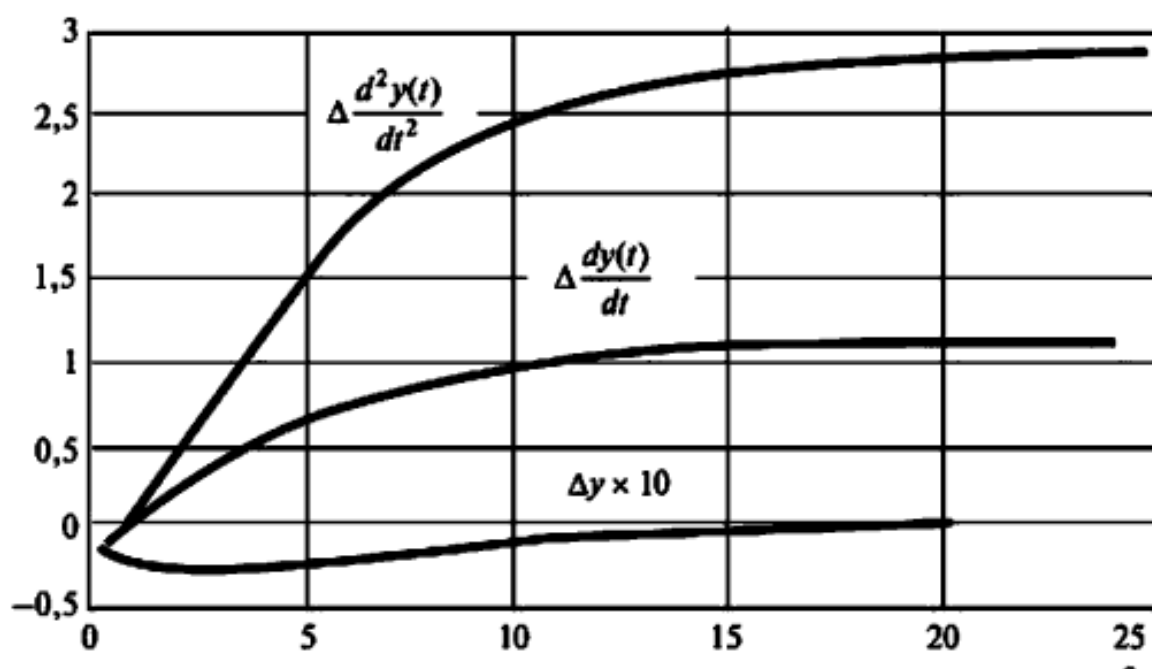
Buning uchun ketma-ket va bevosita modellashtirish sxemalarini kesishtiramiz, chiqish qiymati va uning hosilasi uchun fazalar farqini topamiz, keyin esa bu signallarni multipleksor orqali yagona registratsiyalovchi uskuna Scope ga uzatamiz. Sxema 5.20-rasmda ko‘rsatilgan.

Fazoviy koordinatalarni solishtirish natijalari 5.21-rasmda ko‘rsatilgan, bunda chiqish koordinatalari farqi Δ_y kam ko‘ringani bilan u 10 marta kattalashtirilgan holatidadir.

Rasmdan ko‘rinib turibiki, chiqish koordinatasi bo‘yicha nol xatolik o‘tkinchi jarayon oxirida o‘rnatiladi.



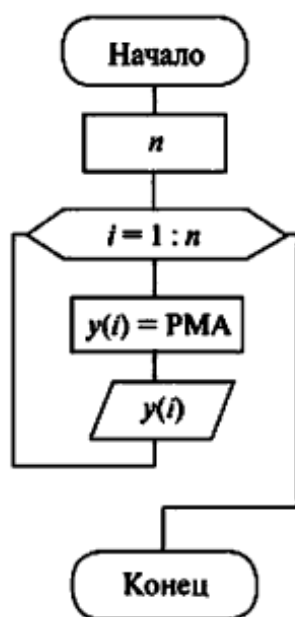
5.20-rasm. Fazoviy koordinatalrini solishtirish sxemasi



5.21-rasm. Fazoviy koordinatalarni taqqoslash natijalari.

5.3. Algoritmnlarni rekurrent modellashtiruvchilarini sintezlash metodlari

Algoritm rekurrent deb ataladi, chunki chiqish kattaligining keyingi har bir qiymatlari oldingi qiymatlari hisoblanganidan keyin olinishi mumkin (lot. *recurrens*-qaytalamoq). Misol uchun taniqli Fibonachchi sonining ketma-ketligi 1,1,2,3,5,8,13..., bu yerda uchinchisidan boshlagan holda har bir keyingi qism oldingi ikkitasining yig'indisiga tengdir. Yuqorida ko'rsatilganidek diffirensial tenglamalarni hisoblash uchun integrallashtirish amalga oshiriladi. Matematika amallari metodi integrallashni summalashtirishga almashtirish imkonini beradi, va ular siklda amalga oshiriladi. Har bir diffirensial tenglamani integrallash bitta va yagona algoritm orqali amalga oshiriladi. Shunday qilib, model tenglamasini hisoblash o'sha yagona rekurrent modellashtirish algoritmi (RMA) sikli bilan hisoblash yuli orqali amalga oshiriladi, 6.1-rasmda ko'rsatilgan.



5.22-rasm. Rekurrent algoritm

Avtomatlashtirilgan rostlash sitemasining namunaviy zvenolari uchun rekurrent modellashtirish algoritmi

Proporsional zveno

Zveno tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = K \cdot x, \quad (5.24)$$

bu yerda x - kirish kattaligi; y -chiqish kattaligi.

Rekurrent formula quyidagi ko‘rinishga ega:

$$y(i) = K \cdot x(i). \quad (5.25)$$

Bunday tenglama bilan yoziladigan real obektlar sifatida quyidagilarni misol qilishimiz mumkin: kuchaytirgich, mustaxkam dastak, reduktor.

Integrallovchi zveno

Integrallovchi zveno uchun tenglama quyidagi ko‘rinishga ega:

$$T \cdot \frac{dy}{dt} = x. \quad (5.26)$$

Bu tenglamaning yechimi quyidagi formula orqali amalga oshiriladi

$$y = \frac{1}{T} \int_0^{\infty} x dt. \quad (5.27)$$

Chiqish qiymati kirish integraliga tengdir, shuning uchun zveno integrallovchi deb ataladi.

$$x = 1 \Rightarrow y = \frac{1}{T} \cdot t = \frac{t}{T}. \text{bo'lganida}$$

(2.26) formuladagi dy va dt larni oxirgi ayirma bilan almashtiramiz:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{x}{T}, \quad (5.28)$$

bu yerda Δu – oldingi va amaldagi qiymatlar orasidagi farq, va Δt ham xuddi shunday:

$$\frac{y(i) - y(i-1)}{t(i) - t(i-1)} = \frac{x}{T}. \quad (5.29)$$

Agar diskretlash vaqti doimiy bo‘lsa, u holda uni o‘zgarmas h bilan tasvirlashimiz mumkin:

$$t(i) - t(i-1) \rightarrow h. \quad (5.30)$$

U holda (5.29) formulasidan amaldagi $y(i)$ qiymatni olamiz, shuningdek integrallovchi zveno uchun rekurent formulani ham:

$$y(i) = y(i-1) + x \cdot \frac{h}{T}. \quad (5.31)$$

Agar x – vaqt davomida o‘zgaruvchi qiymat bo‘lsa, unda (5.31) formulasini quyidagi ko‘rinishda yozilishi mumkin:

$$y(i) = y(i-1) + x(i) \cdot \frac{h}{T}. \quad (5.32)$$

Agarda hisoblash sikli birdan boshlansa, unda (6.9) formula ishlatilmaydi, chunki o‘ng qismida o‘zgaruvchilar indeksi nolga teng. Matlab sistemasida esa indekslar birdan boshlanishi kerak. Shunday qilib, ba’zi hisoblash jarayonlarida indekslarga bo‘lishda noaniqliklardan chetlaniladi, masalan Furening tez o‘zgartirishlarida.

Bu holda (5.32) formulasi o‘rniga unga ekvivalent formulani qo‘llash mumkin

$$y(i+1) = y(i) + x \cdot \frac{h}{T}. \quad (5.33)$$

Indeks o‘zgaruvchilar, koordinatalarni eslab qolish uchun muxim vositadir. Chunki ular keyinchalik ham qo‘llaniladi: jadvallarni chop etish, grafiklarni qurish, keyingi hisob-kitoblar va boshqalar. Agarda sikl o‘zgaruvchilari oraliq kattalik bo‘lib hisoblansa, u holda ularni indeks shaklida taqdim etmaslik qulay bo‘lib hisoblanadi. Ayniqsa oddiy shaklda hisoblash amallari tez amalga oshiriladi va protsessor xotirasi sarfi ham tejaladi. Bu esa dasturlash jarayonida amalga oshirilishi mumkin. Chunki bu yerda tenglik belgisi tenglamaning o‘ng qismi qiymatidan hisoblangan u o‘zgaruvchi sifatida qo‘llaniladi.

$$y = y + x \cdot \frac{h}{T} \quad (5.34)$$

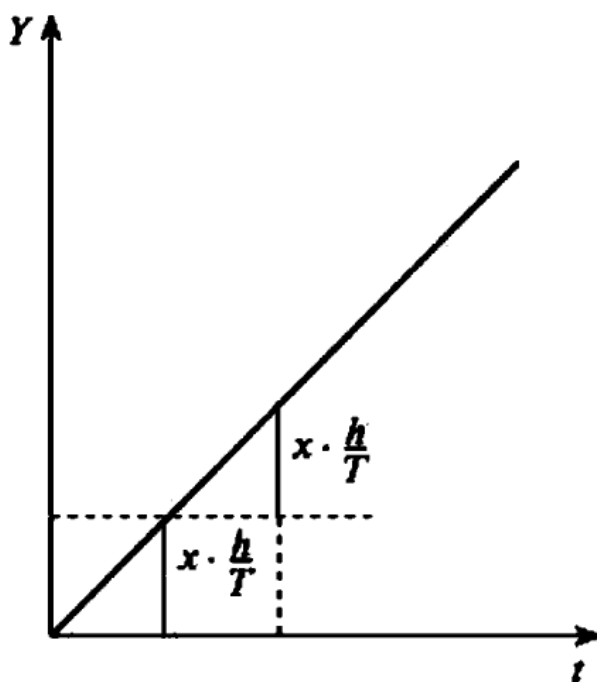
Shuning uchun o‘ng tarafdagi u – bu o‘zgaruvchilarning oldingi qiymati, chap tarafdagi u esa – amaldagisidir.

Agar diskretlash intervali h birga teng va x qiymat konstanta bo‘lsa, u holda integrallovchi zvenoning o‘tkinchi funktsiya grafigida (5.23-rasm) α burchakning tangenisi bilan to‘g‘ri chiziqni aks etadi, $\text{tg}(\alpha)$ quyidagiga teng:

$$\text{tg}\alpha = \frac{x}{T} \quad (5.35)$$

$x \cdot \frac{h}{T}$ - qiymat rekurrent formulada o'zgaras bo'lib hisoblanadi. Shuning uchun o'tkinchi jarayon o'zida to'g'ri chiziqni aks etadi, chunki oldingi qiymatlarga ham bir hil qiymat qo'shiladi.

Integrallovchi zveno sifatida tavsiflanishi mumkin bo'lgan real obekt sifatida shunday obektlarni misol qilib olishimiz mumkin: dvigatel valining aylanish burchagi, silindrda porshinning siljishi, suyuqlik satxini o'zgarishi, transporter lentasining siljishi.



5.23-rasm. O'tkinchi jarayonni hisoblash.

Inersion yoki aperiodik zveno.

Inersion zveno uchun tenlama quyidagi ko'rinishga ega:

$$T \cdot \frac{dy}{dt} + y = K \cdot x \quad (5.36)$$

(5.36) formuladagi dy va dt ni oxirgi farqlanuvchilar bilan almashtiramiz va analogik o'zgartirishni amalga oshiramiz. Natijada inersion yoki aperiodik zveno uchun rekkurent formulani tugallangan ko'rinishiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned}
T \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t} + y &= K \cdot x; \\
T \cdot \frac{y(i) - y(i-1)}{h} + y(i-1) &= K \cdot x; \\
y(i) - y(i-1) &= \frac{(K \cdot x - y(i-1)) \cdot h}{T}; \\
y(i) &= y(i-1) + (K \cdot x - y(i-1)) \cdot \frac{h}{T}.
\end{aligned}
\tag{5.37}$$

Agar hisoblash sikl indeksi birdan boshlansa, u holda oldingi holat kabi, oxirgi formula o‘rniga quyidagi formula qo‘llanishi mumkin:

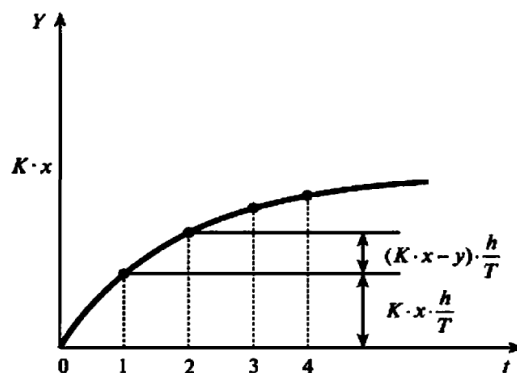
$$y = y + (K \cdot x - y) \cdot \frac{h}{T} \tag{5.38}$$

Indeks shaklda inersion zveno uchun rekkurent formula integrallovchi zveno holati kabi oraliq hisoblashlarda qo‘llanilishi mumkin:

$$y = y + (K \cdot x - y) \cdot \frac{h}{T} \tag{5.39}$$

Inersion zveno uchun rekkurent formula bo‘yicha hisoblangan o‘tkinchi jarayon 5.24-rasmda ko‘rsatilgan. Tenglamaning o‘ng tomonidagi qovus ichidagi qiymat sababli o‘zgaruvchilarning keyingi qo‘shimcha qiymatlari vaqt mobaynida nolgacha kamayadi (cheksizlikda). Shuning uchun ham o‘tkinchi jarayon grafigi o‘rnatilgan rejimga tushadi.

Real inersion obekt sifatida quyidagi misollarni keltirishimiz mumkin: ishgga tushirilganda dvigatelning aylanish chastotasi (birinchi yaqinlashishda); doimiy tok manbai tarmog‘i qarshiligi yordamida kondensatorning zaryadlanishi; qizdirilganda manba temperaturasi (birinchi yaqinlashishda) va boshqalar.



5.24-rasm. O‘tkinchi jarayonni hisoblash.

Differensiallovchi zveno

Differensiallovchi zveno uchun tenglama quyidagi ko‘rinishga ega:

$$y = T \cdot \frac{dx}{dt} \quad (5.40)$$

(5.40) formulada dy va dt ni oxirgi farqlanuvchilar bilan almashtiramiz:

$$y = T \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5.41)$$

Oldingi holatlar kabi jarayonlarni bajaramiz:

$$y_i = T \cdot \frac{x(i) + x(i-1)}{h} \quad (5.42)$$

Differensiallovchi zveno uchun rekkurent formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$y(i) = (x(i) - x(i-1)) \cdot \frac{T}{h} \quad (5.43)$$

Birlik bosqichli ta’sir etishlarida hosila cheksizlikka intiladi, chunki idealda diskretlash intervali nolga intiladi. Rekkurent formulada hosil bo‘luvchi qiymat differensiallovchi zvenoning doimiy vaqti va diskretlash intervaliga bog‘liq bo‘ladi. Hisoblashlar bosqichi qanchalik kam bo‘lsa, natija ham shunchalik aniq bo‘ladi. Hosila esa ko‘payib boradi va u o‘zining idealiga yaqinlashadi. Realda differensiallovchi zveno sifatida uzatish funksiyali jadallashtiruvchi zveno namayon bo‘ladi:

$$W(p) = \frac{T_d p}{T_p + 1} \quad (5.43)$$

Bu holatda o‘tkinchi jarayon keskin oldingi qismga va eksponensial tushib turgan keyingisiga ega bo‘ladi.

Real differensiallovchi zveno sifatida quyidagilarni misol qilishimiz mumkin: taxometr, spidometr, taxogenerator.

Agar ikkinchi tartibli differensiallovchi zvenoga ega bo‘lsak, u holda differensiallovchi tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y = T \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (5.44)$$

Yordamchi o'zgaruvchi kattalik z ni kiritib ikkinchi hosilani birinchisi bilan almashtiramiz:

$$z = \frac{dx}{dt}; \quad (5.45)$$

$$y(i) = T \cdot \frac{dz}{dt} = (z(i) - z(i-1)) \cdot \frac{T}{h} \quad (5.46)$$

$$z(i) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(i+1) - x(i)}{h}; \quad (5.47)$$

$$z(i-1) = \frac{x(i) - x(i-1)}{h};$$

$$y(i) = (x(i+1) - x(i) - x(i) + x(i-1)) \cdot \frac{T}{h^2} = (x(i+1) - 2x(i) + x(i-1)) \cdot \frac{T}{h^2}. \quad (5.48)$$

Bu rekkurent formulani tebranuvchi zveno uchun qo'llash mumkin.

Kechiqish zvenosi.

Kechiqish zvenosi uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega:

$$y(t) = x(t - \tau). \quad (5.49)$$

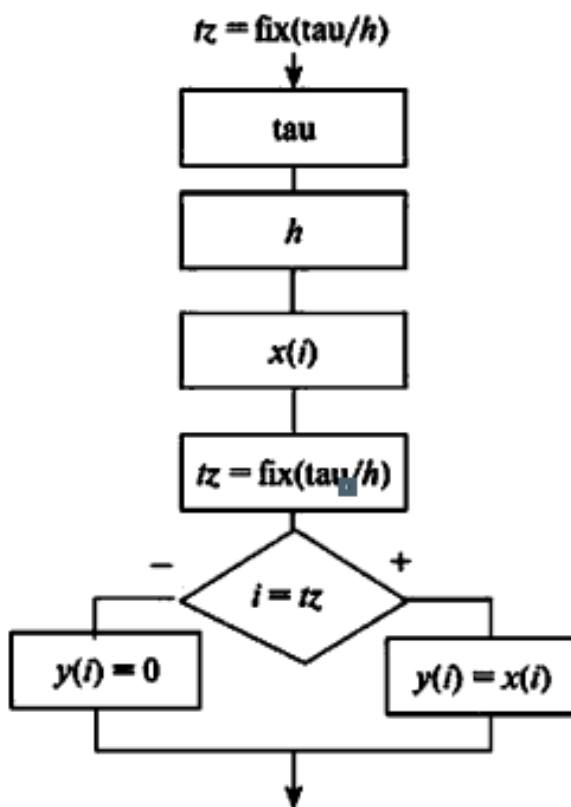
$\tau=2$ ga teng bo'lsin.

Bunday kechiqishda o'tkinchi funksiya holati 5.25-rasmda ko'rsatilgan va o'zida xuddi shunday kirish funksiyani taqdim etadi, kechiqish vaqti τ esa o'ng tomonga siljiriladi. Bunday funksiyani modellashtirish uchun shartli o'tish jarayonini qo'llash lozimdir, va unda siklik hisoblashda amaldagi vaqt va kechiqish vaqti solishtiriladi. Dasturlash uchun τ o'rniga tan deb yozamiz. Ular tenglashishganda, kirish signali zvenoning chiqishida paydo bo'ladi.

Biroq, hisoblash siklida indeks doimo o'sib boradi. (Eslatib o'tamiz, diskretlash intervaliga amaldagi indeksni qo'llash yoki hisoblash qadami h , modellashtirishni amaldagi vaqtini beradi). Demak, kechiqish vaqtida hisoblash

bosqichlari sonini bilgan holda, amaldagi sikl qachon bu bosqichlar soniga teng yoki ortiq bo'lishini aniqlash mumkin. Chunki indeks – bu butun bir son bo'lib, hisoblash bosqichlar soni – tz ni butun holatida aniqlimiz:

$$tz = \text{fix}(\tau / h). \quad (5.50)$$



5.25-rasm. Kechiqish zvenosining o'tkinchi jarayonini hisoblash.

Kechiqish zvenosi orqali o'tadigan signalni hisoblash dasturining fragmenti 5.25-rasmda ko'rsatilgan. Real kechiqish zvenolar sifatida quyidagi misollarni keltirishimiz mumkin: transporter lentaning kirishi va chiqishida meteriallarning miqdori, truboprovodda suyuqlikning harakatlanishi, belgilangan masofada oqimning harakatlanishi.

Tebranuvchi zveno.

Tebranuvchi zvenoning differensiallovchi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$T_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + a \cdot y = K \cdot x. \quad (5.51)$$

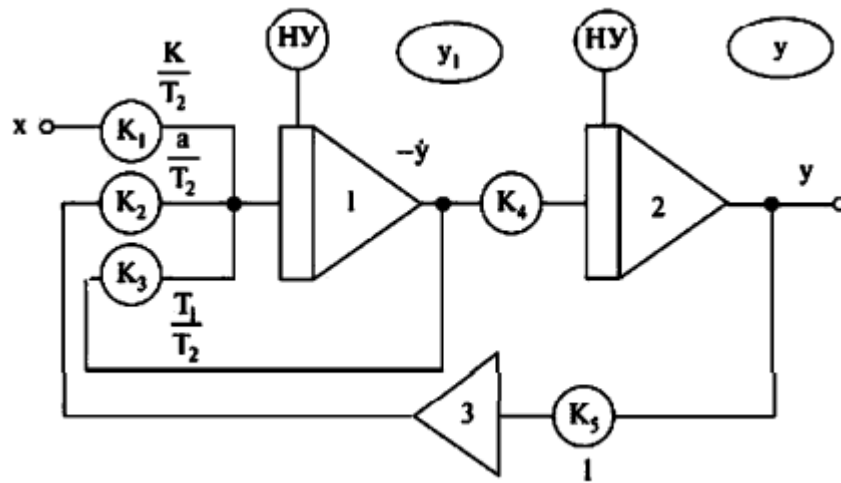
Yuqori darajali hosilani ajratib olamiz

$$\frac{d^2}{dt^2} = (K \cdot x - a \cdot y - T_1 \frac{dy}{dt}) \cdot \frac{1}{T_2}. \quad (5.52)$$

Tenglamani yechish uchun uning o'ng qismini ikki marta integrallash lozim.

Bu tenglamani ikkita integratorda hisoblash sxemasi 5.26-rasmda ko'rsatilgan. Integrallovchi zveno uchun rekkurent formulani bilgan holda uni birinchi integrator uchun qo'llash mumkin.

Keyin birinchi integrator chiqishi ikkinchi integratorning kirishi bo'lishini hisobga olgan holda ikkinchi integrator uchun ham qo'llaymiz.



5.26-rasm. 2-tartibli tenglamani hisoblash sxemasi.

Birinchi integrator chiqishida chiqish kattaligining hosilasini y_1 deb belgilab olamiz, ikkinchi integrator chiqishida esa y holatida qoldiramiz. Birinchi integrator uchun rekkurent formulani yozamiz:

$$y_1(i) = y_1(i-1) + (x \cdot K - y(i-1) \cdot a - y_1(i-1) \cdot T_1) \cdot \frac{h}{T_2}. \quad (5.53)$$

Ikkinchi integrator uchun rekurrent formula

$$y(i) = y(i-1) + y_1(i) \cdot h. \quad (5.54)$$

Hisoblashlar siklida tebranuvchi zvenoning o'tkinchi funksiyasini aniqlashda bu ikkita formula birgalikda qo'llanilishi mumkin.

Real tebranuvchi zveno sifatida quyidagi misollarni keltirish mumkin: mayatnik, elektr tebranuvchi kontur, elastik osma, elektr dvigatel, elektromagnit va elektromexaniq tarkibga ega bo'lganlar va boshqalar kiradi.

Xuddi shu yo'l bilan uchinchi, to'rtinchi va boshqa tartibli obektlar uchun rekkurent formulalarni topish mumkin.

Misol.

Uchinchi tartibli uzatish funksiyasini olamiz:

$$W(p) = \frac{k}{T_3 p^3 + T_2 p^2 + T_1 p + 1} \quad (5.55)$$

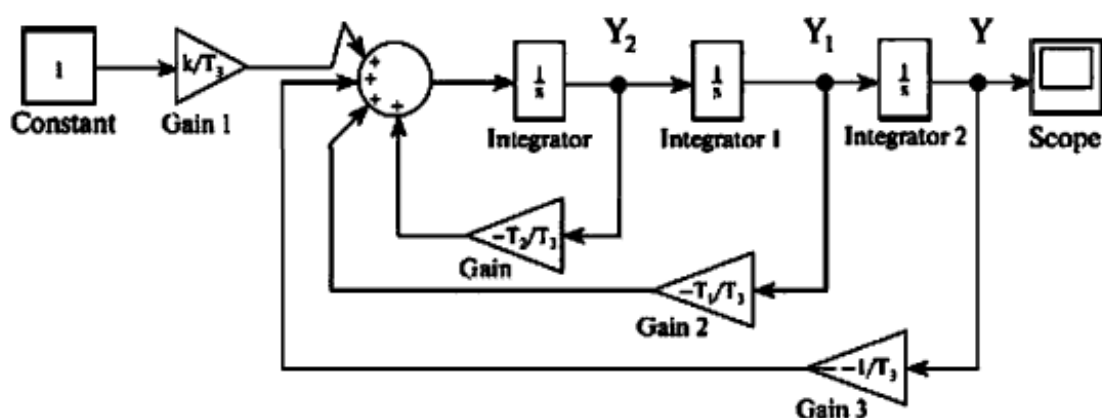
Laplas teskari almashtirishni amalga oshiramiz:

$$T_3 \frac{d^3 y}{dt^3} + T_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + y = kx \quad (5.56)$$

Olingan differensial tenglamadan (5.56) yuqori darajali hosilani aniqlimiz:

$$\frac{d^3 y}{dt^3} = \frac{kx - T_2 \frac{d^2 y}{dt^2} - T_1 \frac{dy}{dt} - y}{T_3}. \quad (5.57)$$

Tenglamani hisoblash uning chap tomonidagi qiymatni uch marta integrallaymiz, bu jarayon 5.27-rasmda ko'rsatilgan. Bunday holatda Y_2 ni ikkinchi Y_1 ni birinchi hosilaga, Y esa o'zgaruvchilarning qiymatlariga biriktiriladi.



5.27-rasm. 3-tartibli tenglamaning hisoblanishi.

Uchta integratorning har biri uchun rekkurent formulani yozamiz:

$$1) y_2(i) = y_2(i-1) + (x \cdot K - y_2(i-1) \cdot T_2 - y_1(i-1) \cdot T_1 - y(i-1) \cdot \frac{h}{T_3});$$

$$2) y_1(i) = y_1(i-1) + y_2(i) \cdot h;$$

$$3) y(i) = y(i-1) + y_1(i) \cdot h$$

Rekurrent formulalardan foydalanib, Matlab dasturida o'tish funksiyaning hisoblash dasturini yozish mumkin.

O'tish funksiyasini hisoblash dasturi

Clear % o'zgaruvchilarni tozalaymiz

x=1;% kirish ta'sirlar

k=1;

T1=3;

T2=3; % o'zgaruvchilarning qiymatlarini olamiz

T3=5;

y2(1)=0; % boshlang'ich sharti

y1(1)=0;

h=0.1; %hisoblash qadami

n=350; % hisoblash nuqtalarining soni

for t=2:n %siklning boshlanishi

y2(t)=y2(t-1)+(x*k-y2(t-1)*T2-y1(t-1)*T1-y(t-1))*h/T3;

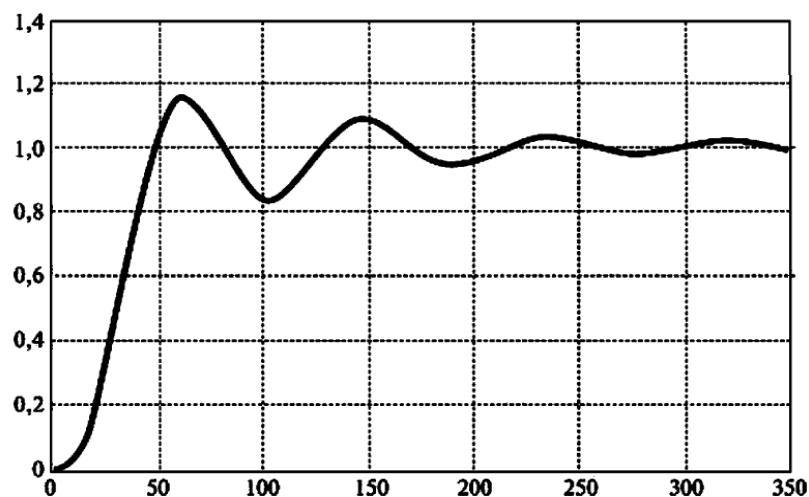
y1(t)=y1(t-1)+y2(t)*h;

y(t)=y(t-1)+y1(t)*h;

end %siklning tugatilishi

plot (y,'k'), grid on %setka bilan qora rangda grafik qurish

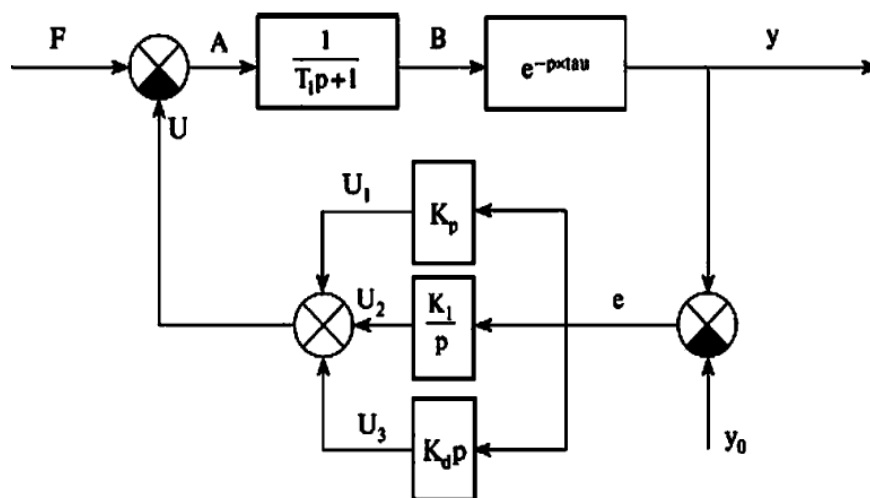
Bu dasturni bajarish natijasi 5.28-rasmda ko'rsatilgan. Simulink dasturida olingan natijalar bilan solishtirganda 5.27-rasmda ko'rsatilganidek o'tkinchi jarayon grafigini dasturda formatlash anchagina qulayroqdir.



5.28-rasm. Dastur bajarilganda hosil bo'lgan natija.

Analog raqamli mashinaar yordamida uzluksiz sistemalarda o'tkinchi jarayonni hisoblash.

Obekt inersion zveno va kechiqish zvenosidan iboratdir. Bu obektning rostdash sistemasi PID – rostlagichga egadir (5.29-rasm). Bu sistemaning o'tkinchi funksiyasini bitta g'alayonli ta'sir bergan holda hisoblab olish lozim.



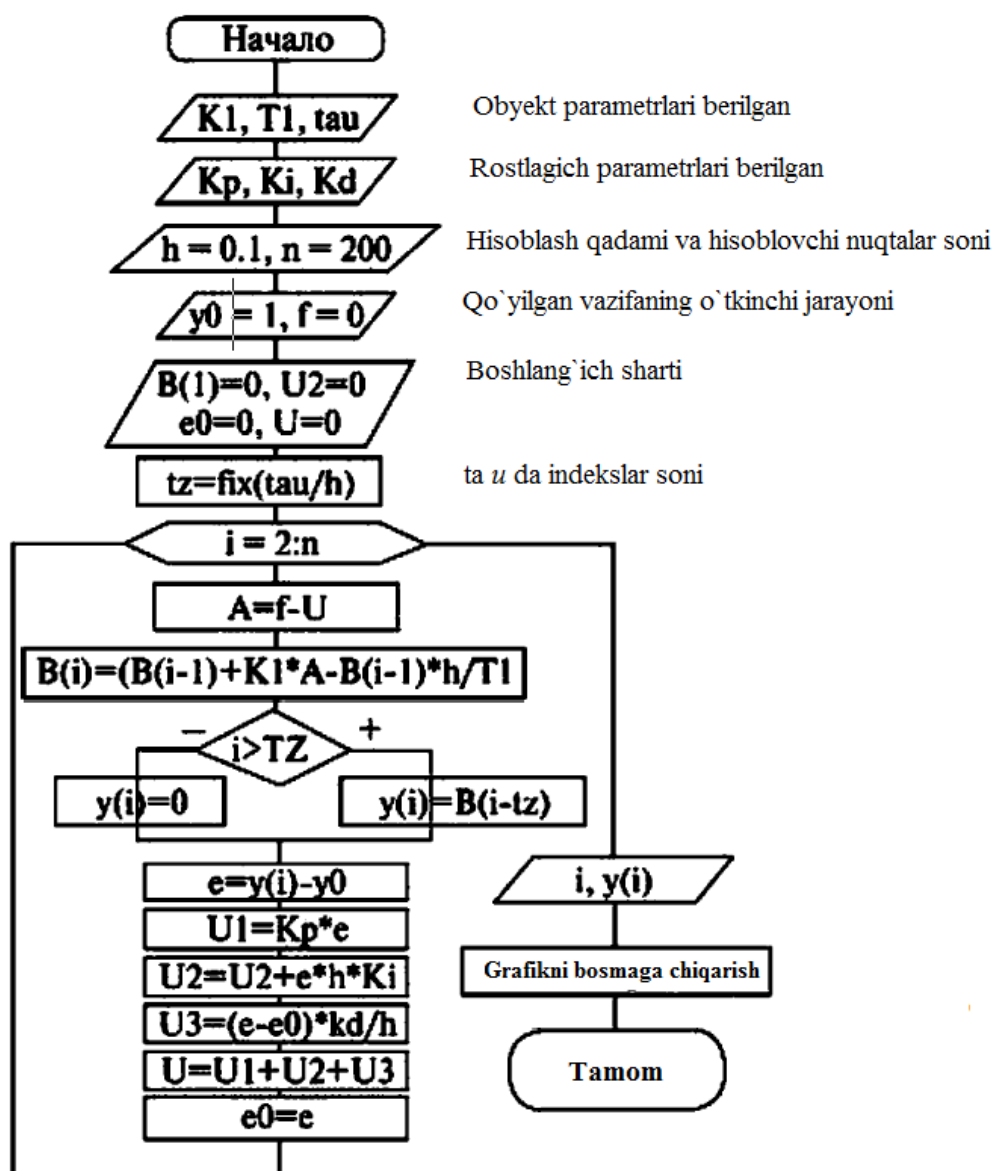
5.29-rasm. PID-rostdlagichi yordamida rostdash sistemasi.

Yagona blokning o'rniga kutubxonadan olinishi mumkin bo'lgan PID-rostdlagich modeli uchta parallel ulangan qismlardan tashkil topgan: proporsional, integral va differensial. Bunday jarayon hisoblash amali qulay bo'lishi uchun bajarilgan. Aniqroq tushunarli bo'lishi uchun o'tkinchi funksiyani hisoblanish blok

sxemasini qurib olamiz va keyin esa hisoblash dasturining o'zining blok sxemasini quramiz.

Hisoblash qadami (diskretlash intervali) h shunday tanlab olinadiki o'tkinchi jarayon grafigida kechiqishni ko'rish imkoni mavjud bo'lishi lozim. Shu bilan birga tanlangan qadam inersion zvenoning doimiy vaqtidan kam bo'lishi lozim. Hisoblash nuqtalarining soni o'tkinchi jarayon vaqtidan (modellashtirish vaqti) va hisoblash bosqichidan aniqlaniladi: $N = \text{fix}(t_{o,j}/h)$. 5.30-rasmda hisoblash algoritmi keltirilgan.

Bundan ko'rinib turibiki, inersion zveno chiqishidagi o'zgaruvchi V oraliq bo'lib hisoblanadi, shuning uchun ham u indeks bo'lmasligi ham mumkin.



5.30-rasm. O'tkinchi jarayonni hisoblash blok-sxemasi.

Biroq u kechiqish zvenosi yonida joylashgan bo‘lib, uni hisoblash uchun esa indeksli o‘zgaruvchilarga ega bo‘lish lozim.

O‘tkinchi jarayonni hisoblash dasituri

Clear

h=0.1; %hisoblash qadami (diskretlash vaqti)

n=500; %hisoblash nuqtalarining soni

%obekt parametri

t1=5;

k1=1;

tau=2.5;

%rostlagich parametri

kp=1;

ki=0.2;

kd=0.1;

y0=1;

f=0;

%boshlang‘ich sharti

y(1)=0;

u(1)=0;

b(1)=0;

u(1)=0;

b(1)=0;

tz=fix(tau/h); % kechiqish vaqtida qadamlar soni

u2=0;

e0=0; % rostlashning oldingi xatoligi

for t=2:n

a=f-u(t-1);

b(t)=b(t-1)+(k1*a-b(t-1))*h/t1;

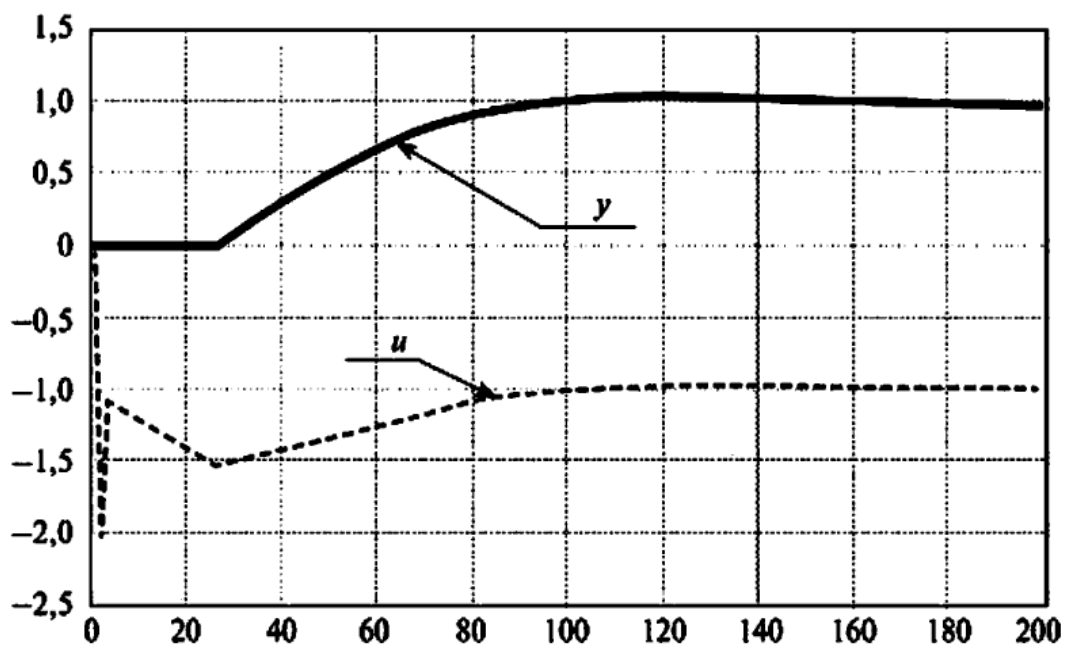
if t>tz

```

y(t0)=b(t-tz);
else
y(t)=y(t-1);
end
e=y(t)-y0;
u1=kp*e;
u2=u2+e*h*ki;
u3=(e-e0)*kd/h;
u(t)=u1+u2+u3;
e0=e;
end
plot(y, 'k'), grid on, hold on,
plot(u, '--k')

```

Dasturda oʻtkinchi jarayon grafigi qalin qora chiziq bilan, boshqariladigan taʼsirlar esa – qora shtrix chiziq bilan chop etilishi moʻljallangan. Dastur ishining natijasi 5.31-rasmda koʻrsatilgan.



5.31-rasm. Oʻtkinchi jarayon va boshqaruvchi taʼsirlar.

5.4. To‘qimachilik mashinalarining modellari

Lentali mashinaning modeli

To‘qimachilik korxonalarida lentali moshina tolani lentada tekislash va parallelashtirish uchun xizmat qiladi (5.32-rasm). Buning natijasi yigirish jarayonida yarim tayyor mahsulot bo‘lib hisoblanadi.

Asosiysi u har bir uchastkada bir hil og‘irlikka ya’ni bir chiziqli zichlikka ega bo‘lishi lozim.

Lentaning chiziqli zichligi teks da o‘lchanadi. Teks (lotincha – texo –mato) – chiziqli zichlik birligi (g/km), u tola va iplarning qalinligini o‘lchash uchun qo‘llaniladi. Teks bir kilometr ipning og‘irligini aniqlaydi. Shuningdek metrik sistemada ip raqamidan foydalanishadi (m/g) – bir gramm ipning uzunligi (ip raqami=1000 teks, yoki 1kiloteks).

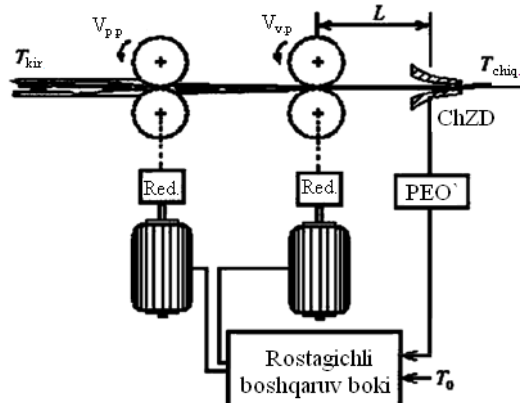


5.32-rasm. Lentali moshina.

Kirish qismida lentali sakkizta quti qo‘yiladi, va ular hammasi bitta bo‘lib birlashtiriladi va sakkiz marta cho‘ziladilar. Cho‘zilganidan so‘ng mashinada lentaning chiziqli zichligi (ba’zida uni tengsizlik deb ham atashadi) chiziqli zichlik datchigi bilan (CHZD) o‘lchanadi (5.33-rasm).

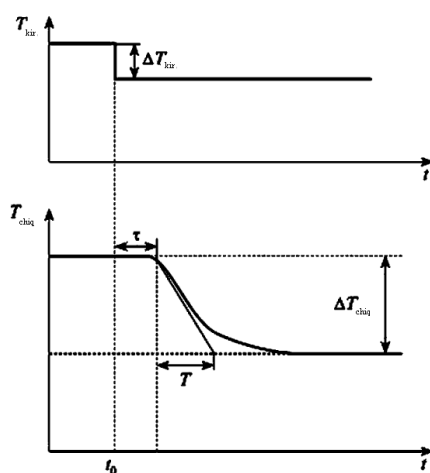
T_{kir} , T_{chiq} , T_0 – lentaning kirish, chiqishi va berilgan bir chiziqli zichligi; $V_{p,p}$, $V_{v,p}$ -ta’minlovchining bir chiziqli tezligi va chiquvchi bug‘i; ChzD – chiziqli zichlik datchigi; PEO – pnevmoelektrik o‘zgartirgich; Red. – reduktor

Agar, bu datchik pnevmatik turidan bo'lsa, u holda signal pnevmoelektrik o'zgartirgichga uzatiladi (PEO') va o'lchov natijalari rostlagichda o'rnatilgan qiymatlar bilan solishtiriladi. Bu rostlagich boshqaruv blokiga ventilli yuritma bilan kiritilgan bo'ladi. Lentali mashinaning tezligi 1100 m/min gacha yetadi.



5.33-rasm. Lentali mashinaning sxemasi

Lentani cho'zish jarayoni yetarlicha qiyin bo'lib hisoblanadi. Uning holatiga ko'plab g'alayonlar ta'sir etadi. Bular siqib turuvchi vallarning bosimi, atrof – muhitning temperaturasi, lentani yog'lanishi, tolaning sirpanishi va boshqalar. Cho'zish qurilmasining ko'plab nazariy modellari mavjuddir, lekin ko'p hollarda amaliyotda bu jarayonning uzatish funksiyasi va uning koeffitsiyentlar qiymati o'tkinchi funksiya orqali aniqlanadi. Cho'zish jarayonini parametrik identifikatsiyalash uchun tajriba o'tkaziladi. Rostlagich ta'sir etmasligi uchun u o'chirib qo'yiladi. Bosqichli ta'sir etuvchini shakllantirish uchun cho'zish qurilmasi kirishidagi lentalaridan, misol uchun sakkizta lentadan ikkitasi uziladi.

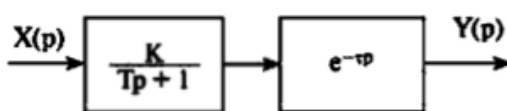


5.34-rasm. Lentali mashinada o'tkinchi jarayon.

Bu 5.34-rasmda ko'rsatilgan. Nazorat qurilmasiga chiziqli zichlik datchigidan ma'lumotlar yozib boriladi va keyin ularni qayta ishlashga o'tiladi. Bu amalni amalga oshirish uchun ko'plab usullar mavjuddir, lekin muhandislik amaliyotida eng oddiy usuli bo'lib urinma metodi hisoblanadi. Bu urinma egilish nuqtasiga olib kelinadi va 5.34-rasmda ko'rsatilganidek doimiy vaqt va kechiqish qiymatlari aniqlaniladi. Kechiqish kattaligi tajriba boshlanishidan t_0 dan boshlang'ich qiymatning chiqish kattaligi bilan urinma kesishish nuqtasigacha vaqt oralig'i deb aniqlaniladi.

$$\tau = \frac{L}{V_{vp}} \quad (5.58)$$

Vaqt doimiysi T urinma kesishmalar nuqtasi bilan boshlang'ich qiymatlar chizig'i va o'rnatilgan rejim o'rtasida vaqt intervali bo'lib aniqlanadi. Uzatish koeffitsiyenti chiqish kattaligining ΔT_{chiq} kirish kattaligi ΔT_{kir} : $K = \frac{\Delta T_{kir}}{\Delta T_{chiq}}$ ga o'zgarishi munosabatidan aniqlanadi. Bu holatda cho'zish qurilmasining uzatish funksiyasi inersion zveno bilan yoziladi va u kechiqish zveno bilan ketma-ketlikda ulangan, 5.35-rasm.

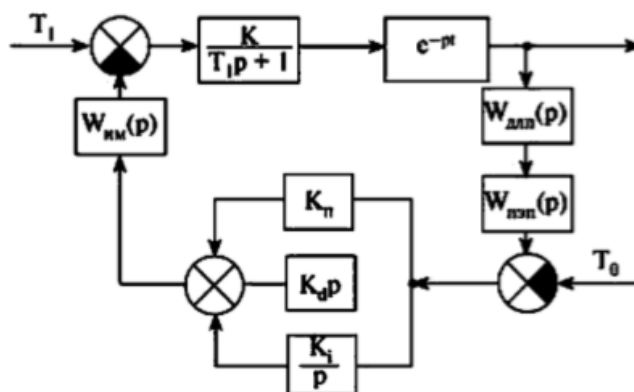


5.35-rasm. Cho'zish qurilmasining uzatish funksiyasi.

Soddalashtirish uchun chiziqli zichlik datchigi va pnevmoelektrik o'zgartirgichni proporsional zvenolar deb atashimiz mumkin. Lekin odatda ularni yetarlicha kam doimiy vaqti mavjud bo'lgan inersion zveno deb ham ko'rib chiqishimiz mumkin. Bu qurilmalarning konstruktiv xususiyatiga bog'liqdir.

Hozirgi kunda ishlab chiqarishda mikroprotsessor kabi ventilli yuritma boshqaruv bloki ham PID-rostlagichga egadir. Ijrochi mexanizm sifatida ishlatiladigan ventilli yuritmani birinchi tartibli zvenoning uzatish funksiyasi bilan

tavsiflash mumkin. Natijada lentali moshinada chiziqli zichlikni rostlash strukturaviy sxemasini olishimiz mumkin, 5.36-rasmda ushbu holat keltirilgan.



5.36-rasm. Lentaning chiziqli zichligi rostlanishining strukturaviy sxemasi.

5.36-rasmda ko‘rinib turibdiki, cho‘zish qurilmasiga kelib tushadigan paxta miqdori o‘sha vaqtda undan chiqadigan paxta miqdoriga tengdir. Tenglamani yozib olamiz:

$$T_{kir} \cdot V_{pp} = T_{chiq} \cdot V_{vp} \quad (5.59)$$

Cho‘zish jarayonini o‘zgartirish uchun cho‘zish jufti qo‘llanilsa, u holda cho‘zish juftining tezligi o‘zgartiriladi. Bunday o‘zgartirish qonuni quyidagicha yoziladi:

$$V_{vp} = \frac{T_{kir} \cdot V_{pp}}{T_{chiq}} \quad (5.60)$$

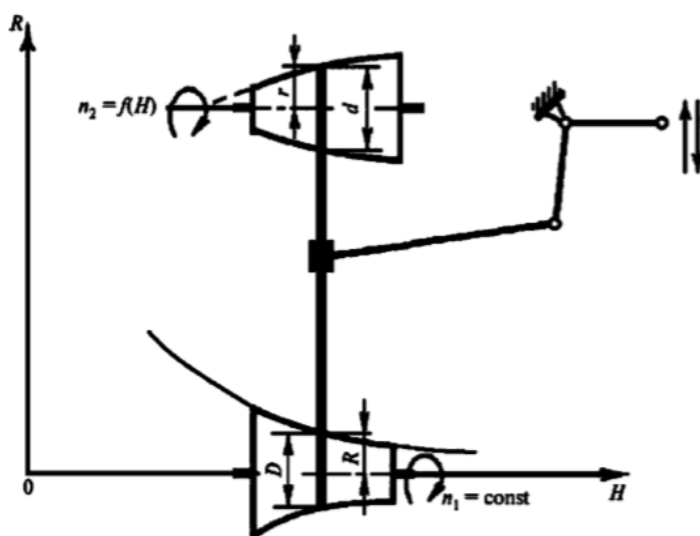
Bunday holatda maxrajdagi T_{chiq} . Qiymati doimiy bo‘lib hisoblanadi, chunki biz shunga intilmoqdamiz. Asosiy ta’sir etuvchi T_{kir} , esa suratda bo‘ladi. Ushbu boshqaruv qonuni chiziqli bo‘lib, qullash uchun qulaydir. Biroq, bu vaziyatda cho‘zuvchi juftliklar bilan birgalikda sinxron ravishda lenta tahlagichni ham aylantirish lozim. Bu qo‘shimcha inersiya momentini qo‘shadi va bu jarayon rostlagichning samarali ko‘rsatkichlarini tezligini tushiradi.

Cho‘zish qurilmasining ta’minlovchi juftining tezligi o‘zgartirilganda, uni rostlash qonuni quyidagichadir: $V_{vp} = \frac{T_{kir} \cdot V_{pp}}{T_{chiq}}$.

Bunday holatda asosiy ta'sir etuvchi maxrajda T_{kir} va tezlikni o'zgartirish qonuni giperbolik bo'ladi, ya'ni chiziqli. Avvalari bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun, aynan giperbola linearizatsiyasi uchun konoidli barabanchiklar qo'llanilgan va ularning yuzasi maxsus shaklga ega bo'lgan (5.37-rasm). Bunday jarayon tasmali uzatish bo'lib, unda yuqori barabanchikning aylanish chastotasi n_2 tasma holati N ga bog'liqdir.

5.37-rasmda ko'rinib turibdiki, pastki barabanchik radiusi osi o'qi bo'ylab giperbolik qonuni bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun yuqori barabanchik tezligi tasma siljishiga bog'liq holda chiziqli o'zgarib boradi va unga chiziqli zichlik datchigi ta'sir etadi.

5.38-rasmda bitta chiqishga ega yuqori tezlikli lentali moshina LA-54-500V rusumida lentaning chiziqli zichligini rostlash funksional sxemasi ko'rsatilgan. Rostlagich rostlashning yopiq sistemasiga egadir.



5.37-rasm. Kanoidli barabanchik.

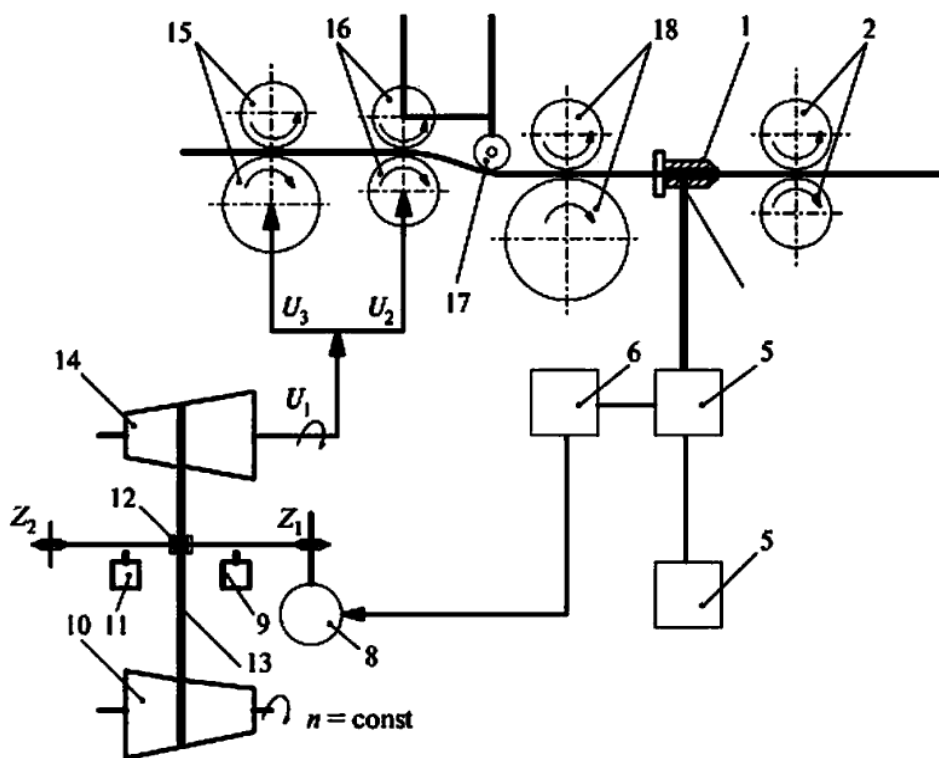
Cho'zish qurilmasidan chiquvchi maxsulotning chiziqli zichligini o'lchash uchun aktiv pnevmatik datchik 1 o'rnatilgan. U cho'zish qurilmasidan chiquvchilarni zichlash uchun va lentani shakllantirish uchun mo'ljallangan voronkaga egadir. Lenta zichlantiruvchi bir juft voronka-datchik orqali tortiladi 2. Datchikdan o'tayotganda, o'lchanayotgan mahsulot datchikning chiqish kanali 3 da havo bosimini o'zgarishini keltirib chiqaradi. Bunday jarayon o'lchanayotgan

mahsulotni chiziqli zichligiga va uning harakat tezligiga bog'liqdir. Datchikning chiqishidagi bosimi, Pa:

$$P = kvT^n, \quad (5.61)$$

bu yerda k – datchik geometriyasidan aniqlanadigan doimiy koeffitsiyent; v – datchikdan o'tuvchi mahsulotning harakatlanish tezligi; T – o'lchanayotgan mahsulotning chiziqli zichligi; n – o'lchanayotgan material turiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.

Datchikdan kerakli chiqish signalini olish uchun, mahsulotning harakatlanish tezligi 120 m/min dan yuqori bo'lishi lozim. LA-54-500V moshinada lentaning tezligi 500 m/min gacha bo'lishi mumkin. Mahsulotning chiziqli zichligi o'zgartirilsa pnevmoelektrik o'zgartirgichga 4 keladigan havo bosimi o'zgaradi va bu jarayonda bosimning tebranishi elektrik signalga aylantiriladi.



5.38-rasm. Tasmaning chiziqli zichligini rostdlash sxemasi.

O'zgartirgichning ikkinchi kirishi signal chiqaruvchi 5 bilan ulangan. Cho'zish uskunasi chiquvchi lentaning chiziqli zichlig tebranishini berilgan chiziqli zichlik bilan solishtiriladi va o'zgartirgich chiqishida elektr signali

shakllanadi. Bu signal 6 elektr blok yordamida kuchaytiriladi va u reversiv servodvigatel 8 ga keladi. Servodvigatel valining aylanish yoʻnalishi va burilish burchagi oʻzgartigich 4 ning taqqoslash blokidan uzatiladigan elektr signal belgisi va qiymatiga toʻgʻri keladi. LA-54-500V lentali mashinaga aylanib turib nazorat qiluvchi valikli 17 ikki zonali choʻzuvchi qurilma oʻrnatilgan. Rostlanuvchi holat boʻlib, yakunlovchi 18 va oraliqdagi juftlik 16 orasidagi ikkinchi choʻzuvchi holat hisoblanadi. Choʻzishni oʻzgartirish amali taʼminotchi 15 va oraliqdagi juftlik 16 ning tezliklarini oʻzgartirish orqali bajariladi. Tezlik variatori sifatida konussimon barabanchalar 10 va 14 ishlatiladi. Ular oʻzaro tasma 13 bilan birlashtirilgan.

Konussimon barabancha 10 yetakchi boʻlib hisoblanadi va u doimiy chastota bilan aylanadi. Barabanchalar boʻylab tasmaning 13 holati oʻzgartirilishi mashinalarning siljima qismi 12 bilan amalga oshiriladi. Bu qism servodvigatel valiga oʻrnatilgan Z_1 yulduzcha bilan yuritiladigan uzatish zanjiri 7 bilan ulangan. Tasma 13 konussimon barabanchalar boʻylab holati oʻzgarganida tortish uskunasi birinchi va oraliqdagi juftlik, shuningdek mashina stolchasining valiklarining ham tezliklari oʻzgaradi. Taʼminot juftligi silindirining aylanish chastotasini rostlash chegarasi $\pm 25\%$, rostlash aniqligi esa $\pm 3\%$ dir. Barabanchalar boʻylab tasmaning harakatlanishi ikki tomonlama oʻrnatilgan oʻchirish uskunasi 9, 11 bilan chegaralanadi. Lenta chiqishi muvozanat tezlikga yetganda rostlagich avtomatik tarzda ishga tushadi.

Rostlash sistemasining bunday matematik modeli 5.36-rasmda keltirilgan modelga deyarli mos keladi. PI-rostlagichi qoʻllanilishi ularni farqlab turadi.

Tarash mashinasining modeli

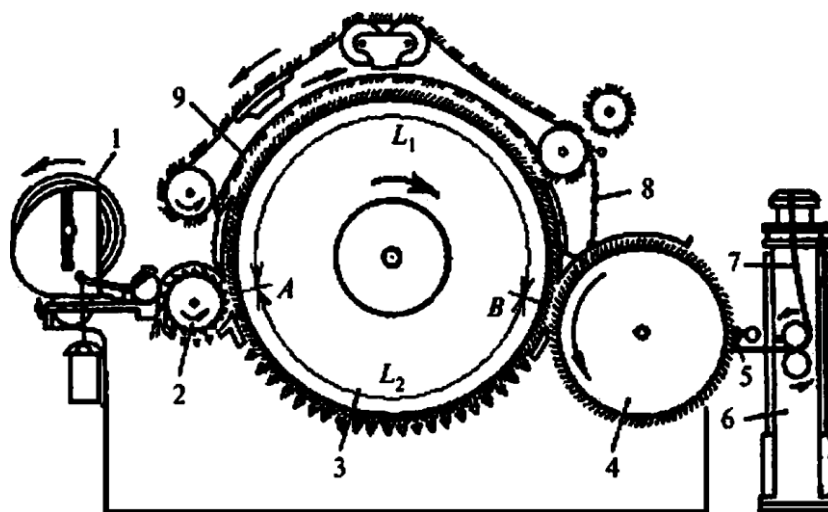
Tarash moshinalari yengil sanoat ishlab chiqarishda tolali ashyolarni tarash uchun xizmat qiladi. 5.39-rasmda Shveysariyadagi “Riter” tashkilotga tegishli boʻlgan qalpoqchali tarash mashinasining bir qator namunalari koʻrsatilgan. Toʻqimachilikda bu mashinalar asosiylaridan boʻlib hisoblanadi. Kardo tarash moshinalarda chalkashib ketgan tolalarni ajratish, mayda va yopishqoq aralashmalarni tarash jarayonlari tola mashinaning ishchi organi orasidan

o'tkazilganda amalga oshiriladi, bu jarayonni amalga oshiradigan ishchi organlar ignali yoki arrali lenta bilan qoplangan.



5.39-rasm. Qopqoqli tarash moshinasi.

Qopqoqli tarash mashinasiga paxta bir tekis qalinlikdagi qatlam – dag'al mato ko'rinishida kelib tushadi (5.40-rasm).



5.40-rasm. Qopqoqli tarash moshinasining sxemasi.

Qopqoqlar o'zida ignali lentaning tor plastinkalarini aks ettiradi, va ular asosiy baraban ustida joylashgan bo'lib, uning yuzasining deyarli yarmini egallagan. Dag'al mato tolalarini tarash uchun va iflosliklardan tozalash uchun ta'minotchi stolik bo'ylab tishlar bilan qoplangan barabanga uzatiladi. Shundan so'ng tola arrali yoki ignali lenta bilan qoplangan asosiy barabanga kelib tushadi.

Asosiy baraban va qopqoqchalar o'rtasida tarashning asosiy jarayoni sodir bo'ladi; shuning bilan birga kalta tolalar va mayda iflosliklar qopqoqchalarda qoladi. Taralgan tolalar asosiy barabandan yechib olinadigan joyga uzatiladi va u yerdan ingichka tola ko'rinishida yechib olishga mo'ljallangan moslama yordamida yechib olinadilar.

5.40-rasmda paxtaning qabul qiluvchi barabandan asosiy A ga va asosiy barabandan yechib olinadigan V larga o'tish nuqtalari ko'rsatilgan. Bu nuqtalar orasida asosiy tarash baraban yoyining yuqoridagi L_1 va pastki L_2 uzunliklari ko'rsatilgan. Qalpoqchalarni harakatini hisobga olmagan holda, A nuqtadan V nuqtagacha paxtaning harakatalanishi o'zida toza transport kechiqishni aks ettiradi.

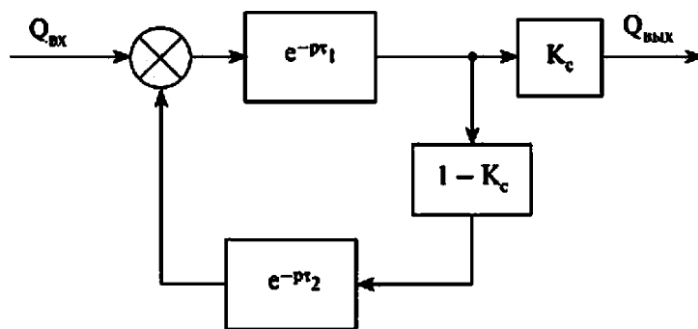
Bu kechiqishning τ_1 qiymati quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$\tau_1 = \frac{L_1}{V}. \quad (5.62)$$

V nuqtadan A nuqtagacha pastki yoy bo'ylab paxta harakatlanganida τ_2 kechiqish vaqtini ham shu usul yordamida aniqlash mumkin:

$$\tau_2 = \frac{L_2}{V}. \quad (5.63)$$

V o'tish nuqtasida asosiy barabandan yechib olinadigan barabanga tolaning kam qismi kelib tushadi, katta qismi esa yana taralish uchun qaytib ketadi. Yechib olinadigan barabanga tushgan tola qiymati yechilish koeffitsiyenti K_s bilan aniqlanadi. Odatda $K_s=0,1$. Natijada qalpoqchalar harakatini hisobga olmagan holda tarash moshinasining strukturaviy sxemasini hosil qilamiz va bu sxema 5.41-rasmda ko'rsatilgan.



5.41-rasm. Tarash mashinasining strukturaviy sxemasi.

V-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO'ZLAR VA IBORALAR

Hisoblash mashinalarda modellashtirish, analogli hisoblagichlar, differensial tenglamalar, integratorlar, summator sxemasi, integrosummator, matlab tizimida analogli modellashtirish, bevosita dasturlash, parallel dasturlash, ketma-ketlikda dasturlash, Laplas operatori, bevosita analogli modellashtirish, Laplas teskari bog'lanishi, o'tkinchi jarayon, uzatish funksiyasining qutblari va nollari, modellashtirish natijasi, simulink dasturida hisoblash sxemasi, fazoviy koordinatalar, algoritmlarni rekurrent modellashtiruvchilarini sintezlash metodlari, algoritm recurrent, proporsional zveno, rekurrent formula, inetgrallovchi zveno, chiqish qiymatnii diskretlash vaqti, o'tkinchi jarayonni hisoblash, inersion yoki aperiodik zveno, differensiallovchi zveno, kechikish zvenosi, tebranuvchi zveno, tebranuvchi zvenoning differensiallovchi tenglamasi, o'tish funksiyasini hisoblash dasturi, o'tkinchi jarayonni hisoblash blok-sxemasi, to'qimachilik mashinalarining modellari, chiziqli zichlik datchigi, pnevmoelektrik o'zgartirgich, lentali moshinada o'tkinchi jarayon, cho'zish qurilmasi, cho'zish qurilmasining uzatish funksiyasi, kanoidli barabanchik, tasmaning chiziqli zichligini rostlash sxemasi, tarash mashinasining modeli.

V-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

1. Matlab sistemasida Analogli modellashtirishni tushuntirib bering.
2. Analogli hisoblagichlar nima?
3. Integratorlar, integrosummatorni tushuntirib bering.
4. Matlab tizimida analogli modellashtirish qanday?
5. Bevosita dasturlashni eslang.
6. Laplas operatori nima?
7. Laplas teskari bog'lanishi gapirib bering.
8. Uzatish funksiyasining qutblari bilasizmi?
9. Proporsional zveno tushuntirib bering.

10. Rekurrent formula nima?
11. Inetgrallovchi zveno yozib bering.
12. Hisoblash mashinalarda modellashtirish
13. O'tkinchi jarayonni hisoblash deganda nimani tushunasiz?
14. Inersion yoki aperiodik zveno gairib bering.
15. Tebranuvchi zvenoning differensiallovchi tenglamasi yozing.
16. O'tish funksiyasini hisoblash dasturi yozib bering
17. O'tkinchi jarayonni hisoblash blok-sxemasi tushuntiring.
18. To'qimachilik mashinalarining modellari nima?
19. Algoritmnlarni rekurrent modellashtiruvchilarini sintezlash metodlari
20. Chiziqli zichlik datchigi nima?
21. Pnevmoelektrik o'zgartirgich nima?
22. Cho'zish qurilmasining uzatish funksiyasi yozing.
23. To'qimachilik mashinalarining modellari
24. Kanoidli barabanchik qanday qurima?
25. Tasmaning chiziqli zichligini rostlash sxemasi tushuntiring.
26. Tarash mashinasining modeli tushuntiring.

VI-BOB. MODELLASHTIRISH USULLARI

6.1. Modellashtirishda integrallash usullari

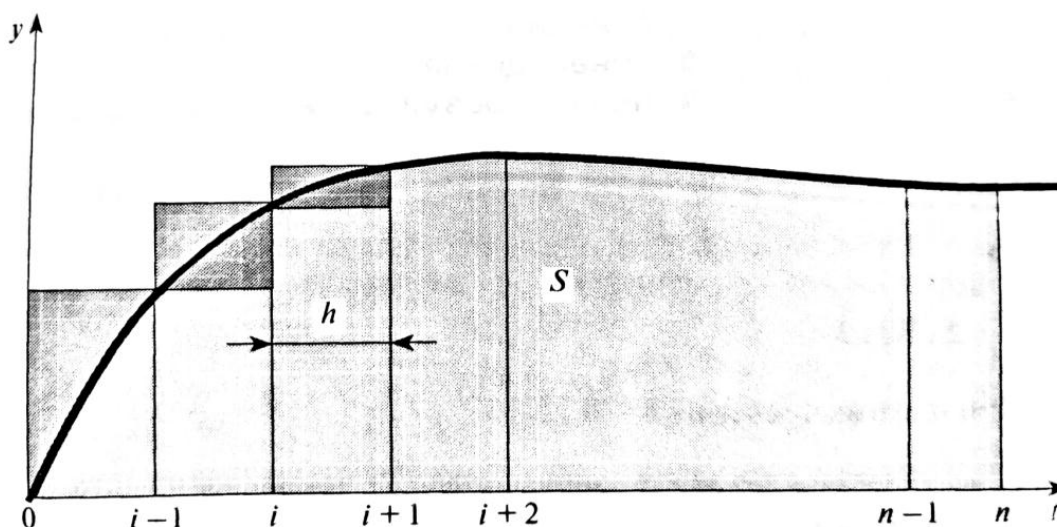
Modellashtirishda odatda sonli integrallash ko'p qo'llaniladi. Integrallashning turli hil usullarini tanlash imkoniyati MatLab yordamida amalga oshirish mumkin. Bu hisoblashlarning tezligi va aniqligiga bog'liqdir. Turli xil metodlarning mohiyatini ko'rib chiqamiz.

Eylor metodi.

$y=f(t)$ funksiyasini 0 dan n gacha integrallash lozim. To'g'ri turtburchak metodini yoki Eylor metodini qo'llaymiz (6.1-rasm). Diskretlash intervali, yoki hisoblash qadami h ga teng. Har bir to'g'rito'rtburchak yuzasi $S(i)=h*y(i)$. Berilgan funktsiyaning umumiy yuzasini topish uchun to'g'ri to'rtburchaklar ning barcha yuzalarini qo'shish lozim.

To'g'rito'rtburchaklarning yuzalari yig'indisini olish ikki usulda amalga oshirish mumkin:

$$S = \int_0^n y(t)dt = \begin{cases} h \sum_{i=0}^{i=n-1} y(i) \\ h \sum_{i=1}^{i=n} y(i) \end{cases} \begin{matrix} 1-usul \\ 2-usul \end{matrix}. \quad (6.1)$$



6.1-rasm. Eylor metodi.

Birinchi usul bilan qo‘shish natijasida yuza tanqisligi kelib chiqadi. Qorayib ketgan pastki uchburchaklar tushib qoladi. Bu metod Eylorning to‘g‘ridan-to‘g‘ri metodi deb nomlanadi.

Hisoblash natijasida ikkinchi usul yuzani ortig‘i bilan beradi. Kul rang uchburchaklar – berilgan funksiyaning ustki egrilig. Bu metod Eylorning teskari metodi deb nomlanadi.

Hisoblash xatoligini kamaytirish uchun h qadamini kamaytirish kerak.

Siklda to‘g‘rito‘rtburchaklar yuzalarining yig‘indilarini MatLab dasturida topish mumkin. Buning uchun rekurrent formulani qo‘llaymiz.

$$S=S+y(i) \cdot h. \quad (6.2)$$

0 dan π intervalida sinusoidal ostida yuzani hisoblaymiz. Ma’lumki u 2 ga teng. birinchi hisoblash qadamini $h=0.1$ deb keyin esa $h=0.01$ deb olamiz.

0 dan π intervalida Eylarning to‘g‘ridan-to‘g‘ri metodi bilan $\sin(t)$ burchak ostida yuzasini hisoblash dasturi.

```
h=0.01; % hisoblash qadami
t=0; % integrallashning boshlang‘ich nuqtasi
tn=pi;% integrallashning oxirgi nuqtasi
n=fix(tn/h); % integrallash intervalidanuqtalarning butun soni
s=0; % summaning boshlang‘ich qiymati
for i=1:n-1 % siklning boshlanishi
s=s+h*sin(t) % to‘g‘rito‘rburchak yuzalarini qo‘shish
t=t+h; % funksiya argumentining amaldagi qiymati
end % siklning yakunlanishi
s % natijani chop etish
h=0,1hisoblash qadamida
>>
s=
1.9813
h=0,01 hisoblash qadamida
s=
```

1.9999

>>

0 dan pi intervalida Eylerning teskari metodi bilan sin(t) burchak ostida yuzasini hisoblash dasturi.

h=0.1; % hisoblash qadami

t=h; % integrallashning boshlang'ich nuqtasi

tn=pi; % integrallashning oxirgi nuqtasi

n=fix(tn/h); % integrallash intervalidanuqtalarning butun soni

s=0; % summaning boshlang'ich qiymati

for i=1:n % siklning boshlanishi

s=s+h*sin(t) % to'g'rito'r burchak yuzalarini qo'shish

t=t+h; % funksiya argumentining amaldagi qiymati

end % siklning yakunlanishi

s % natijani chop etish

h=0,1hisoblash qadamida

>>

s=

1.9995

h=0,01 hisoblash qadamida

s=

2.000

>>

Qadamlar soni kamaytirilganda integralni hisoblash aniqligi oshib boradi. Biroq, hisoblashlar amali ham ortib boradi, shuning uchun qandaydir vaqtdan boshlab hisoblashdagi hatolik ham ortib borib va hatolik qiymati oshib ketadi.

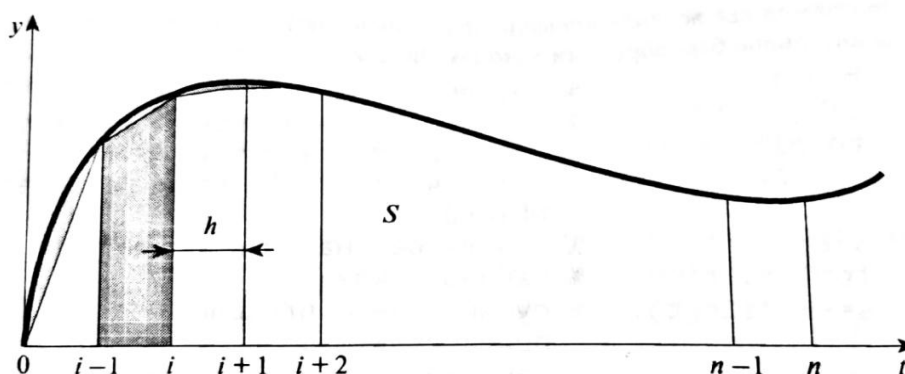
Trapetsiyalar metodi.

6.2-rasmda i -intervalida trapetsiya yuzini hisoblash amali keltirilgan.

$$S(i) = \left(\frac{y(i) + y(i+1)}{2} \right) \cdot h. \quad (6.3)$$

To‘plam metodi yordamida yuzaning barcha qiymatini topish mumkin:

$$S = S + (y(i) + y(i+1)) \cdot \frac{h}{2}. \quad (6.4)$$



6.2-rasm. Trapetsiya metodi.

Trapetsiya formulasi Eylor formulasiga nisbatan aniqroqdir, biroq xatolikga ega. Bu hatolik funksiyaning yon qiymatlarini birlashtiruvchi eguvchi funksiya va to‘g‘ri chiziq orasidagi yuza bo‘lib hisoblanadi.

0 dan π intervalida trapetsiya metodi bilan $h=0,1$ va keyin h =qadamida sinusoida ostida o‘sha maydonni hisoblab olamiz. $0 \leq t \leq \pi$ intervalida egri chiziq $\sin(t)$ burchak ostida yuzani hisoblash dasturi quyidagichadir:

```
h=0.01; %hisoblash qadami
```

```
t=0; %integrallashning boshlanish nuqtasi
```

```
tn=pi; %integrallashning oxirgi nuqtasi
```

```
n=fix(tn/h); %integrallashning intervalida nuqtalarining butun soni
```

```
s=0; %yig‘indining boshlang‘ich qiymati
```

```
for i=1:n-1 %siklning boshlanishi
```

```
s=s+h/2*(sin(t)+sin(t+h)); %to‘g‘rito‘rtburchak yuzalarini jamlamoq.
```

```
t=t+h; %funksiya argumentining amaldagi qiymati
```

```
end %siklning tugatilishi
```

```
s %natijani chop etish
```

```
h=0,1qadamda hisoblaganda
```

```
>>
```

```
s=
```

1.9883

>>

$h=0,01$ qadamda hisoblaganda

>>

s=

1.9999

>>

Ko'rilgan ikki usul orasidagi farqlarini faqat verguldan keyingi sonda ko'rishimiz mumkin.

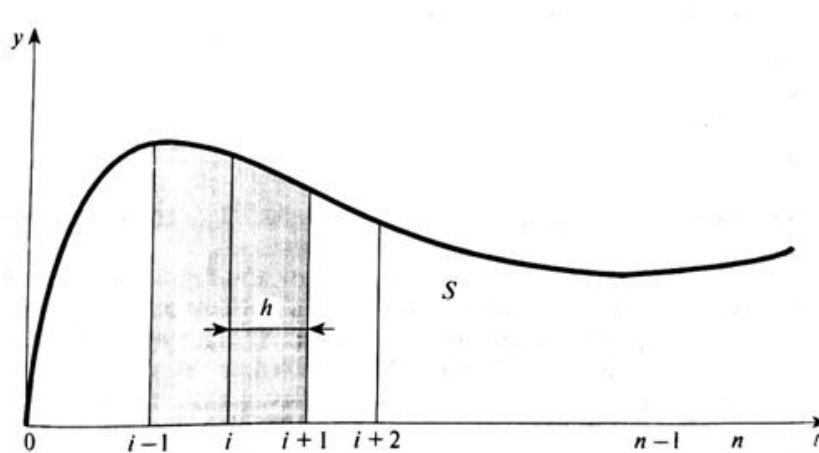
Simpson metodi (parabola metodi)

Bu formulada funksiyaning uchta ordinatalari qo'llaniladi. Shuning uchun ikkita yonma-yon joylashgan yuzalar baravariga hisoblanadi (6.3-rasm). Formulaning o'rtadasidagi ordinata 4 ga ko'paytiriladi va shuning uchun funktsiyani birlashtiruvchi uchta koordinatalar o'zida parabolani aks ettiradi. Shuning uchun integralni hisoblashdagi xatolik oldingi ikkita metodga nisbatan kam bo'ladi.

Simpsonning rekkurent formulasi to'plam metodi uchun quyidagicha bo'ladi:

$$S = S + (y(i-1) + 4y(i) + y(i+1)) \cdot \frac{h}{3}. \quad (6.5)$$

Berilgan funksiyaning yuzasini hisoblash uchun ushbu formulani qo'llaymiz.



6.3-rasm. Simpson metodi (parabola metodi)

0 dan π intervalida Simpson metodi bilan $\sin(t)$ burchak ostida yuzasini hisoblash dasturi.

```
h=0.01; %hisoblash qadami
t=0; %integrallashning boshlanish nuqtasi
tn=pi; %integrallashning oxirgi nuqtasi
n=fix(tn/h); %integrallashning intervalida nuqtalarning butun soni
for i=1:n %siklning boshlanishi
y(i)=sin(t); %funksiya qiymatlarini hisoblash
t=t+h; %funksiya argumentining amaldagi qiymati
end %siklning tugatilishi
s=0; %yig'indining boshlang'ich qiymati
for i=2:n %siklning boshlanishi
s=s+(y(i-1)+4*y(i)+y(i+1))*h/3; %yuzalarini jamlamoq.
End %siklning tugatilishi
s %natijani chop etish
h=0,1 qadamda hisoblaganda
>>
s=
1.9900
>>
h=0,01qadamda hisoblaganda
>>
s=
2.0000
>>
```

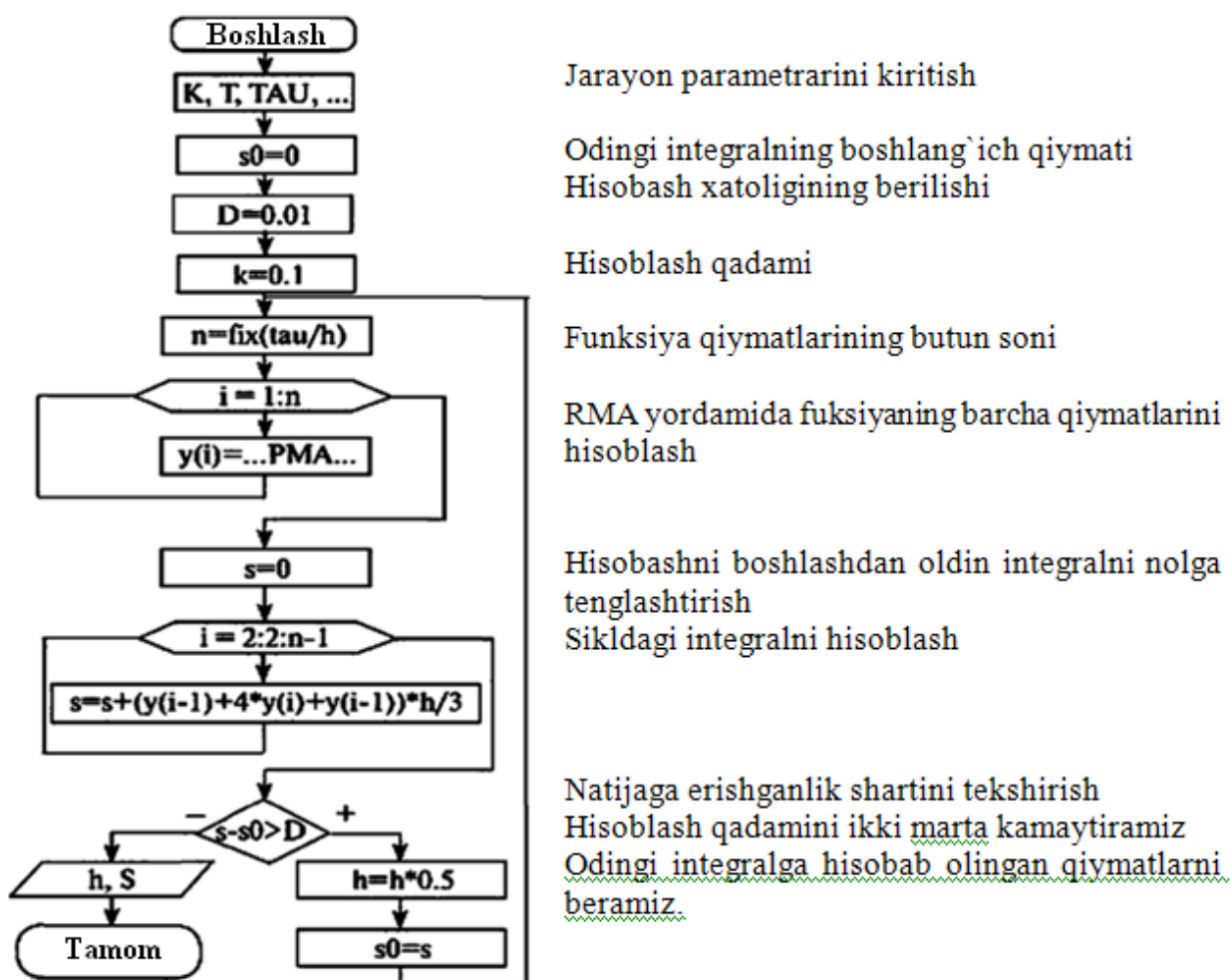
Hisob-kitob natijalaridan ko'rinib turibdiki, shartlarning bir xil berilishida Simpson metodi nisbatan aniq natijalarni ko'rsatadi.

Approksimatsiyalanadigan funksiyaga parabolaning yaqinlashishini mukammallashtirish uchun shu funksiyaning uchta emas, balki beshta ordinatalaridan foydalansak bo'ladi. Bunday metodni 1900 yillarida nemis olimlari

Karl Runge va Martin Vilgelm Kutta ishlab chiqqanlar va bu metod ularning nomi bilan, ya'ni Runge-Kutti metodlari deb nomlanadi. Berilgan barcha metodlar Matlab dasturida amalga oshirilgan. Masalan Simulink dasturida Runge-Kutta metodi qo'llaniladi va qisqartirilib Ode-45 deb ataladi.

Hisoblash xatoligi oldindan berilgan holatda integralni hisoblash

Bu metod hisoblash qadamlari bilan farqlanib turadigan oldindan hisoblab olingan qiymatlarni solishtirish uchun mo'ljallangan metoddir. Agar ular o'rtasidagi farq berilgan hatolikdan kam bo'lsa, u holda integralni hisoblash berilgan aniqlik darajasiga yetadi; agar ular o'rtasidagi farq berilgan hatolikdan oshib ketsa, u holda hisoblash qadamlari kamayib boradi va integralning yangi qiymatlari hisoblanadi va keyingi taqqoslash amallari bajariladi. Hisoblash algoritmi blok-sxemasi 6.4-rasmda ko'rsatilgan. Metod yuqorida ko'rilgan integralni hisoblash usullari uchun qo'llanilishi mumkin.



6.4-rasm. Oldindan berilgan hatolik bilan integralni hisoblash blok-sxemasi

6.2. Stoxastik modellar.

Diskret-stoxastik modellar (p-sxemalar).

Tadqiq qilinayotgan S tizimlar faoliyati jarayonini shakllantirishga diskret – stoxastik yondoshishdagi matematik sxemalarning qurilish xususiyatlarini ko`rib chiqamiz. Ushbu yondoshishda vaqt bo`yicha diskretlashtrish mohiyatidan kelib chiqib o`xshash cheklangan avtomat qoldirilsa, unda stoxastiklikning ta`sirini bunday avtomatlarning turli ko`rinishliligida, aynan ehtimolli (stoxastik) avtomatlarda kuzatamiz.

Ehtimolli avtomat (inglizcha probabilistic automat) ni umumiy ko`rinishda har bir taktdagi faoliyati undagi xotiraning holatiga bo`liq bo`lgan va statistik tavsiflanishi mumkin bo`lgan diskret takt bo`yicha ishlovchi xotirali axborot o`zgartkichlari sifatida aniqlash mumkin.

Ehtimolli avtomatlarning sxemalari (P-sxemalar) ni qo`llanilishi diskret tizimlarni loyihalash usullarini ishlab chiqish, bunday tizimlarning algoritmik imkoniyatlarini tushuntirish va ularni qo`llashning maqsadga muvofiq chegaralarini asoslashda, shuningdek diskret stoxastik tizimlarni tanlan mezonlar bo`yicha qanoatlantiruvchi berilgan chegara bilan sintez qilish masalalarini echish uchun juda muhim ahamiyatga ega.

F -avtomat uchun kiritilgan tushunchadan foydalanib, R - avtomatning matematik tushunchasini kiritamiz. Elementlari (x_i, z_s) barcha bo`lishi mumkin bo`lgan juftliklar hisoblanuvchi G to`plamni ko`rib chiqamiz, bu erda x_i va z_s – mos ravishda kirish nimto`plami  $X$  va holat nimto`plami Z ning elementlari. Agar ikkita f va $1r$ funksiyalar mavjud bo`lib, ular yordamida $G \rightarrow Z$ va $G \rightarrow Y$ akslanishlar amalga oshirilsa, unda $F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$ ifoda determinanlangan tipdagi avtomatni aniqlaydi.

Ko`rib chiqishga yanada umumiyroq matematik sxemani kiritamiz.  $F = (z_k, y_j)$  ko`rinishdagi barcha bo`lishi mumkin bo`lgan juftliklar to`plami bo`lsin, bu erda u_j – U chiqish nimto`plamining elementi.  $G$  to`plamning ixtiyoriy elementi F

to'plamga quyidagi ko'rinishdagi taqsimlanish qonuni bo'yicha mos kelishini talab qilamiz:

F dagi elementlar $\dots (z_1, y_1) (z_1, y_2) \dots (z_k, y_{j-1}) (z_k, y_j)$

$$(x_i, z_s) \dots b_{11} \dots b_{12} \dots b_{k(j-1)} b_{kj}$$

Bunda $\sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^j b_{kj} = 1$ bo'lib, bu erda b_{kj} – agar avtomat z_s holatda bo'lib

kirishga x_i signal berilgan bo'lsa, avtomatning z_k holatga o'tishi va chiqishda y_j signalni olinishining ehtimolligi. Jadval ko'rinishida keltirilgan bunday taqsimlanishlarning soni G to'plam elementlarining soniga teng. Bu jadvaldagi to'plamlar sonini V bilan belgilaymiz. Unda $R = \langle Z, X, Y, V \rangle$ elementlar to'rtligi ehtimolli avtomat (P -avtomat) deb ataladi.

G to'plamning elementlari Y va Z nimto'plamlarga bir qancha taqsimlanish qonunlari bo'yicha mos kelishi quyidagi ko'rinishda bo'lsin:

Y dan olingan elementlar $\dots y_1 y_2 y_{j-1} y_j$

$$(x_i, z_s) q_1 q_2 q_{j-1} q_j$$

Z dan olingan elementlar $\dots z_1 z_2 z_{k-1} z_k$

$$(x_i, z_s) z_1 z_2 z_{k-1} z_k$$

Bunda va $\sum_{k=1}^k z_k = 1$ va $\sum_{k=1}^j q_k = 1$ bo'lib, bu erda z_k va q_k - P -avtomat z_s holatda

va uning kirishiga x_i kirish signali berilgan shardan kelib chiqib, avtomatning z_k holatga o'tishi va chiqishda u_k signal olinishining ehtimolligi.

Agar barcha k va j uchun $q_k z_j = b_{kj}$ munosabat o'rinli bo'lsa, unda bunday P -avtomat milining ehtimolli avtomati deyiladi. Bu talab P -avtomatning yangi holati va uning chiqish signalining taqsimlanishini mustaqilligi sharti bajarilishini bildiradi.

Endi avtomat chiqish signalining belgilanishi avtomatning berilgan ish taktidagi holatga bog'liq bo'lsin. Boshqacha so'z bilan aytganda Y chiqish – nimto'plamining elementlari quyidagi ko'rinishda taqsimlangan bo'lsin:

Y ning elementlari $\dots y_1 y_2 \dots y_{k-1} y_k$

$$Z_k \dots s_1 s_2 \dots s_{I-1} s_I$$

Bu erda $\sum_{i=1}^I s_i = 1$ bo'lib, s_i — R -avtomat z_k holatga o'tganligini ko'rsatuvchi

shartga ko'ra chiqishda u_i signalini olinish ehtimolligi.

Agar barcha k va i lar uchun $z_k s_i = b_{ki}$ munosabat o'rinli bo'lsa, unda bunday R -avtomat ehtimolli Mur avtomati deyiladi. Mili va Murning R -avtomatlari tushunchalari $F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$ bilan beriluvchi determinanlangan F -avtomatiga o'xshash tarzda kiritilgan. R -avtomatning xususiy xoli hisoblanuvchi $R = (Z, X, Y, B)$ bilan beriladigan avtomatlar y_0 holati yangi holatga o'tuvchi yo chiqish signali determinanlangan ko'rinishda aniqlanuvchi avtomatlar hisoblanadi. Agar P -avtomatning chiqish signali determinanlangan ko'rinishda aniqlansa, bunday avtomatlar determinanlangan ehtimolli Y avtomatlar deyiladi. Xudi shunday, determinanlangan ehtimolli Z avtomatlar deb tanlangan yangi holati determinanlangan hisoblanuvchi avtomatlarga aytiladi.

Uzluksiz - stoxastik modellar (Q-sxemalar).

Uzluksiz – stoxastik yondoshishning asosiy xususiyatlarini biz sxema deb ataydigan, ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlarining (inglizcha queueing sistem) tipik matematik sxemasi sifatida ishlatiladigan sxema misolida ko'rib chiqimiz.

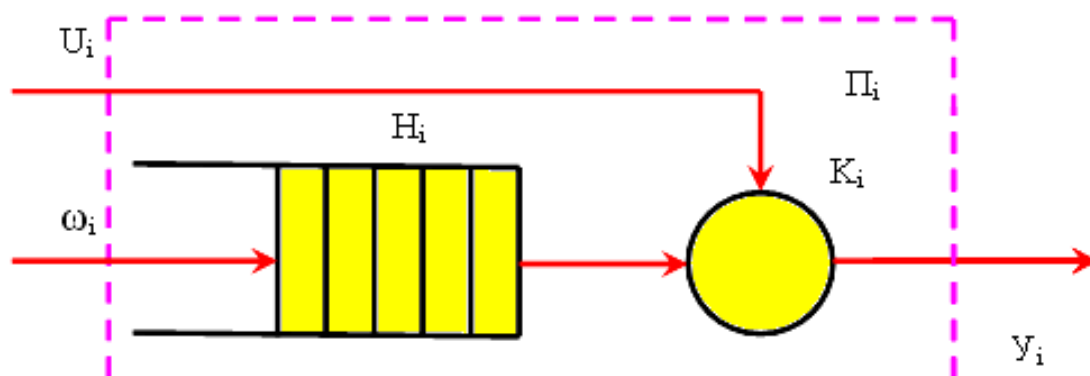
Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari o'zida mohiyatiga ko'ra xizmat ko'rsatish jarayoni hisoblanuvchi tizimlar faoliyati jarayonlarini shakllantirishga xizmat qiluvchi ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida ishlab chiqilgan matematik sxemalar sinfini namoyon etadi.

Ommaviy xizmat ko'rsatish jarayoni sifatida o'zining fizik tabiatiga ko'ra shakllanuvchi iqtisodiy, ishlab chiqarish, texnik va boshqa, masalan: bir nechta korxonalardan keluvchi mahsulotlar oqimi, yifuv sexiga keluvchi detallar va mahsulotlar komplektlari, uzoq terminallardan EHM axborotlarini qayta ishlash bo'yicha arizalar va shu kabilar xizmat qilishi mumkin.

Bunda xizmat ko'rsatishga arizalar (talablar) ning tasodifiy kelib tushishi va xizmat ko'rsatishning tasodifiy vaqt momentlarida tugallanishi, ya'ni ularni shakllantirish jarayonining stoxastik xarakterga ega ekanligi ish uchun xarakterli hisoblanadi.

Ommaviy xizmat ko'rsatishning (Q - sxema analitik yondoshishda qanday bo'lsa, imitasion yondoshishda ham shunday) foydalanishga zarur bo'ladigan asosiy tushunchalariga to'xtalamiz.

Ixtiyoriy elementar xizmat ko'rsatish dalolatnomasida ikki asosiy tashkil etuvchini ajratish mumkin: arizalarga xizmat ko'rsatishni kuti shva arizalarga xizmat ko'rsatish. Buni bir qancha xizmat ko'rsatish asbobi P_i ko'rinishida ifodalash mumkin (6.5-rasm).



6.5- rasm. Arizalarga xizmat ko'rsatish asbobi.

Xizmat ko'rsatish asbobi bir vaqtda $L_i=0$, L_i^h arizalar kelib tushishi mumkin bo'lgan ariza to'plovchi H_i va arizalarga xizmat ko'rsatish kanali K_i dan tuziladi, bu erda $L_i^h - i$ - to'plovchining siFimi. Xizmat ko'rsatish asbobi P_i ning har bir elementiga xabarlar oqimi kelib turadi: to'plovchi H_i ga arizalar oqimi, kanal K_i ga xizmat ko'rsatish oqimi - u_i .

Xabarlar oqimi deb biri boshqasi bilan qanaqadir tasodifiy vaqt momentlarida farq qiluvchi xabarlar ketma ketligiga aytiladi. Xabarlar oqimi bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan turlarga bo'linadi. Agar oqim bu xabarlarning kelib tushish momenti bilan xarakterlansa va $\{t_n\}=\{0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq \dots\}$ ketma ketlik bilan berilsa, bir jinsli oqim deyiladi, bu erda t_n - n -chi xabarning kelib tushish momenti bo'lib, nomanfiy miqdoriy son. Bir jinsli oqim shuningdek, $\{\tau_n\}$ chaqiruv momentlari bilan bir qiymatli bo'liq bo'lgan n -chi va $(n - 1)$ - xabarlar o'rtasidagi oraliq vaqtlarning ketma ketligi ko'rinishida ham berilishi mumkin, bu erda gde $\tau_n = t_n - t_{n-1}$, $n \geq 1$. $\{t_n, f_n\}$ ketma ketlikdagi xabarlarga bir jinsli bo'lmagan oqimli

xabarlar deyiladi, bu erda t_n – chaqiruv momentlari; f_n – xabar belgilarining to'plami.

Odatda turli tizimlarni modellashtirishda xizmat ko'rsatishning elementar kanali K_i uchun arizalarning oqimi $\omega_i \in W$, ya'ni K_i kanalning kirishiga kelib tushuvchi arizalarning kelib tushish momentlari o'rtasidagi vaqt intervallari boshqarilmaydigan o'zgaruvchilarning nimto'plamini ifodalaydi, xizmat ko'rsatish oqimi $u_i \in U$ esa, ya'ni arizalarga xizmat ko'rsatishning boshlanish va oxirgi momentlari o'rtasidagi vaqt intervallari boshqariluvchan o'zgaruvchilarning nimto'plamini ifodalaydi.

K_i kanalda xizmat ko'rsatilgan arizalar va qanaqadir sabablarga ko'ra xizmat ko'rsatish asbobidan tushib qolgan, ya'ni xizmat ko'rsatilmagan arizalar chiqish oqimi $y_i \in Y$ ni ifodalaydi, ya'ni arizalarning chikish momentlari o'rtasidagi vaqt intervali chiqish o'zgaruvchilarining nimto'plamini ifodalaydi.

Xizmat ko'rsatish asbobi P_i ni shakllantirish jarayonini uning elementlari holatini $z_i(t)$ vaqt bo'yicha o'zgartirish kabi keltirish mumkin. P uchun yangi holatga o'tish unga (K_i kanalga va H_i to'plovchiga) keluvchi arizalar miqdorining o'zgarishini bildiradi.

Shunday qilib, P_i uchun holat vektori quyidagi ko'rinishga ega:
 $\vec{z} = (z_i^H, z_{iK})$, bu yerda z_i^H – N_i to'plovchining holati ($z_i^H = 0$ – to'plovchi bo'm bo'sh, $z_i^H = 1$ – to'plovchi bita arizaga ega, ..., $z_i^H = L_i^N$ – to'plovchi butunlay to'la); L_i^N – to'plovchining siFimi; z_i^K – K_i kanalning holati ($z_i^K = 0$ – kanal bo'sh, $z_i^K = 1$ – kanal band va h.k.).

Umumlashtirilgan modellar (Q -sxemalar).

Tizimlar faoliyatining jarayonlarini formal tavsiflariga umumiy yondoshishning eng ma'lum turi bu Ya.P. Buslenka tomonidan taklif qilingan yondoshishdir. Bu yondoshish uzluksiz va diskret, determinanlangan va stoxastik tizimlarning xulqini tavsiflash imkonini beradi, ya'ni ko'rib chiqilgan yondoshishlar bilan solishtirganda umumlashtirilgan (universal) va tizimlar

agregati(angl. aggregate sustem) tushunchasiga asoslangan bo'lib, A – sxema deb ataluvchi umumiy ko'rinishdagi formal sxemani aks ettiradi.

EHMda modellashtirish usullarining yordami bilan hal qilinadigan modellashtirish masalasi va topshiriqlarini vositalarining tahlili shunday xulosaga olib keladiki, modellarni mashinali amalga oshirish va qurishda yuzaga keluvchi kompleks muammolarni agar modellashtirilayotgan tizimlar o'zlarining asoslarida bita formal matematik sxemaga, ya'ni A - sxemaga ega bo'lsagina echish mumkin. Bu sxema bir vaqtda bir nechta funksiyalarni bajarishi lozim: modellashtirish obyektining matematik tavsifiga monand hisoblanadi, ya'ni M modelni mashinali tarzda amalga oshirishga asos bo'lib xizmat qiluvchi S tizimlar analitik tadqiqotlarni soddalashtirilgan variantda (xususiyl hollarda) o'tkazish imkonini beradi.

Agregat tavsiflashda murakkab obyektlar chekli sondagi qismlar (nimtizimlar)ga ajratiladi va bunda ular o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni ta'minlovchi aloqa saqlab qolinadi. Agar ajratib olingan nimtizimlardan bir qanchasi o'z navbatida yana murakkab hisoblansa, kichik qismlarga ajratish to matematik tavsiflash oson bo'ladigan darajagacha davom ettiriladi. Natijada, ushbu ajratishlardagi murakkab tizim turli darajadagi nimtizimlarga birlashtirilgan, o'zaro aloqadagi elementlardan iborat ko'p sathli konstruksiya ko'rinishini namoyon etadi.

A -sxemaning elementi sifatida agregat olinadi, agregatlar o'rtasidagi aloqa (Stizimning ichi bilan tashqi muhit E) birlashtirish operatori K yordamida amalga oshiriladi. Ko'rinish turibdiki agregatning o'zi A -sxema sifatida qaralishi mumkin, ya'ni agregatlarni keyingi sath elementlariga ajratish mumkin.

Ixtiyoriy agregat quyidagi to'plamlar bilan xarakterlanadi: T vaqt momenti, X kirish va U chiqish signallari, har bir t momentdagi Z holat. Agregatning $t \in T$ vaqt momentidagi holati bilan $z(t) \in Z$ belgilanadi, kirish va chiqish signallari esa mos ravishda $x(t) \in X$ va $u(t) \in U$ bilan.

$z(t_2) \neq z(t_1)$ holatdagi agregatning $z(t_1)$ holatda bo'lishi kichik vaqt intervalida yuz bersin deb hisoblaymiz, ya'ni δz sakrash o'rinli bo'lsin. Agregatning $z(t)$

holatdan $z(t_2)$ holatga o'tishi shu agregatning xususiy (ichki) parametri $h(t) \in H$ va kirish signallari $x(t) \in X$ bilan belgilanadi.

BoshlanFich vaqt momentdagi boshlanFich holat z^o ga teng, ya'ni $z^o = z(t_0)$, t_0 vaqt momentidagi taqsimlanish qonuni $z(t)$ bilan berilganda $L[z(t_0)]$ ga teng. Kirish ta'sirining signali x_n bo'lgan holda agregat faoliyatining jarayoni V tasodifiy operator bilan tavsiflanadi deb faraz qilamiz. Unda agregatga x_n kirish signalining kirish momenti $t_n \in T$ dagi holatni aniqlash mumkin.

$t_1 < t \leq t_2$ yarim intervalni (t_1, t_2) bilan, $t_1 \leq t < t_2$ yarim intervalni esa $[t_1, t_2]$ bilan belgilaymiz. Agar (t_n, t_{n+1}) vaqt intervali signallarning birorta ham kirish momentlaridan tashkil topmasa, unda $t \in (t_n, t_{n+1})$ uchun agregatning holati tasodifiy U operator bilan aniqlanadi.

Agar $z(t_\delta)$ qiymat $z^{(Y)}$ ga erishsa, Z holatlar to'plamida $Z^{(u)}$ nimto'plam ajratib olinadi, unda chiqish signalining paydo bo'lish momentidagi holat quyidagi chiqish operatori bilan aniqlanadi:

$$Y = G[t_\delta, z(t_\delta)].$$

Xuddi shuningdek, agregat tushunchasi deganda, ko'rib o'tilgan $T, X, U, Z, Z^{(Y)}, H$ to'plamlar va V, U, W, G tasodifiy to'plamlarning tartibga solingan yig'indisi bilan aniqlanadigan ixtiyoriy obyektning tushunishimiz mumkin.

A-sxemaga kelib tushuvchi kirish signallarining ketma ket taqsimlanishini kirish xabarlar yoki x - xabarlar deb ataymiz. Chiqish vaqti bo'yicha tartibga solingan chiqish signallarining ketma ketligini chiqish xabarlar yoki u_f xabarlar deb ataymiz.

Murakkabligidan ularni bitta agregatning matematik sxemalari ko'rinishida shakllantirib bo'lmaydigan tizimlarning katta sinflari mavjud bo'lib, ular agregat tizimlar yoki A -sxemalar deb ataluvchi alohida $A_n, n = \overline{1, N_A}$ agregatlarning bir qancha konstruksiyalari bilan shakllantiriladi. Bir qancha tizimlarni A -sxema ko'rinishida tavsiflash uchun alohida A_n agregatlar va ular o'rtasidagi aloqalarning tavsiflariga ega bo'lish lozim.

Uzluksiz – determinanlangan modellar (D – sxemalar)

Differensial tenglamalardan matematik model sifatida foydalanib, uzluksiz – determinanlangan yondoshishning xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Odatda bunday matematik modellarda mustaqil o'zgaruvchi sifatida qidirilayotgan noma'lum funksiyaga bo'liq bo'lgan t vaqt xizmat qiladi. Unda determinanlangan tizimlar uchun matematik ifoda umumiy ko'rinishda quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{y}' = \vec{f}(\vec{y}, t); \quad \vec{y}(t_0) = \vec{y}_0, \quad (6.6)$$

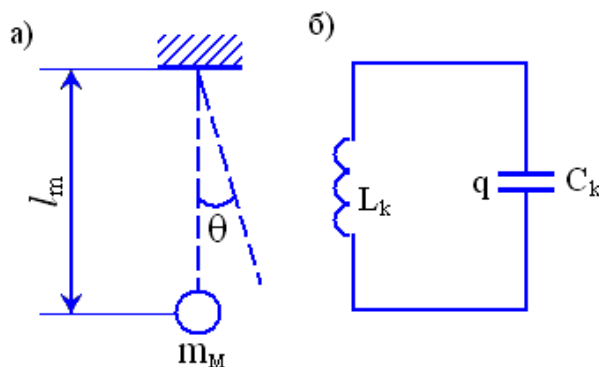
bu erda $\vec{y} = d\vec{y}'/dt$, $\vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ $\vec{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ – n o'lchamli vektor; $f(\vec{y}, t)$, — $(n+1)$ - ulchamli $(\vec{y}, t)$ tuplamlar bilan aniklanuvchi vektor-funksiya va uzluksiz hisoblanadi.

O'rganilayotgan tizim dinamikasini, ya'ni vaqt bo'yicha xulqini bu ko'rinishda aks ettiruvchi matematik sxemalar **D-sxemalar** deb ataladi.

Oddiy hollarda oddiy differensial tenglama quyidagi ko'rinishga ega:

$$y' = f(y, t).$$

D-sxemalarning avtomatik boshqarish nazariyasidagi matematik apparat sifatida keltirilishi tizim texniklari uchun juda muhimdir. D- sxemalarni qurish va qo'llashning asosiy xususiyatlarini illyustrasiya qilish uchun quyidagi turli fizik tabiatlarga ega ikki elementar tizimlar (mexanik S_M (mayatnikning tebranishi, 6.6- a, rasm) va elektrik S_K (tebranish konturi, 6.6- b, rasm)) ning faoliyati jarayonini shakllantirishning oddiy misolini ko'rib chiqamiz. Mayatnikning kichik tebranishli jarayoni quyidagi oddiy differensial tenglama bilan tavsiflanadi:



6.6-rasm : a, b – elementar tizimlar.

$$m_m t_m^2 [d^2 \theta(t) / dt^2] + m_m g l_m \theta(t) = 0 \quad (6.7)$$

bu erda m_m, l_m - mayatnikning massasi va uzunligi; g - erkin tushish tezlanishi;

$\theta(t)$ - mayatnikning t vakt momentidagi o'q burchagi.

Mayatnikning ushbu erkin tebranishlar tenglamasidan bizni qiziqtiradigan tavsiflarning bahosini topish mumkin. Masalan, mayatnikning tebranish davrini

$$T_m = 2\pi\sqrt{l_m / g} \quad (6.8)$$

Huddi shunday elektr tebranish konturidagi jarayon quyidagi oddiy differensial tenglama bilan tavsiflanadi:

$$L_k [d^2 q(t) / dt^2] + [q(t) / C_k] = 0 \quad (6.9)$$

bu erda L_k, C_k - induktivlik va kondensatorning siFimi; $q(t)$ - kondensatorning t vaqt momentidagi zaryadi.

Bu tenglamadan tebranish konturidagi jarayon tavsiflarining turli baholarini olish mumkin. Masalan elektrik tebranish davrini

$$T_k = 2\pi\sqrt{L_k / C_k} \quad (6.10)$$

Ko`rinib turibdiki, $h_0 = m_m l_m^2 = L_k$, $h_1 = 0$, $h_2 = m_m g l_m = 1 / C_k$, $\theta(t) = q(t) = z(t)$ belgilashlarni kiritib, bu yopiq tizimning xulqini tavsiflovchi ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglamani olamiz:

$$h_0 [d^2 z(t) / dt^2] + h_1 [qz(t) / dt] + h_2 z(t) = 0 \quad (6.11)$$

bu erda h_0, h_1, h_2 - tizimning parametrlari; $z(t)$ — tizimning t vaqt momentidagi holati.

Shuningdek bu ikki obyektning xulqini umumiy matematik model asosida tadqiq qilish mumkin. Bundan tashqari, tizimlardan birining xulqi boshqacha ham tahlil qilinishi mumkinligini keltirib o'tish lozim. Masalan, mayatnik (S_m tizim)ning xulqi elektr tebranish konturi (S_k tizim) yordamida o`rganilishi mumkin.

Agar o`rganilayotgan  $S$  tizim, ya`ni mayatnik yoki kontur, E tashqi muhit bilan o`zaro ta`sirlashsa, unda $x(t)$ kirish ta`siri (mayatnik uchun tashqi kuch, kontur uchun energiya manbai) paydo bo`ladi va bunday tizimning uzluksiz – determinanlangan modeli quyidagicha ko`rinishga ega bo`ladi:

$$h_0[d^2z(t)/dt^2] + h_1[qz(t)/dt] + h_2z(t) = x(t) \quad (6.12)$$

Matematik modellarning sxemalari nuqtai nazaridan kelib chiqib, $x(t)$ kirish (boshqarish) ta'siri hisoblanadi, S tizimning holatini esa ushbu hol uchun chiqish tavsifi deb qarash mumkin, chiqish o'zgaruvchisi tizimning berilgan vaqt momentidagi holatlari bilan mos keladi, ya'ni $y=z$.

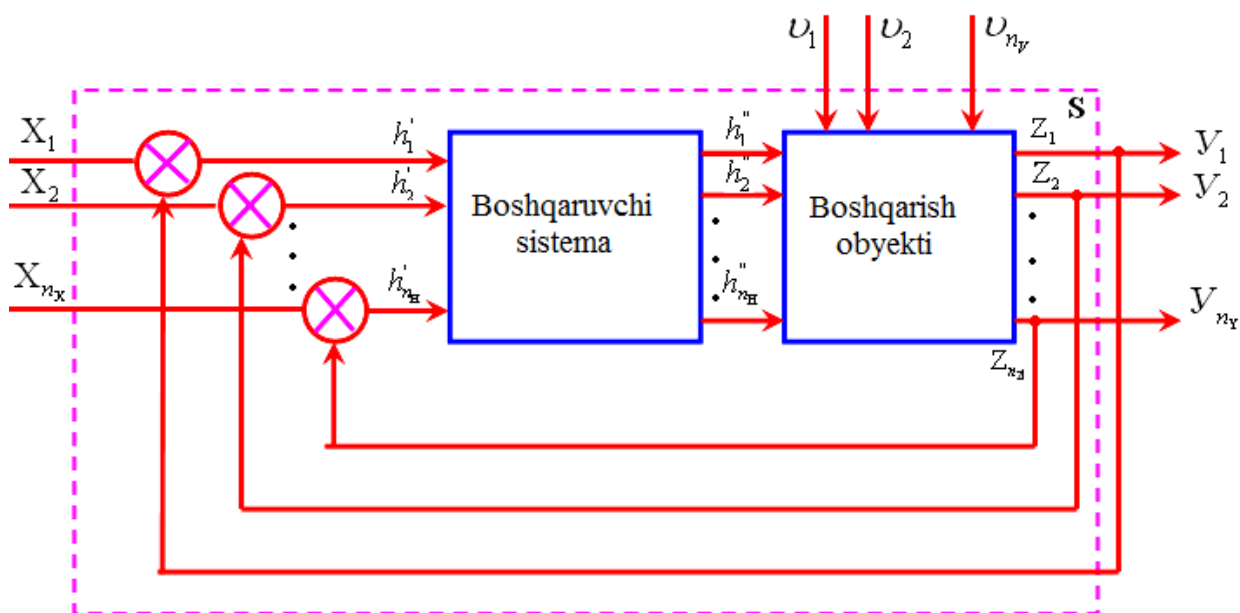
Tizimli texnika masalalarini hal qilishda yirik tizimlarni boshqarish muammosi muhim ahamiyatga ega. Quyida D -sxemalar bilan tavsiflanuvchi va amaliy spesifikasiyalash maqsadida modellarning alohida sinflariga ajratilgan, dinamik tizimlarning xususiy holi – avtomatik boshqarish tizimlariga e'tibor qaratilgan.

Avtomatik boshqarish jarayonlarini tavsiflashda real obyekt ikkita tizim ko'rinishida keltiriladi: boshqaruvchi va boshqariluvchi (boshqarish obyekti). Ko'p o'lchamli avtomatik boshqarish tizimlarining umumiy strukturasi 6.7-rasmda keltirilgan bo'lib, bu erda: $\bar{x}(t)$ -kirish ta'sirlari (topshiriq) vektori; $\bar{u}(t)$ - Falayon ta'sirlari vektori; $\bar{h}(t)$ -xatolar signalining vektori; $\bar{h}''(t)$ -boshqarish ta'sirlarining vektori; ekzogen o'zgaruvchilar: $\bar{z}(t)$ - S tizim holatlari vektori; $\bar{y}(t)$ -chiqish o'zgaruvchilarining vektori, odatda $\bar{y}(t)=\bar{z}(t)$.

Zamonaviy boshqarish tizimi–bu ma'lum maqsadli boshqarish tizimini ta'minlovchi dasturiy–texnik vositalar yig'indisi. Boshqarish obyekting maqsadga qanchalik erishishiga qarab turib, bir o'lchamli tizim uchun $u(t)$ holat koordinatasi bo'yicha qaror qabul qilish mumkin. Boshqarish miqdorining o'zgarish qonunining topshiriq qiymati $u_{top}(t)$ va haqiqiy qiymati $u(t)$ o'rtasidagi farq $h'(t) = u_{top}(t)-u(t)$ boshqarish xatoligi hisoblanadi. Agar keltirilgan boshqarish miqdorining o'zgarish qonuni kirish ta'siri (topshiriq) ning o'zgarish qonuni bilan mos kelsa, ya'ni $x(t)=u_{top}(t)$ bo'lsa, unda $h'(t)=x(t)-y(t)$ bo'ladi.

Barcha vaqt momentlari bo'yicha boshqarish xatoligi $h'(t)=0$ bo'lgan tizim ideal tizim deyiladi. Amaliyotda ideal tizimlarni ishlab chiqishning imkoni yo'q. Shuning uchun ham, avtomatik boshqarishdagi xatolik manfiy teskari bo'lanish tamoyili (chiqish o'zgaruvchisi $u(t)$ va uning topshiriq qiymatlaridan foydalanib,

ular o'rtasidagi o'fsh haqidagi informasiya sifatida keltirilishi) ga asoslanib kamaytirilishi lozim.



6.7-rasm. Avtomatik boshqarish tizimining strukturasi.

Avtomatik boshqarish tizimlarining topshiriFi $u(t)$ o'zgaruvchisining berilgan qonunga muvofiq berilgan aniqlikda (ruxsat etilgan xatolik bilan) o'zgarishi hisoblanadi. avtomatik boshqarish tizimlarini loyihalash va ishlatishda S tizimning talab qilingan boshqarish aniqligini, shuningdek, o'tish jarayonida tizimning turFunligini ta'minlay oladigan parametrlarini tanlash zarur.

Agar tizim turFun bo'lsa, unda vaqt bo'yicha tizimning xulqi, o'tkinchi jarayonda rostlash o'zgaruvchisi $u(t)$ ning maksimal o'fishi, o'tkinchi jarayon vaqti vash u kabilar amaliy qiziqish uyFotadi. Turli sinfli avtomatik boshqarish tizimlarining xossalari haqida tizimdagi jarayonlarni eng yaqin tavsiflovchi differensial tenglamalarning turlari bo'yicha xulosa chiqarish mumkin. Differensial tenglamaning tartibi va koeffisientlarining qiymati tizimning statik va dinamik parametrlarini to'la aniqlab beradi.

D - sxemalardan foydalanish uzluksiz – determinanlangan S tizimlar faoliyati jarayonini shakllantirish va ularning asosiy tavsiflarini baholashda, uzluksiz tizimlarni modellashtirish yoki analog hamda gibridd hisoblash texnikasi

vositalaridan foydalanish uchun most il ko`rinishida ishlab chiqilgan analitik yoki imitasion yondoshishlarni qabul qilish imkonini beradi.

Diskret - determinanlangan modellar (F -sxemalar)

Tizimlarning faoliyati jarayonini shakllantirish bosqichidagi diskret – determinanlangan yondoshishning asosiy jihatlarini matematik apparat sifatidagi avtomatlar nazariyasidan foydalanish misolida ko`rib chiqamiz. Avtomatlar nazariyasi – bu kibernetikaning matematik modellar – avtomatlar o`rganiladigan bo`limi. Bu nazariya asosida tizim diskret axborotlarni qayta ishlovchi va ruxsat etilgan vaqt momentlarida o`zining ichki holatini o`zgartiradigan avtomat ko`rinishida keltiriladi. Avtomat tushunchasi o`rganilayotgan tizimning konkret xarakter iva qabul qilingan abstraktsiyalash sathiga qarab o`zgaradi.

Avtomatni kirish signallari kelib tushuvchi va chiqish signallari olinuvchi hamda bir qancha ichki holatlarga ega bo`lgan qurilma (qora quti) sifatida ham ko`rish mumkin. Cheklangan avtomat deb ichki holat va kirish signallarining to`plamlari (shuningdek, chiqish signallarining to`plamlari ham) cheklangan bo`lgan avtomatga aytiladi.

Umumiy holda cheklangan avtomatni (inglizchadan Finite automata) quyidagi 6 ta element bilan xarakterlanadigan sxema (F - sxema) sifatida tasavvur qilish mumkin.

- Cheklangan X kirish signallari to`plami (kirish alifbosi).
- Cheklangan Y chiqish signallari to`plami (chiqish alifbosi).
- Cheklangan Z ichki holatlar to`plami (ichki yoki holat alifbosi).
- Boshlanich holat $z_0, z_0 \in Z$.
- O`tishlar funksiyasi $\varphi(z, x)$.

Chiqishlar funksiyasi $\psi(z, x)$.

F – sxema shaklida $F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$ orqali berilgan avtomat diskret avtomat vaqtda faoliyat ko`rsatadi. Bu vaqt momentlari taktlar hisoblanib, takt – bir biriga yondosh teng vaqt intervallari va ularning har biri kirish va chiqish signallari hamda ichki holatlarning o`zgarmas qiymatlariga mos keladi. t - vaqtga mos keluvchi holat, kirish va chiqish signallarini $z(t)$, $x(t)$ va $y(t)$ orqali belgilab

olamiz, bunda $t = 0, 1, 2, \dots$. Quyidagi $z(0) = z_0$ shart bo'yicha $z(t) \in Z$, $x(t) \in X$ va $y(t) \in Y$ hosil bo'ladi. Abstrakt cheklangan avtomat bita kirish va bita chiqish kanallariga ega bo'ladi. Har bir $t = 0, 1, 2, \dots$, diskret vaqt momentida F-avtomat avtomatning Z holatlar to'plamidagi ma'lum $z(t)$ holatga o'tadi, $t=0$ boshlanFich vaqt momentida har doim $z(0) = z_0$ boshlanFich holatda bo'ladi. t vaqt momentida $z(t)$ holatda bo'lgan avtomat kirish kanaliga $x(t) \in X$ signalni qabul qilish va chiqish kanaliga $y(t) = \psi[z(t), x(t)]$ signalni berish hamda $z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)]$, $z(t) \in Z$, $y(t) \in Y$ holatga o'tishga moslashgan. Abstrakt cheklangan avtomat X kirish alifbosi so'zlari to'plamini U chiqish alifbosi so'zlari to'plamida aks ettirilishini ishlab chiqadi. Boshqacha so'z bilan aytganda, agar z_0 boshlanFich holatga o'rnatilgan chekli avtomatning kirishiga kirish so'zi, ya'ni kirish alifbosining birqancha harflar ketma ketligi $x(0), x(1), x(2), \dots$, berilsa, avtomatning chiqishida chiqish so'zini ifodalovchi chiqish alifbosining $y(0), y(1), y(2), \dots$, harflar ketma ketligi paydo bo'ladi.

Cheklangan avtomatning ishi quyidagi sxema bo'yicha amalga oshiriladi: har bir t - taktda $z(t)$ holatda bo'lgan avtomatning kirishiga qanaqadir $x(t)$ signal beriladi va bu signal yangi $t+1$ taktda yangi $z(t+1)$ holatga o'tadi hamda chiqish signalini beradi. Yuqorida aytilganlarni Mili avtomati deb ataluvchi birinchi turdagi F- avtomati uchun quyidagi tenglamalar bilan tavsiflash mumkin:

$$z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)], \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.13)$$

$$y(t) = \psi[z(t), x(t)], \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.14)$$

ikkinchi turdagi F-avtomat uchun

$$z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)], \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.15)$$

$$y(t) = \psi[z(t), x(t-1)], \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.16)$$

ikkinchi turdagi

$$y(t) = \psi[z(t)], \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.17)$$

Avtomat, ya'ni chiqishlar yunksiyasi ψ kirish o'zgaruvchisi $x(t)$ ga bo'liq bo'lmagan avtomatlar Mur avtomati deyiladi.

Holatlarining soniga qarab cheklangan avtomatlar xotirali va xotirasiz turlarga bo'linadi. Xotirali avtomatlar birdan ortiq holatlarga, xotirasiz avtomatlar

(kombinatsiyalangan yoki mantiqiy sxemalar) esa faqat bittagina holatga ega bo'ladi. Bunda, (6.16) ga muvofiq kombinatsiyalangan sxemalarning ishi har bir $x(t)$, kirish signaliga ma'lum $y(t)$ chiqish signalining mos kelishidan tashkil topadi, ya'ni mantiqiy funksiya quyidagi ko'rinishda ishlab chiqiladi:

$$y(t) = \psi[x(t)], t = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.18)$$

Agar x va u signallari X va Y alifbosiga tegishli bo'lib, faqat ikki harfdan iborat bo'lsa, bunday funksiya Bul' funksiyasi deyiladi.

Diskret vaqtni hisoblash xarakteriga ko'ra cheklangan avtomatlar sinxron va asinxron avtomatlarga bo'linadi. Kirish signallarini «hisoblaydigan» sinxron F-avtomatidagi vaqt momenti sinxronlashuvchi signallarni belgilaydi. «Hisoblangan»ligi va (6.13) –(6.17) tenglamalarga mosligi hisobga olingan navbatdagi sinxronlashgan signaldan keyin yangi holatga va chiqishga signal berishga o'tiladi, shundan so'ng avtomat keyingi kirish signalining qiymatini qabul qilishi mumkin. Kirish signalining har bir qiymatiga avtomatning reaksiyasi davomiyligi qo'shni sinxronlashgan signallarning orasidagi interval bilan aniqlanuvchi taktda amalga oshiriladi.

Asinxron F-avtomat kirish signalini uzluksiz hisoblab turadi, shuning uchun ham etarlicha uzunlikdagi kirish signalining doimiy X miqdorlari ishlab chiqiladi, (6.13) –(6.18) dan kelib chiqib, turg'unlik o'rnatilmaguncha chiqish signallarining soniga mos holatlarga bir necha bor o'zgartiriladi.

Cheklangan F-avtomatni berish uchun $F = \langle Z, X, Y, \phi, \psi, z_0 \rangle$ to'plamning barcha elementlarini tavsiflash lozim, ya'ni kirish, ichki va chiqish alifbolari, shuningdek o'tishlar va chiqishlar funksiyalarini. F-avtomatlarining bir qancha ishlash usullari mavjud bo'lib, ko'proq jadval, grafik va matrisa turlari keng qo'llaniladi.

Chekli avtomatning oddiy jadval topshiriq usuli o'tishlar va chiqishlar jadvallaridan foydalanishga asoslangan bo'lib, bu jadvallarning qatorlari avtomatning kirish signallariga, ustunlari uning holatlariga mos keladi. Bunda odatda jadvalning chapdan birinchi bolanFich holat z_0 ga mos keladi. O'tishlar jadvalining i – qatori va k – ustunining kesishishiga o'tishlar funksiyasining mos

$\varphi(z_k, x_i)$ qiymati, chiqishlar jadvalida esa chiqishlar funksiyasining mos $\psi(z_k, x_i)$ qiymatlari to'g'ri keladi. Murning F- avtomati uchun ikala jadvalni qo'shish mumkin.

Milining F- avtomatini ishlashini φ o'tishlar va ψ chiqishlar jadvallari bilan tavsiflanishi 6.1–jadvalda, Murning F-avtomatini o'tishlar jadvali bilan tavsiflanishi 6.2 – jadvalda aks ettirilgan.

6.1-jadval

x_i	z_k			
	z_0	z_1	...	z_k
O'tishlar				
x_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$	...	$\varphi(z_k, x_1)$
x_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$	...	$\varphi(z_k, x_2)$
...	...	...	...	...
x_I	$\varphi(z_0, x_I)$	$\varphi(z_1, x_I)$	...	$\varphi(z_k, x_I)$
Chiqishlar				
x_1	$\psi(z_0, x_1)$	$\psi(z_1, x_1)$	...	$\psi(z_k, x_1)$
x_2	$\psi(z_0, x_2)$	$\psi(z_1, x_2)$	...	$\psi(z_k, x_2)$
...	...	...	...	...
x_I	$\psi(z_0, x_I)$	$\psi(z_1, x_I)$	...	$\psi(z_k, x_I)$

6.2-jadval

x_i	$\psi(z_k)$			
	$\psi(z_0)$	$\psi(z_1)$	...	$\psi(z_k)$
	z_0	z_1	...	z_k
x_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$	...	$\varphi(z_k, x_1)$
x_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$	...	$\varphi(z_k, x_2)$
...	...	...	...	...
x_I	$\varphi(z_0, x_I)$	$\varphi(z_1, x_I)$	...	$\varphi(z_k, x_I)$

Mili avtomati F1 ning uchta holat, ikkita kirish va ikkita chiqish signallari bilan qo'yilishini jadvaliy usuli 6.3-jadvalda, Mur avtomati F2 uchun esa 6.4-jadvalda keltirilgan.

Cheklangan avtomatlarni qo'yilishining boshqa usullarida yo'naltirilgan graf tushunchasidan foydalaniladi. Avtomat grafi o'zida avtomatning turli holatlariga mos keluvchi uchlar(vershin) to'plami va avtomatning uyoki bu o'tishlariga mos keluvchi, uchlarni birlashtiruvchi yoylarni namoyon etadi. Agar x_k kirish signali z_i holatdan z_j holatga o'tishga olib kelsa, unda avtomat grafining z_i uch bilan z_j uchni boglovchi ushbu yoyi x_k bilan belgilanadi. Chiqishlar funksiyasini qo'yish uchun grafning yoylari mos chiqish signallari bilan belgilanishi kerak.

6.3-jadval

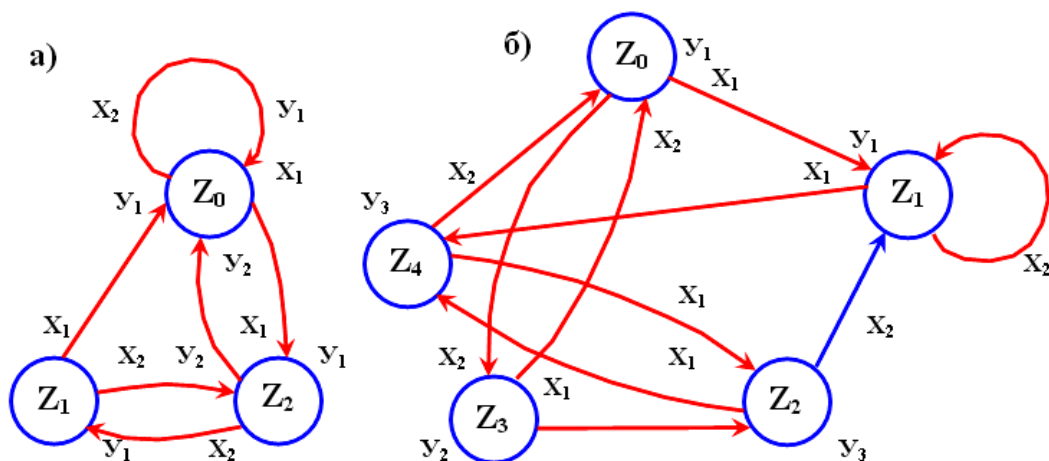
x_i	z_k		
	z_0	z_1	z_2
O'tishlar			
x_1	z_2	z_0	z_0
x_2	z_0	z_2	z_1
Chiqishlar			
x_1	y_1	y_1	y_2
x_2	y_1	y_2	y_1

6.4-jadval

x_i	y				
	y_1	y_1	y_3	y_2	y_3
	z_0	z_1	z_2	z_3	z_4
x_1	z_1	z_4	z_4	z_2	z_2
x_2	z_3	z_1	z_1	z_0	z_0

Mili avtomatlari uchun bu belgilanishlar quyidagicha amalga oshiriladi: agar x_k kirish signali z_i holatga ta'sir qilsa, unda aytilgan fikrga muvofiq z_i dan chiquvchi va x_k bilan belgilangan yoy olinadi, ushbu yoy qo'shimcha ravishda $u = \psi(z_j, x_k)$ chiqish signali bilan ham belgilanadi. Mur avtomati uchun: agar kirish signali avtomatning bir qancha holatlariga ta'sir qilib, z_i holatga o'tishga olib kelsa,

unda z_j ga yo`naltirilgan va  $x_k$  bilan belgilangan yoy qo`shimcha tarzda chiqish signallari bilan ham belgilanadi.



6.8-rasm. Mili (a) va Mur (b) avtomatlarining graflari.

6.8-a,b rasmda keltirilganlar oldinroq keltirilgan Mili F1 va Mur F2 avtomatlarining jadvalariga mos keladi.

Tizimlarni modellashtirish masalalarini echishda ba`zida eng qulay shakl cheklangan avtomatlarni matrisali quyilishi hisoblanadi. Bunda qo`shilgan avtomatlarning matrisasi qatorlari boshlanFich holatlarga, ustunlari esa o`tishlar holatlariga mos keluvchi  $S=||s_{ij}||$  kvadrat matrisa bo`ladi. Mili avtomati uchun i -qator va j -ustunlarning kesishishidagi $c_{ij}=x_k/y_s$ element z_i holatdan z_j holatga o`tishga olib keluvchi va bu o`tishda u_s chiqish signalini beruvchi kirish signaliga mos keladi. Yuqorida ko`rib o`tilgan Mili F1 avtomati uchun matrisa quyidagi ko`rinishga ega:

$$C_1 = \begin{bmatrix} x_2/y_1 & - & x_1/y_1 \\ x_1/y_1 & - & x_2/y_2 \\ x_1/y_2 & x_2/y_1 & - \end{bmatrix}$$

Agar z_i holatdan z_j holatga o`tish bir qancha signallar ta`siri ostida yuz bersa, bu o`tish uchun matrisaning elementlari o`zida diz`yunksiyalashning qo`shma qonuni bilan berilgan «kirish - chiqish» juftlar to`plamini namoyon etadi.

Mur avtomati uchun s_{ij} element (z_i, z_j) o'tishdagi kirish signallari to'plamiga teng bo'lib, chiqish esa z_i holat bilan belgilangan chiqish signalini i -chi komponentining chiqishlar vektori bilan tavsiflanadi:

$$\vec{y} = \begin{pmatrix} \psi(z_0) \\ \psi(z_1) \\ \dots\dots\dots \\ \psi(z_R) \\ \dots\dots\dots \\ \psi(z_K) \end{pmatrix}$$

Ob'ektlar xossalariining modellarini tadqiq qilishda qullaniladigan diskret – determinanlangan yondoshishdagi F- avtomat tushunchasi avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlaridagi real obyektlar faoliyati jarayonlarining keng sinflarini tavsiflash uchun qulay bo'lgan matematik abstraksiyalash hisoblanadi. Bunday obyektlar sifatida birinchi navbatda EHM ning qismlari va elementlari, axborot almashish texnikalaridagi fazoviy kommutasiya va vaqtli tizimlarni nazorat qilish, rostdash va boshqarish qurilmalarini keltirish mumkin. Sanab o'tilgan obyektlarning barchasi uchun vaqt bo'yicha ishlashning diskret xarakteri va diskret holatining mavjudligi xarakterlidir, ya'ni ularni F- sxemalar yordamida tavsiflash samarali hisoblanadi. Lekin ularning qo'llanilish kengligi bu matematik sxemalarning universalligini bildirmaydi. Masalan, bu yondoshish o'tish jarayonlari va stoxastik elementlari bor dinamik tizimlardagi jarayonlardagi qaror qabul qilish jarayonlarini tavsiflash uchun foydasizdir.

6.3. Tajribaviy usul yordamida modelni olish

Texnik-muhandislik vazifalarni hisoblash jarayonida matematik modellashtirish axborotlarni tahlil qilish usullaridan biri bo'lib hisoblanadi.

Axborotlar va kompyuter texnikasi nazariyasi rivojlanishi tadqiqotlar natijalarining murakkab algoritmlarini tahlil qilish imkoniyatini berishi sababli, matematik modellashtirish usulini keng qo'llash imkoniyatini bermoqda. Umumiy

hollarda matematik modelni qurish ko‘rilayotgan obektning kirish va chiqish o‘zgaruvchilarining bog‘liqlik strukturasi va model parametrlarini aniqlashdan iboratdir.

Tajribaviy natijalarini silliqlash

Chiqish qiymati u kirish qiymati x ga bog‘liqligini olish maqsadida tajriba o‘tkazilganda, albatta u ga halqitlar yuzaga keladi.

Amaliyot uchun tajribaviy bog‘liqlikni silliqlash tipik vazifa bo‘lib hisoblanadi. Tajriba ma’lumotlarini shunday tahlil qilish kerakki, imkoniyat boricha u ni x ga bog‘liqligini aniq tavsiflash lozim, biroq shu bilan birga tadqiqotning xatoliklari bilan bog‘liq tasodifiy og‘ishlarni silliqlash lozim.

Tajriba natijalarini silliqlash – bu jarayon olingan tasodifiy xatoliklar bo‘yicha tajriba ma’lumotlarining aniq qiymatini olish uchun polinomlar interpolatsion yordamida meyorlashtirish operatsiyasidir. Intepolyatsiya – kesim ichida yetmayotgan nuqtalarni topish. Ekstrapolyatsiya – kesim tashqarisida yetmayotgan nuqtalarni topish.

Silliqlashni amalga oshirish uchun filtrlar qo‘llaniladi. Bu filtrlar meyorlashtirish operatsiyasini o‘tkazish metodi bo‘yicha va silliqlash oynasining kengligi bilan farqlanadi. Silliqlash algoritmlarining ayrimlarini ko‘rib chiqamiz.

Uchta nuqta bilan bir chiziqli silliqlash.

Tajriba o‘tkazilganda chiqish ma’lumotlarmassivi olinadi

$$u_0, u_1, u_2, \dots, u_{p-1}, u_p \quad (6.19)$$

Tasodifiy xatoliklardan xalos bo‘lish uchun, uch nuqta bilan chiziqli silliqlash quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$\begin{aligned} \bar{y}_0 &= \frac{5y_0 + 2y_1 - y_2}{6}; \\ \bar{y}_1 &= \frac{y_0 + y_1 + y_2}{3}; \\ \bar{y}_i &= \frac{y_{i-1} + y_i + y_{i+1}}{3}; \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{y}_n &= \frac{5y_n + 2y_{n-1} - y_{n-2}}{6}. \end{aligned} \quad (6.20)$$

Beshta nuqta yordamida chiziqli silliqlash

$$\begin{aligned} \overline{y_0} &= \frac{3y_0 + 2y_1 + y_2 - y_4}{5}; \\ \overline{y_1} &= \frac{4y_0 + 3y_1 + 2y_2 + y_3}{10}; \\ &\dots\dots\dots \\ \overline{y_i} &= \frac{y_{i-2} + y_{i-1} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}}{5}; \\ &\dots\dots\dots \\ \overline{y_{n-1}} &= \frac{y_{n-3} + 2y_{n-2} + 3y_{n-1} + 4y_n}{10}; \\ \overline{y_n} &= \frac{3y_n + 2y_{n-1} + y_{n-2} - y_{n-4}}{5}. \end{aligned} \tag{6.21}$$

Oraliqdagilari sirg'alishi metodi bilan chiziqli silliqlash.

Bu metod umumiy qonuniylikdan tasodifiy chetlashishlarni oʻrtacha soʻndirish xususiyatiga asoslangan. Oddiy oraliqdagilarining sirgʻalishi metodi bilan silliqlash oʻrtacha 3,5,7 bosqichlardan va shu tartibda boshqa bosqichlarda hisoblanadi. Natijada oʻrtacha hisob boshlangʻich maʼlumotlardan oxiriga qadar ogʻib boradi. Toq qadamlarda har bir hisoblangan sirpanuvchi oʻrtacha real (moment) vaqt intervaliga mos keladi. Bu interval qadamlar oʻrtasida mavjud boʻlib, silliqlangan bosqichlari esa birga kamaytirilgan sirgʻaluvchi oraligʻida qadamlar qiymatiga boshlangʻich bosqichlar soniga nisbatan kamroqdir. Masalan, 5-darajali sirgʻalish oraligʻi uchun formula quyidagi koʻrinishga ega:

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}; y_2 = \frac{y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6}{5}; \\ y_3 &= \frac{y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7}{5}. \end{aligned} \quad (6.22)$$

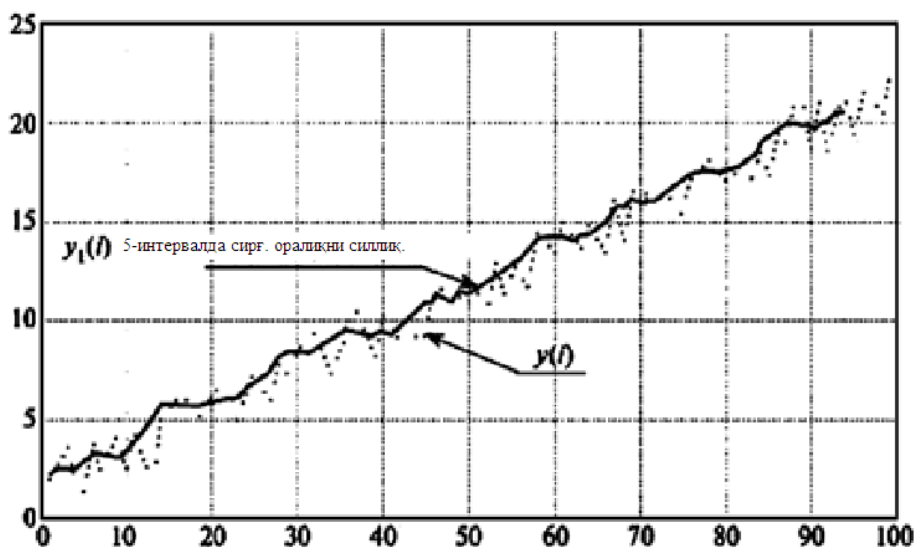
Silliqlash intervalini aniqlash (unga kiruvchi bosqichlar soni) tajriba ma'lumotlar grafigi ko'rinishiga bog'liqdir:

- 1) agar yuqori chastotali tebranishlarni silliqlash kerak bo'lsa, u holda silliqlash intervali katta qilib olinadi (5-7 gacha bosqichlarda);
- 2) agarda takrorlanuvchi tebranish davrini saqlab qo'yish kerak bo'lsa, unda silliqlash intervali 3-bosqichgacha kamaytiriladi.

Beshinchi intervalda sirg'alish oralig'i metodi bilan ma'lumotlarni silliqlash dasturi

```
clear % o'zgaruvchilardan tozalash
n=100; % ma'lumotlarni hisoblashlar soni
for i=1:n % siklning boshlanishi
    y(i)=rang*3+i*0.2; % ma'lumotlarni hisoblash
end % siklning tugatilishi
plot(y, 'k'), grid on, hold on % ma'lumotlar grafigini qurish
for i=1:n-6 % silliqlash siklining boshlanishi
    y1(i)=(y(i)+y(i+1)+y(i+2)+y(i+3)+y(i+4))/5;
end % silliqlash siklining tugatilishi
plot(y1, 'k') % ma'lumotlarni silliqlash grafigi
```

6.9-rasmda beshinchi intervalda sirg'alish oralig'i metodi bilan silliqlangan ma'lumotlar grafigi keltirilgan. Dasturning to'rtinchi qatorida kirish ma'lumotlar hisobi tasodifiy rand funksiyasi yordamida amalga oshiriladi. Bu jarayon 0.2 koeffitsiyenti bilan bir chiziq o'sib boruvchi funksiyasini qo'shgan holda 3 ga kamaytirib amalga oshiriladi.



6.9-rasm. Ma'lumotlarni silliqlash.

Regression tahlil (eng kichik kvadratlar metodi)

Regressiya – termini XIX asr oxirlarida Frensis Galton tomonidan kiritilgan. Galton shuni aniqladiki, bo‘yi baland yoki past bo‘lgan ota-onalardan tug‘ilajak avlodlar xuddi shunday bo‘y ko‘rinishidan boshqasini nasl qilib olmaydi va bu fenomenni bog‘liqlilik regressiya fenomeni deb atadi. Boshida bu termin (lotin. Regression – orqaga harakat, grek analysis – ajralish) faqatgina biologik terminlarda qo‘llanilgan. Karl Pirson ishlaridan so‘ng bu termin statistikada ham qo‘llanila boshlangan. Bir chiziqli regression tahlil – bu faktorlar orasidagi bog‘liqlikni va qaysidir mustaqil qiymatlarni tavsiflash uchun eng ko‘p tarqalgan usul bo‘lib hisoblanadi.

Regresion tahlil – o‘lchanayotgan ma’lumotlarni modellashirish va ularning tarkibini tadqiq qilish metodidir. Berilgan ma’lumotlar mustaqil bo‘lgan o‘zgaruvchi u va mustaqil bo‘lmagan o‘zgaruvchi x ning juft qiymatlaridan iboratdir. Regression modelda mustaqil o‘zgaruvchi funksiyasi mavjud va u qo‘shilgan tasodifiy o‘zgaruvchilar parametrlaridan iboratdir. Modelning parametrlari shunday sozlanadiki, unda model ma’lumotlarni eng yaxshi usulda yaqin kelishini ta’minlaydi. Yaqin kelish sifat kreteriyasi (maqsad funksiya) odatda o‘rtacha kvadratik xatolik bo‘lib hisoblanadi: argument sifatida mustaqil bo‘lmagan o‘zgaruvchilar qiymatlari uchun model qiymatlari kvadratlar summasi va mustaqil bo‘lmagan o‘zgaruvchilar.

$$y(x)=b_1+b_0, \quad (6.23)$$

x_i va y_i juft qiymatlarni nomalum p qiymat bilan tavsiflaydi. Bu esa o‘rta kvadratik xatolik kamayishini ta’minlaydi.

Aniqlik kiritib o‘tish kerakki to‘g‘riburchak koordinatalar tizimida berilgan $(x_i, y_i, i=1, \dots, n)$ larni qo‘llab 6.6-rasmda nuqtali grafik chizmasi qurilgan (bunday nuqtali grafikni korrelyatsion maydon deb atashadi). Nuqtali korrelatsion maydonga eng yaqin bo‘lgan to‘g‘ri chiziqni tanlab olamiz. Eng kichik kvadratlar metodiga muvofiq shunday chiziq tanlab olinadiki, unda vertikal bo‘ylab korrelatsion maydon nuqtalari va bu chiziq orasidagi kvadratlar yig‘indisi minimal bo‘lishi lozim. Bu funksional U ni quyidagicha yozamiz:

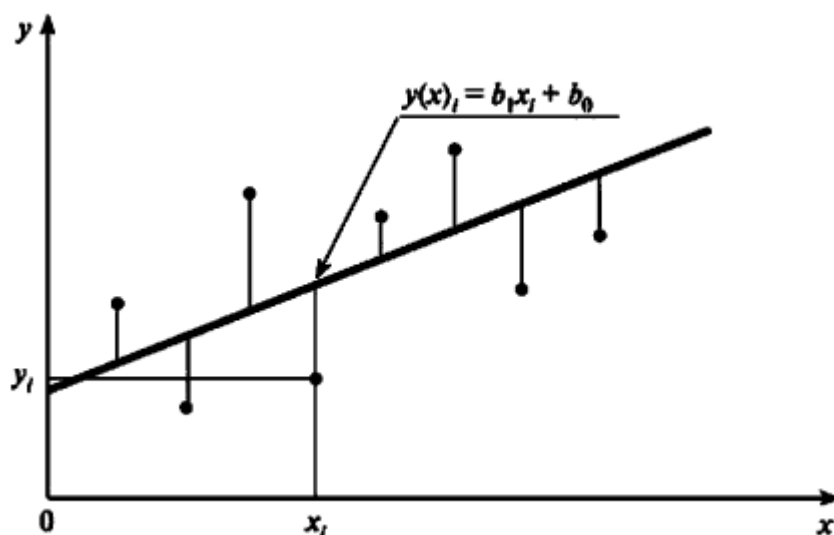
$$U = \sum_{i=1}^n (y_i - y(x_i))^2 \rightarrow \min \quad (6.24)$$

U funksionalning yig'indisi kvadratlarning minimumlari b_1 va b_0 koeffitsientlariga bog'liqdir. Shuning uchun bu koeffitsiyentlardan funksional xususiy hosilasini olib, ularni nolga tenglashtiramiz:

$$\frac{dU}{db_1} = \sum_{i=1}^n (y_i^2 - 2y_i y(x) + y^2(x))' = \sum_{i=1}^n (-2y_i x_i + 2b_1 x_i^2 + 2b_0 x_i) = 0 \quad (6.25)$$

Shu kabi

$$\frac{dU}{db_0} = \sum_{i=1}^n (-2y_i + 2b_1 x_i + 2b_0) = 0 \quad (6.26)$$



6.10-rasm. Tajribaviy ma'lumotlar.

Ikki sonini summa belgisidan tashqarisiga chiqarishimiz mumkin. Chunki u nolga teng emas, va summa ostidagi qiymatlarni nolga tenglashtiramiz va natijada quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n y_i x_i = b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_0 \sum_{i=1}^n x_i, \\ \sum_{i=1}^n y_i = b_1 \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n b_0. \end{array} \right. \quad (6.27)$$

Kramer teoremasi bo'yicha umumiy aniqlovchi Δ quyidagiga teng:

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i. \quad (6.28)$$

Δb_0 va Δb_1 xususiy aniqlovchilarni hisoblab olib, bizga ma'lum bo'lgan formula yordamida b_0 va b_1 larni aniqlab olish mumkin:

$$b_1 = \frac{\Delta b_1}{\Delta}; b_0 = \frac{\Delta b_0}{\Delta}. \quad (6.29)$$

Δb_1 xususiy aniqlovchini topamiz:

$$\Delta b_1 = n \sum_{i=1}^n y_i x_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i. \quad (6.30)$$

b_1 koeffitsiyentini hisoblab olamiz

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n y_i x_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}. \quad (6.31)$$

(6.14) tenglamadan ko'rinib teribdiki, b_0 koeffitsiyentini almashtirish metodi bilan topish mumkin:

$$b_0 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - b_1 \sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (6.32)$$

Ushbu adabiyotda faqatgina chiziqli emas, balki boshqa turli hil nochiziqli bog'lanishlarni regression tahlili uchun ham formulalarni topish mumkin, ular quyidagilar:

1) bosqichma-bosqich regressiya:

$$y = b_0 x^{b_1}. \quad (6.33)$$

Biroq, bosqichma-bosqich regressiya uchun koeffitsiyentlar juft chiziqlilik formulalariga o'xshash formulalar yordamida aniqlanadi. Ular faqat logarifm belgilanishi bilan farqlanadi. Ushbu jarayon (6.32) tenglamani logarifmlashdan so'ng, quyidagi tenglama hosil bo'lishini ifodalaydi:

$$b_0 = \exp \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln y_i - b_1 \sum_{i=1}^n \ln x_i \right) \right];$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i \cdot \sum_{i=1}^n \ln y_i - n \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i \ln y_i}{\left(\sum_{i=1}^n \ln x_i \right)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2}; \quad (6.34)$$

2) iperbolik:

$$y = b_0 + \frac{b_1}{x}. \quad (6.35)$$

Tenglama koeffitsiyentlari tenglamalar sistemasini hisoblash bilan aniqlanadi:

$$\begin{cases} b_0 N + b_1 \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i} = \sum_{i=1}^N y_i, \\ b_0 \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i} + b_1 \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i^2} = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{x_i}; \end{cases} \quad (6.36)$$

3) eksponensial:

$$y = b_0 \cdot \exp(b_1 \cdot x). \quad (6.37)$$

Bu tenglamaning b_0 va b_1 koeffitsiyentlari (6.36) va (6.37) formulalar bilan aniqlanadi:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N \ln y_i - N \sum_{i=1}^N x_i \ln y_i}{\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 - N \sum_{i=1}^N x_i^2}; \quad (6.38)$$

$$b_0 = \exp \left[\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \ln y_i - b_1 \sum_{i=1}^N x_i \right) \right]; \quad (6.39)$$

1) logarifmik:

$$y = a + b \cdot \ln x. \quad (6.40)$$

a va b parametrlarini quyidagi tenglamalar sistemasidan olishimiz mumkin:

$$\begin{cases} aN + b \sum_{i=1}^N \lg x_i = \sum_{i=1}^N y_i, \\ a \sum_{i=1}^N \lg x_i + b \sum_{i=1}^N (y_i \lg x_i); \end{cases} \quad (6.41)$$

2) parabolik:

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2. \quad (6.42)$$

Misol

6.5-jadvalda tandalash mashinasidagi ipning tarangligi, o‘rash tezligiga bog‘liqligi keltirilgan.

6.5-jadval

$V, \text{m/min}$	400	500	600	700	800	900	1000
T, n	4	4.2	4.7	5.9	7	9	11

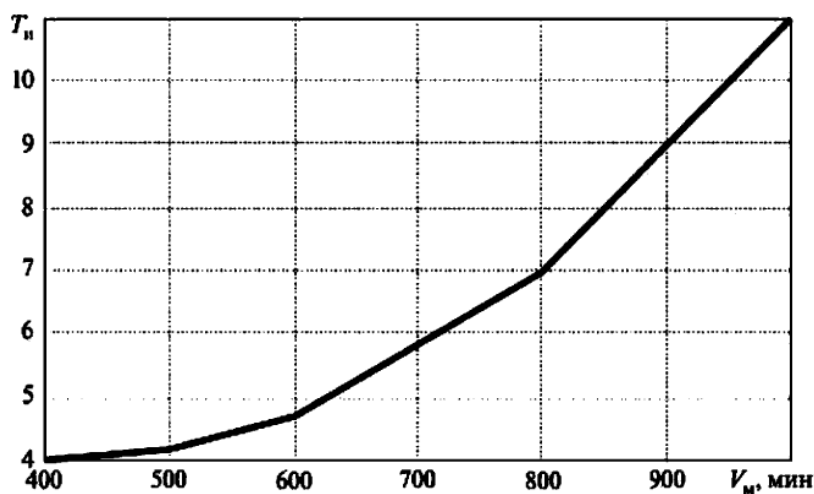
Bu bog‘liqlik grafigini Matlab dasturida qurib olamiz. Bunda x –massiviga jadvaldagi tezlikni, va y massiviga – taranglikni kiritamiz:

$x=[400 \ 500 \ 600 \ 700 \ 800 \ 900 \ 1000];$

$y=[4 \ 4.2 \ 4.7 \ 5.9 \ 7 \ 9 \ 11];$

$\text{plot}(x,y,'k'), \text{grid on}$

6.11-rasmda bu bog‘liqlikning grafigi qurilgan va uning ko‘rinishidan approksimatsiyalaydigan matematik formulani aniqlab olish mumkin. Bu holatda parabolik bog‘liqlikni tanlab olamiz (6.43). Dasturni yozamiz.



6.11-rasm. Eksperiment ma'lumotlarining grafigi

“Parabolik regressiya” dasturi

Clear

n=7; a=n; b=0; c=0; f=0;

m=0; p=0; r=0; s=0;

x=[400 500 600 700 800 900 1000];

y=[4 4.2 4.7 5.9 7 9 11];

for t=1:n

b=b+x(t);

c=c+x(t)^2;

f=f+x(t)^3;

m=m+x(t)^4;

p=p+y(t);

r=r+x(t)*y(t);

s=s+y(t)*x(t)^2;

end

d=b; e=c; k=c; l=f;

q=d/a;

e=e-q*b;

f=f-q*c;

r=r-q*p;

q=k/a;

l=l-q/b;

m=m-q*c;

s=s-q*p;

q=l/e;

b2=(s-r*q)/(m-f*q);

b1=(r-f*b2)/e;

b0=(p-b*b1-c*b2)/a;

for t=1:n

y1(t)=b0+b1*x(t)+b2*x(t)^2;

end

plot (x, y), grid on, hold on, plot (x, y1, 'k')

Hisoblash natijalari

b0=2,0032

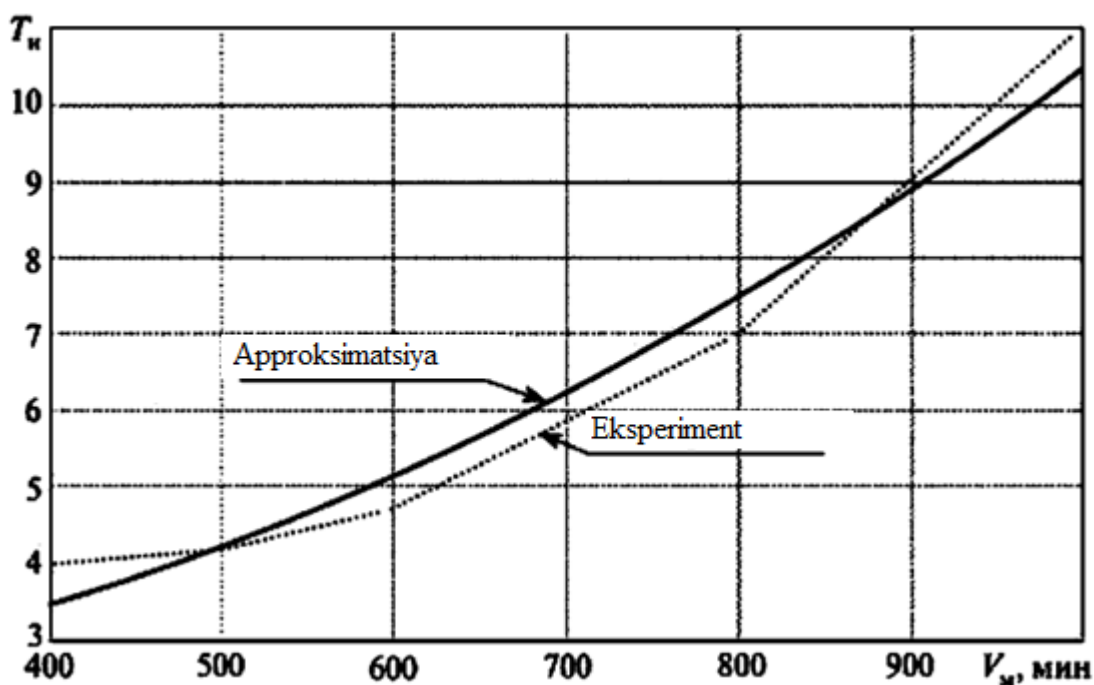
b1=0.0000357

b2=0.000008367

Shunday qilib, taranglik tezlikga bog‘liqligini aks etuvchi tenglama olinadi:

$$y(x) = 2,0032 + 0,0000357 \cdot x + 0,000008367 \cdot x^2. \quad (6.43)$$

6.12-rasmda tandalash tezligidan ipning tarangligi o‘zgarishining tajribaviy va approksimatsiyalaydigan grafiklar keltirilgan.



6.12-rasm. Ip tarangligi tezlikga bog‘liqligining approksimatsiyasi

Modelni parametrik identifikatsiyalash (Simoyu metodi)

Bu metod M.P.Simoyu tomonidan ilgari surilgan va u bu metodni yuzalar metodi deb atagan. Ushbu metodning asosiy vazifasi uzatish funksiyasi koeffitsiyentlarini aniqlashdan iborat bo‘lib, tezlatish egri chizig‘i obekt modelining uzatish funksiyasini aniqlash imkonini beradi.

Tezlatish egri chizig‘i – bosqichma-bosqich ta’sirlarga dinamik zvenoning (rostlash obektining) reaksiyasi (aks ta’siri) dir.

Avtomatik rostlash sistemasida tezlatish egri chizig'iga erishish uchun nominal statik rejim o'rnatiladi. Keyin esa sistema ruchnoy rejimga o'tkaziladi (rostlagich o'chiriladi va teskari bog'lanish uziladi) va tajriba boshlanish davrida vazifa beruvchi yordamida rostlash obektiga sakrashsimon ta'sirlar uzatiladi. Masalan, sakrash yordamida pnevmatik ijrochi mexanizm (klapan) ga bo'lgan bosim o'zgartiriladi. Bosimni o'zgartirish rostlovchi organ (shtok, to'sma qopqoq va boshqalar) ning siljishiga olib keladi. Shu bilan birga energiya tashuvchi oqimni yoki reagentni va shunga munosib rostlanuvchi qiymat u ni o'zgarishiga olib keladi.

Yuzalar metodi bilan model parametrlarini hisoblashda meyorlashtirilgan o'tkinchi funksiyani (O'F) kiritish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu jarayon quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$h(t) = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}, \quad (6.44)$$

bu yerda $y_{\min} \dots y_{\max}$; y -rostlanuvchi kattalik.

Bu holatda o'tkinchi funksiya birga intiladi.

O'tkinchi egri chiziq $h(t)$ ni normallashtirilgan UF bilan dinamik zvenoning reaksiyasi sifatida quyidagi ko'rinishda ko'rishimiz mumkin

$$W(p) = \frac{1 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_m p^m}{1 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_n p^n}. \quad (6.45)$$

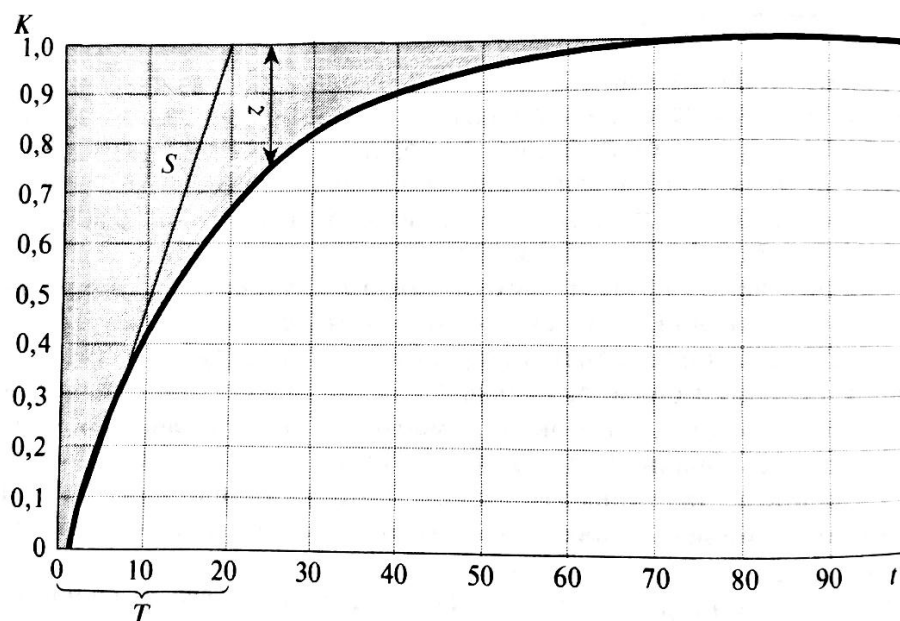
U holda o'tkinchi jarayonning $h(t)$ Laplas ta'svirini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$H(p) = L\{h(t)\} = W(p) \frac{1}{p}. \quad (6.46)$$

Ma'lumki, inersion zveno va o'rnatilgan rejim chizig'i UF o'rtasidagi yuza doimiy vaqtning uzatish koeffitsiyenti hosilasiga teng:

$$S = k \cdot T \quad (6.47)$$

6.13-rasmda bu yuza ko'rsatilgan.



6.13-rasm. EkspONENTA xususiyati.

O'tkinchi jarayonning o'rnatilgan rejim chizig'idan egri chiziqgacha bo'lgan ordinatalar z ni hisoblab olamiz, va bundan foydalangan holda S yuzani topamiz:

$$z = k - k(1 - e^{-\frac{t}{T}}) = k \cdot e^{-\frac{t}{T}}. \quad (6.48)$$

0 dan ∞ gacha vaqt bo'ylab z ni integrallab S ni topamiz:

$$S = \int_0^{\infty} z dt = \int_0^{\infty} k \cdot e^{-\frac{t}{T}} dt = kT \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{T}} d\left(\frac{t}{T}\right) = -kTe^{-\frac{t}{T}} \Big|_0^{\infty} = k \cdot T. \quad (6.49)$$

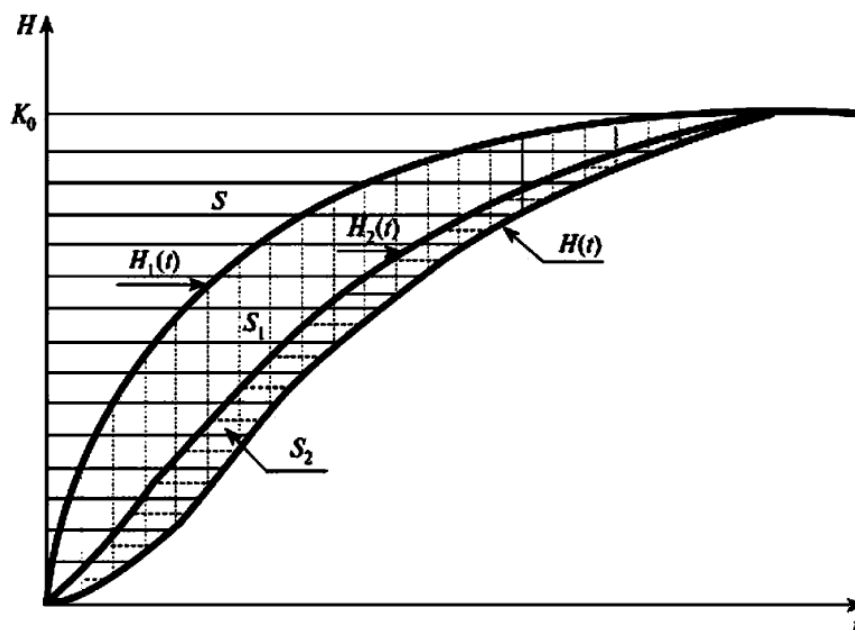
Agar S yuza aniq bo'lsa, unda vaqt doimiysi T ni aniqlash mumkin:

$$T = \frac{S}{k}. \quad (6.50)$$

Shunga asoslanib Maks Paulevich Simoyu yuqori darajali tenglamalar bilan aosolanadigan obekt parametrlarini aniqlash mumkinligini taxmin qildi. 6.16-rasmda egilish nuqasiga ega va aniqlanishi lozim bo'lgan uzatish funksiyasi parametrlarining egri chizig'i $H(t)$ ko'rsatilgan.

Laplas tsiviri bo'yicha o'zgartirilgan o'tkinchi funksiyasini quyidagicha yozib olamiz:

$$H(p) = \frac{k}{W(p)} \cdot \frac{1}{p}, \quad (6.51)$$



6.14-rasm. Yuzalarni hisoblash.

bu yerda $H(p) = \int_0^{\infty} H(t) \cdot e^{-pt} dt$ - o'tkinchi funksiyaning Laplas tasviri.

$W(p)$ uzatish funksiyasining maxraji r darajasi bo'ylab bir qator tartiblanadi:

$$W(p) = 1 + \sum_{i=1}^n a_i p^i. \quad (6.52)$$

(6.35) dagidek Laplas ta'sviri bo'yicha z koordinatalarini hisob olamiz:

$$\begin{aligned} z(p) &= \frac{k}{p} - H(p) = \frac{k}{p} - \frac{k}{W(p)} \cdot \frac{k}{p} = \frac{k}{p} \left(1 - \frac{1}{W(p)} \right) = \\ &= \frac{k}{p} \left(\frac{1 + \sum_{i=1}^n a_i p^i - 1}{W(p)} \right) = \frac{k}{p} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n a_i p^i}{W(p)} = k \cdot \frac{\sum_{i=1}^n a_i p^{i-1}}{W(p)}. \end{aligned} \quad (6.53)$$

Avvalgi hollardagi kabi z koordinatalarini 0 dan ∞ gacha integrallab olamiz, buni Laplas ta'sviriga o'tish orqali bajaramiz:

$$\begin{aligned}
S_1 &= \int_0^{\infty} (k - H(t)) dt = \lim_{p \rightarrow 0} \int_0^{\infty} e^{-pt} (k - H(t)) dt = \\
&= \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{k}{p} - H(p) \right) = \lim_{p \rightarrow 0} k \cdot \frac{\sum_{i=1}^n a_i p^{i-1}}{W(p)} = k \cdot a_1.
\end{aligned} \tag{6.54}$$

S yuzani hisoblab olgach, birinchi approksimatsiya uchun koeffitsiyent qiymatlarini aniqlab olamiz: $a_1 = \frac{S}{k}$. Uzatish koeffitsiyentidan tashqari bitta parametr inersion yoki aperiodik zvenoga ega. Shuning uchun birinchi approksimatsiya uchun uzatish funksiyasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$W(p) = \frac{k}{a_1 p + 1}. \tag{6.55}$$

Birinchi approksimatsiya $H_1(t)$ ning o‘tkinchi jarayoni 6.10-rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, u tajribadagi o‘tkinchi jarayon $H(t)$ bilan ahamiyatli darajada farqlanib turadi va shuning uchun birinchi approksimatsiya va tajribadagi egri chiziqlar orasidagi S yuzani anqlash talab etiladi.

Bu egri chiziqlar orasidagi ordinatalar $z_1(p)$ ni aniqlab olamiz:

$$\begin{aligned}
z_1(p) &= H_1(p) - H(p) = \frac{k}{a_1 p + 1} \cdot \frac{1}{p} - \frac{k}{W(p)} \cdot \frac{1}{p} = \\
&= \frac{k}{p} \left(\frac{W(p) - a_1 p - 1}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)} \right) = \frac{k}{p} \cdot \left(\frac{1 + \sum_{i=1}^n a_i p^i - a_1 p - 1}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)} \right) = \\
&= \frac{k}{p} \cdot \frac{\sum_{i=2}^n a_i p^i}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)} = \frac{k \cdot \sum_{i=2}^n a_i \cdot p^{i-1}}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)}.
\end{aligned} \tag{6.56}$$

Integrallash natijasida olingan z_1 uchun olingan ifodaning barcha koeffitsiyentlari nol bo‘ladi. Chunki i qiymat berilganda r^0 hosil bo‘lmaydi. Biroq, agar bu qiymatni yana bir marta integrallasak bunday imkoniyat yuzaga keladi:

$$\frac{H_1(p) - H(p)}{p} = \frac{k}{p} \cdot \frac{\sum_{i=2}^n a_i p^{i-1}}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)} = \frac{k \cdot \sum_{i=2}^n a_i p^{i-2}}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)}. \tag{6.57}$$

Laplas tasvirini qoʻllagan holda integrallab olamiz:

$$S_1 = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} H_1(t) - H(t) dt dt = \lim_{p \rightarrow 0} (H_1(p) - H(p)) =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{k \cdot \sum_{i=2}^n a_i p^{i-2}}{(a_1 p + 1) \cdot W(p)} = k \cdot a_2. \quad (6.58)$$

Ikkinchi koeffitsiyent $a_2 = \frac{S_2}{k}$ ni topamiz va ikkinchi approksimatsiya uchun uzatish funksiyasini yozamiz:

$$W(p) = \frac{k}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}. \quad (6.59)$$

Ikkinchi approksimatsiya uchun oʻtkinchi jarayon egriligi 6.10-rasmda keltirilgan boʻlib, unda bu egri chiziq tajribaviy egri chiziqqa yaqin masofada joylashadi. Lekin ular orasidagi S_2 yuza shu holatda ham mavjuddir. Ayonki bu yuzani ham aniqlash mumkin va buni egri chiziq oraligʻidagi ordinatalarni hisoblab olib, ularni vaqt boʻyicha integrallab olish lozim. Natijada quyidagiga ega boʻlamiz:

$$S_3 = k \cdot a_3 \quad (6.60)$$

a_3 koeffitsiyenti aniqlab olingach, uchinchi approksimatsiyaning uzatish funksiyasini yozib olinadi:

$$W(p) = \frac{k}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}. \quad (6.61)$$

Huddi shu usul yordamida a_i koeffitsiyentini aniqlash mumkin:

$$S_i = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} (H_i(t) - H(t)) dt^i = k \cdot a_i \quad (6.62)$$

$$a_i = \frac{S_i}{k}. \quad (6.63)$$

Koʻp bosqichli ketma-ket integrallash usulida emas, balki matematik amallaridan foydalanib yuzalarni hisoblash taklif etiladi. Hisoblash amallari bir

bosqichda integrallashga olib keladi. S_i yuzani hisoblash uchun formula quyidagicha keltirilgan:

$$S_i = S_1^i \int_0^\infty (k - H(t)) \left[\frac{(-t)^{i-1}}{(i-1)!} + \sum_{j=0}^{i-2} S_{i-j-1} \cdot \frac{(-t)^j}{j!} \right] dt. \quad (6.64)$$

Vaqt birligi kiritiladi $\tau = \frac{t}{S_1}$, u holda

$$S_i = S_1^i \int_0^\infty (k - H(t)) \left[\frac{(-\tau)^{i-1}}{(i-1)!} + \frac{(-\tau)^{i-2}}{(i-2)!} + \sum_{j=0}^{i-3} \frac{S_{i-j-1}}{S_1^{i-j-1}} \cdot \frac{(-\tau)^j}{j!} \right] dt. \quad (6.65)$$

Birinchi to'rtta yuzani hisoblash uchun formulalarni yozib olamiz:

$$1) S_i = \int_0^\infty (k - H(t)) dt. \quad (6.66)$$

S_1 aniqlanib olinganidan so'ng yordamchi o'zgaruvchi τ ni ham aniqlab olamiz.

Keyingi integrallash jarayoni τ yordamida bajariladi:

$$2) \tau = \frac{1}{S_1}; \quad (6.67)$$

$$3) S_2 = S_1^2 \int_0^\infty (k - H(t))(1 - \tau) dt; \quad (6.68)$$

$$4) S_3 = S_1^3 \int_0^\infty (k - H(t)) \left(1 - 2\tau + \frac{\tau^2}{2} \right) d\tau; \quad (6.69)$$

$$5) S_4 = S_1^4 \int_0^\infty (k - H(t)) \left(\frac{S_3}{S_1^3} - \frac{S_2}{S_1^2} \tau + \frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^3}{6} \right) dt. \quad (6.70)$$

Shundan so'ng koeffitsiyentlar qiymatlarini aniqlaymiz:

$$a_4 = \frac{S_4}{k}; a_3 = \frac{S_3}{k}; a_2 = \frac{S_2}{k}; a_1 = \frac{S_1}{k}.$$

Koeffitsiyentlar aniqlashda shunday holat bo'lishi mumkinki, unda yuqori daraja uchun uning qiymatlari nolga yaqin yoki manfiy bo'lishi mumkin. Bunday holatda uni hisobga olmasdan, darajasi past bo'lgan uzatish funksiyasini approksimatsiyalaymiz.

Misol

Parametrlari oldindan ma'lum bo'lgan holda Simoyu metodi yordamida obektni parametrik identifikatsiyasini amalga oshiramiz. Namuna sifatida ikkinchi tartibli obektni olamiz:

$$W(p) = \frac{K}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (6.71)$$

Quyidagilarni kiritib olamiz: $K=2$; $T_1=3$; $T_2=5$.

Avvalo identifikatsiyalash dasturida o'tkinchi jarayonni qurib olamiz. Keyin shu asosda uzatish funksiyani va uning parametrlarini aniqlab olamiz.

Simoyu metodi bilan parametrik identifikatsiyalash dasturi

```
clear
d=.01; ds=d;%diskretizatsiyalash intervali
m=5801; t1=5; t2=3; K1=2; %tekshirish obektining parametrlari
fori=1:m
y(i)=(K*(1-(t1/(t1-t2))*exp(-i*ds/t1)+...
+(t2/(t1-t2))*exp(-i*ds/t2)); %tekshirish obektining o'tkinchi funksiyasini
hisoblash
yend
n=4; % tartibi
K=1; % uzatish koeffitsiyenti
fori=1:m
y(i)=1-y1(i)/K1; % ordinatalarni hisoblash
end
s0=symp(y,d,m); % yuzani hisoblash
s1=s0; % s1 yuza qiymatlarini biriktirish
fori=1:m
z(i)=y(i); % yangi massivga ordinatani biriktirish
end
d=d/s1; % diskret intervalining yangi qiymati
for j=2:n
fori=1:m % yuzalarni hisoblashga tayyorgarlik
```

```

d1=d*i;
switch j
case 2
    f=1-d1;
case 3
    f=d1^2/2-2*d1+1;
case 4
    f=s3/s1^3-s2/s1^2*d1+d1^2/2-d1^3/6;
otherwise
    disp('error')
end
y(i)=z(i)*f;
end
s0=symp(y,d,m);
s(j)=s0;
switch j
case 2
    s2=s(2)*s1^2;
case 3
    s3=s(3)*s1^3;
case 4
    s4=s(4)*s1^4;
otherwise
    disp('error')
end
end
T1=(s1/K); T2=(s2/K);
fprintf('K=%6.2f T4=%6.2f T3=%6.3f T2=%6.2f...
T1=%6.2fn',K1, s4/K, s3/K, s2/K,s1/K);
T11=.5*T1+sqrt(T1^2/4-T2);

```

```

T22=T1-T11;
fprintf('r K=%6.2f T11=%6.2f T22=%6.2f\n',...K1,T11,T22);
fori=1:m%
y2(i)=K1*(1-(T11/(T11-T22))*...
exp(-i*ds/T11)+...+(T22/(T11-T22))*exp(-i*ds/T22));
end
plot(y1, 'k'), grid on, hold on
plot(y2, 'k-')

```

Simpson integrallash funksiyasi

```

Function s0=symp(y,d,m)
s=0;
fori=2:2(m-1)
s=s+(y(i-1)+4*y(i)+y(i+1));
end
s0=s*d/3;

```

Dasturni amalga oshirilganda natijalari quyida keltirilgan:

```

>>
K=2.00 T4=-0.51 T3=-1.061 T2=14.85 T=7.99
K=2.00 T11=5.05 T22=2.94
>>

```

Dasturga 4-darajali uzatish funksiyasi koefitsiyentlarini aniqlash vazifasi berilgan. Yuqori darajalarning ikkita koefitsiyenti – ma’nfidir, shuning uchun e’tiborga olinmaydi, ikkinchi darajali obektning uzatish funksiyasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$W(p) = \frac{K}{T_2 p^2 + T_1 p + 1} \quad (6.72)$$

Olingan natijalarga ko‘ra

$$W(p) = \frac{2}{14,85 p^2 + 7,99 p + 1}. \quad (6.72)$$

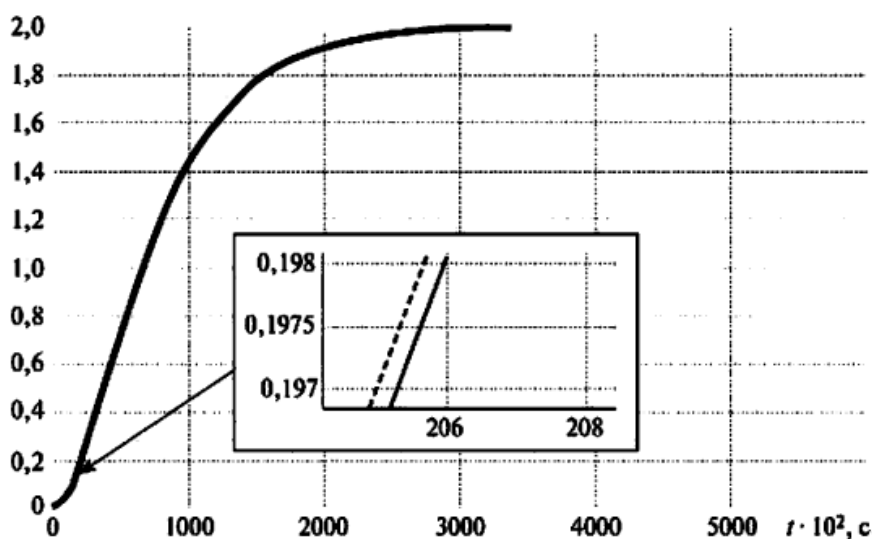
Uzatish funksiyasini berilgan holatiga keltirish uchun, harakteristik tenglamaning ildizlarini topish (6.73) va oddiy ko‘payuvchilarga ajratish lozim:

$$W(p) = \frac{K}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (6.73)$$

Bu jarayon identifikatsiyalash dasturida bajarilgan bo‘lib, harakteristik tenglama koefitsiyentlarining qiymatlari aniqlanadi (6.74): $T_{11}=5.05$, $T_{22}=2.94$. Buni hisobga olgan holda

$$W(p) = \frac{2}{(5.05p + 1)(2.94p + 1)}. \quad (6.74)$$

6.15-rasmda uzatish funksiyasining berilgan koefitsiyentlari (nuqtali chiziq) va identifikatsirlangan (bir chiziq) asosida qurilgan o‘tkinchi jarayon grafiklari keltirilgan. Ular asosiy grafikda bir-biriga mos keladi. Grafik kattalashtirilib qaralganda ularning ajralib turishi ko‘rinadi.



6.15-rasm. O‘tkinchi jaryonni berilgan va approksimirlangan holatlarini taqqoslash.

Matlab sistemasida identifikatsiyalash

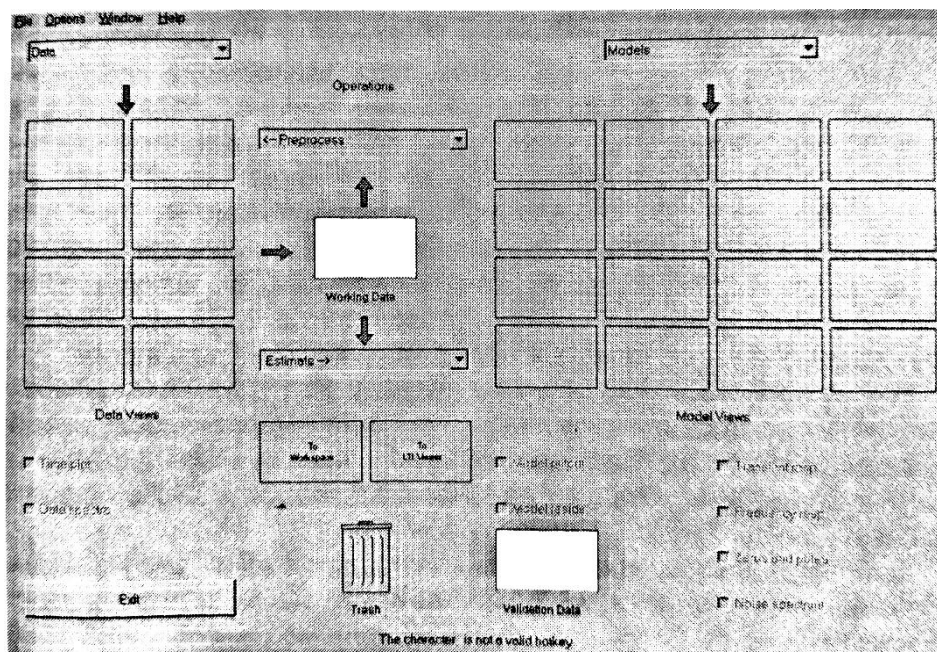
Obektning parametrik identifikatsiyasi uchun ishchi muhitda o‘tkinchi funksiyani shakllantirish lozim. Buning uchun *Matlab* ishchi muhitida tajriba ma’lumotlarini biron-bir usul yordamida shakllantirish lozim: buyruqlar paneliga

kiritish; tajriba ma'lumotlari yuklangan faylni yuklab olish; tajriba vaqtida yuklab olish.

Identifikatsiyalash uchun ma'lumotlarning ikkita qatorini shakllantirib olamiz: bittasi – o'tkinchi jarayon ma'lumotlari uchun, ikkinchisi esa – birdan iborat bo'lgan pog'onali funktsiya ma'lumotlari uchun. Bu jarayonni bitta matritsada bajarish qulay bo'lib, pog'onali ma'lumotlar (kirish) va o'tish (chiqish) funksiyalari mos kelishi lozim.

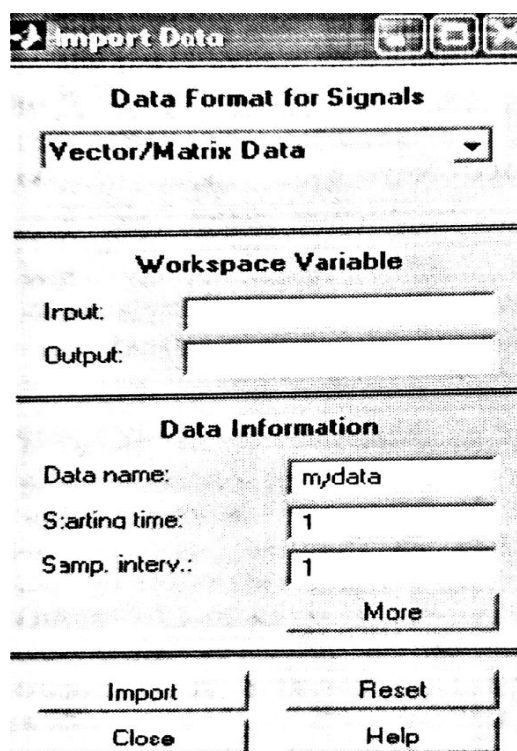
Sistem identification grafik interfeysining ishga tushishi buyruqlar qatoriga *ident* buyrug'i bilan amalga oshiriladi. Ekkranda interfeysning muloqot oynasi hosil bo'ladi (6.12-rasm). Muloqot oynasining tepa qismining chap burchagida *Data* ro'yhati bilan ochiladigan oynadan "*Import*" variantini tanlimiz. Bu holat yangi oyna ochilishiga olib keladi va unga kirish (*Input* maydoni) va chiqish ma'lumotlarining (*Output* maydoni) nomlarini kiritish lozim (6.13-rasm). *Simp. interv.* maydoniga o'tkinchi jarayonni olishda qo'llanilgan qiymatlar kiritiladi.

Dataname (ma'lumotlarning nomlanishi) maydoniga ma'lumotlarning nomlarini kiritamiz. *Starting time* maydoniga o'tkinchi funktsiyaning boshlang'ich vaqtini ko'rsatamiz. Odatda bu vaqt 0 dir. *Notes* maydoniga keyinchalik bajariladigan harakatlar haqida tushuncha beradigan matnni kiritish mumkin. *Import* tugmasini bosamiz va shundan sung *Close* tugmasi bilan ma'lumotlarni olish oynasini yopamiz. Bu harakatlar interfeys oynasining chap burchagida nomi berilgan holda rangli chiziq ko'rinishida hosil bo'lishiga olib keladi. Ma'lumotlar kiritilganligi haqida *Working data* (ishchi ma'lumotlar) va *Validation* (modelni baholash uchun ma'lumotlar) belgisida ko'rinib turadi. Oynaning boshlanish qatorida *x* va *u* signallarning boshlang'ich raqamlanishi o'rnatiladi. Bu oynada kiritilgan ma'lumotlarni boshlang'ich taxlilini o'tkazish mumkin.



6.16-rasm. *Sistem identification* interfeysining muloqot oynasi.

Obektning identifikatsiyasi uchun interfeys markazidagi (*Working Data*) ishchi muhitiga ma'lumotlarni o'tkazish lozim. Bu yerda bu ma'lumotlar haqida axborot olishimiz va nomini o'zgartirishimiz mumkin. Buning uchun *Data Views* guruhidagi kerakli tugmani bosamiz. Muloqot oynasi hosil bo'lib, unda oldingi nomini va chiziq ranglarini o'zgartrishimiz mumkin.



6.17-rasm. Ma'lumotlar oynasi

Preprocess ro'yhatidan *Select Rang* varianti tanlab olinadi va hosil bo'lgan muloqot oynasidan kerakli vaqt diapozoni (*Time span*) ni ham tanlab olinadi, so'ng *Insert* tugmasi bosilishi lozim. Oynani yopamiz va ma'lumotlarni *Validation Data* maydoniga olib o'tamiz.

Agarda biron-bir bosqichda hatolik ketgan bo'lsa, noto'g'ri ma'lumotlarni *Trash* (axlat) belgisiga olib tashlashimiz mumkin.

Modelni baholash jarayoniga o'tib olamiz. Buning uchun *Estimate* (baholash) tugmasini bosamiz.

Hosil bo'lgan ro'yhatdan baholash usulini tanlashimiz va qo'shimcha shartlarni kiritishimiz mumkin.

Parametrik model usuli (*Parametric models*) ni tanlimiz. Muloqot oynasi hosil bo'ladi va unda ARX (Auto Regressiv with external input) modeli taklif etiladi, ularning parametrlari quyidagicha: $na=4$, $nb=4$, $nk=1$ (na – maxraj tartibi, nb – surat tartibi, nk – mavjud kechiqish $nk \cdot T$). Bu ma'lumotlar qoniqtirishi yoki qoniqtirmasligi mumkin. *Estimate* tugmasini bosamiz va oynani yopamiz. Interfeys oynasining o'ng qismida (*Model Views*) da model qurib bo'linganligi haqida belgi hosil bo'ladi.

Natijani ko'rish uchun *Transient resp.* belgisini bosamiz (*Transient resp* – o'tkinchi jarayon) va natijada hosil bo'lgan oynada o'tkinchi funksiya grafigini ko'rishimiz mumkin.

Bu grafikni tadqiq etish mumkin. Buning uchun setkani yoki ranglarini o'zgartirgan holda grafikni o'zini yoki bir qismini kattalashtirib ko'rish mumkin. Olingan modelni sifatini baholash uchun uni boshqa turdagi modellar bilan solishtirib ko'rish lozim. Modellar qatori (order Editor) redaktoridan foydalanib, bizning modelimizga $na=2$, $nb=2$, $nk=1$ ni kiritib, baholash jarayonini takrorlimiz. Natijada “arx 221” nomi bilan yana bitta belgi hosil bo'ladi. Modellarni solishtirish uchun ularning o'tkinchi funksiyalarni quramiz. Buning uchun *Transient resp* oynasini aktivlashtiramiz. Bu oynada qurilgan barcha modellar uchun turli hil

ranglarda grafik aks etadi. Model ustiga ikki marta bosilsa model haqida ma'lumotlar ochiladi.

Model tartibini baholash uchun *State Space* ko'rinishi tanlanishi lozimdir. Hosil bo'lgan oynada 4-tartibli model taqdim etiladi. Hosil bo'lgan modelni qabul qilish yoki boshqa qidirish metodini ham tanlash mumkin. Buning uchun *Order* (daraja) qatoriga model tartibining diapazonini ko'rsatish lozim. Misol uchun 1:10.

Shundan so'ng *Estimate* tugmasi bosiladi va model tartibini tanlash imkonini beruvchi oyna hosil bo'ladi. Holat vektorini tashkil etuvchilarining modelning chiqish signaliga qo'shgan har bir hissasini ushbu oynada keltirilgan grafikda ko'rishimiz mumkin (ular markaziy o'q bo'ylab taqsimlangan).

Modelning p – tartibli qiymati shunday topiladiki, unda p dan yuqori sonlar bilan mos keluvchi ustunlar ularning chap tomonida joylashgan ustunlardan anchagina past balandlikka ega bo'lishi lozim. Shundan so'ng *Estimate* tugmasini bosib, modelning asosiy strukturaviy oynasiga qaytamiz. Natijada tanlangan tartibda modelning yangi belgisi hosil bo'ladi.

Modelni saqlash uchun uning belgisi Sichqonchaning chap tugmasi yordamida *Matlab* dasturining ishchi muhitiga o'tkaziladi. Bu *To Workspace* muhiti bo'lib, u interfeysining ishchi oynasining markazida joylashgandir. Buyruqlar paneliga nomlanishini terib va *Enter* tugmasini bosgan holda model parametrlarini ko'rish mumkin va so'ngida model buyruqlar panelidagi (saqlash uchun mo'ljallangan) tugma yordamida saqlanadi.

Interfeysning barcha ishchi muhitini fayl .sid ko'rinishida saqlash mumkin. Biroq keyingi ish jarayonida barcha olingan natijalar yuklanadi.

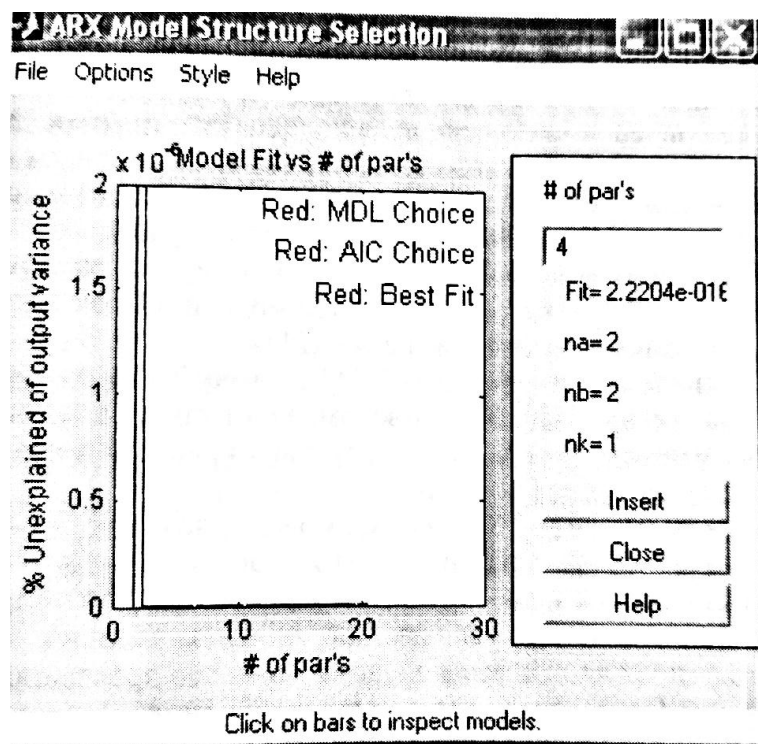
Misol

Identifikatsiyaning turli xil usullarini taqqoslash uchun Simoyu metodi bilan identifikatsiialangan obektni qo'llagan holda o'tkinchi funksiya ma'lumotlarini yuklab olamiz. Kirish (birdan iborat pog'ona) va chiqish (o'tkinchi funksiya) ma'lumotlari joylashadigan ikki qatordan iborat matritsani hosil qilamiz.

Ma'lumotlar satri invertirlash yordamida ustunlarga o'zgartiriladi: $u=y'$. *Estimate* (baholash) tugmasini bosamiz. Parametrik model (*Parametric models*)

variantini tanlimiz. Muloqot oynasi hosil bo‘lib, unda $na=4$, $nb=4$, $nk=1$ parametrlari bilan *ARX* turidagi model taqdim etiladi.

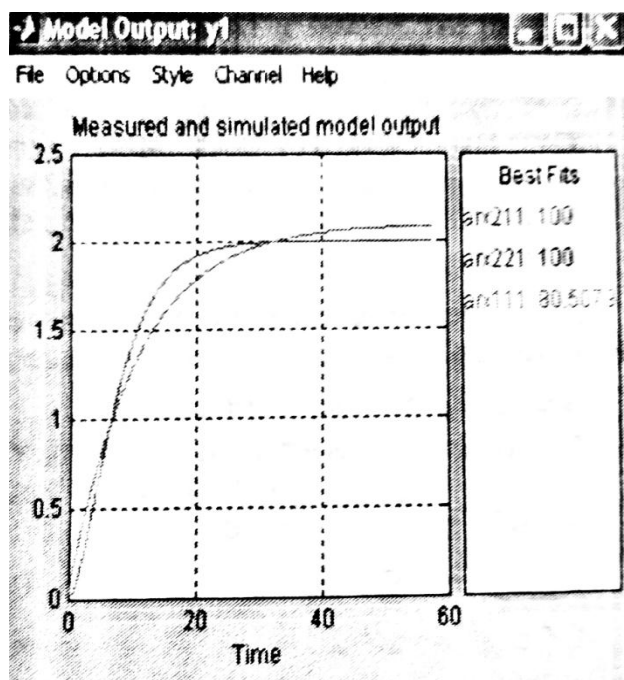
Uzatish funksiyasi tartibini avtomatik tanlash uchun *Order selectin* buyrug‘ini tanlash mumkin. Koeffitsiyentlarning har bir 1-10 diapazonidan tanlab olinadi. Ishga tushgandan so‘ng (*Estimate* bosiladi) tanlash tuzilma oynasi hosil bo‘ladi. Bu oynada taqdim etilgan model uchun uzatish funksiyasi koeffitsiyentlarining hissasini ko‘rish mumkin. 6.14-rasmda ko‘rinib turibdiki, bu modelning asosiy hissassi – bu ikkinchi tartibdir. O‘ng tomonda koeffitsiyentlarning taqdim etidayotgan qiymatlari ko‘rsatilgan: $na=2$, $nb=2$, $nk=1$. Taqdim etilgan modelni maqullagan holda sichqonchanning chap tugmasi yordamida *Insert* tugmasini bosami. Model ma’lumotlarini kiritganimizdan so‘ng, identifikatsiya interfes asosiy oynasida “*arx221*” model nomi bilan birinchi darchada rangli chiziq hosil bo‘ladi.



6.18-rasm. Model strukturasini tanlash.

Agar sichqonchanning chap tugmasi (SHT) bilan *Model output* buyrug‘ini belgilasak, chiqish signalini modellashtirish oynasi hosil bo‘ladi va tajribaviy

ma'lumotlar bilan ularning mos kelishi baholanishi foizlarda aks etadi. Bizning holatda bu – 100% dir (6.19-rasm).



6.19-rasm. Modelning chiqish signali.

Parametrik identifikatsiya amalida past tartibli modelga erishiiga harakat qilish lozim. Biroq bu model aniqlik bo'yicha qo'yilgan barcha talablarga javob berishi lozim.

Shu maqsadda model tartibini pasaytiramiz: $na=2$, $nb=1$, $nk=1$. Modelning parametrik oynasiga ma'lumotlarni kiritamiz va *Estimate* tugmasini bosamiz. Identifikatsiyalash interfeysining ikkinchi oynasida “arx 211” nomli boshqa rangdagi bir chiziq ko'rinishida ikkinchi model hosil bo'ladi. Chiqish signalini modellashtirish oynasida mos tushadigan rangda bu modelning o'tkinchi funksiya chizig'i hosil bo'ladi. Va xuddi shunday rang bilan o'ng tomonda tajribaviy ma'lumotlar bilan mos tushganligi foizlarda ko'rsatib turadi. Bizning holatda bu yana – 100% dir. Model tartibini yana pasaytirishga urunib ko'ramiz: $na=1$, $nb=1$, $nk=1$. Biroq bu holatda mos tushganlik foizlarda 80.5% ga tengdir. Bu modeldan voz kechamiz.

Bizning talablarga javob beruvchi tartibi past bo'lgan model – bu ikkinchisi, ya'ni “arx211” dir.

Sichqoncha yordamida $u1$ ni To Workspace ramkaga olib o'tamiz va u qizil rang bilan yonganini ko'rishmiz mumkin. Agar u yerda shu nom bilan model mavjud bo'lsa, ramka qizil rang bilan yonadi va model almashinuviga so'rov hosil bo'ladi. Agar sichqoncha yordamida model ustiga ikki marta bosilsa, shu modelning ma'lumotlar oynasi hosil bo'ladi. Bu yerda diskret modelning uzatish funksiyasining suratlari va maxrajleri koeffitsiyentlarini ko'rish mumkin. Xuddi shu koeffitsiyentlarni agar ular ishchi muhitga kiritilgan bo'lsa, buyruqlar paneliga nomini yozgan holda ham ko'rish mumkin. Kiritish amali bajarilganidan so'ng quyidagilar hosil bo'ladi:

```
>> arx211
```

Discrete – time IDPOLY model: $A(q)y(t) = \dots = B(q)u(t) + e(t)$

$A(q) = 1 - 1.995q^{-1} + 0.9947q^{-2}$

$B(q) = 1.33e-005q^{-1}$

Estimated using ARX from data set da

Loss function 2.25831e-030 and FRE 2.26064e-030

Sampling interval: 0.01

```
>>
```

<<d2c>> buyrug'i bilan ARX – modelining diskret shaklini uzluksiz uzatish funksiyasiga keltirish mumkin:

```
>> w=d2c(arx211)
```

Continuous – time IDPOLY model: $A(s)y(t) = \dots = B(s)u(t) + C(s)e(t)$

$A(s) = s^2 + 0.5333s + 0.06667$

$B(s) = 0.0006661s + 0.1333$

$C(s) = s^2 + 150.4s + 1.003e004$

Estimated using ARX from data set da

Loss function 2.25831e-030 and FPE 2.26064e-030

```
>>
```

Boshlang'ich sharti nol bo'lgan shartda uzatish funksiyasini aniqlimiz. Shuning uchun $S(s)$ e'tiborga olinmaydi. Suratda hosil bo'lgan qiymatlarni

e'tiborga olmaymiz, chunki ular boshqalaridan tartibi bo'yicha uch marta kichikdir. Quyidagini topamiz:

$$W(p) = \frac{0.1333}{p^2 + 0.5333p + 0.06667}. \quad (6.75)$$

Agar barcha koeffitsiyentlarni 0.06667 ga bo'lsak, u holda

$$W(p) = \frac{0.9994}{14.9993p^2 + 7.9991p + 1}. \quad (6.76)$$

(6.71) va (6.76) uzatish funksiyalari kichik hatolik chegarasida bir-biriga mos keladi. Olingan uzatish funksiyasini oddiy ko'payuvchilarga ajratish uchun, uning harakteristik tenglamasining ildizlarini topamiz. 4.9981 va 3.0010 ga ega bo'lamiz. Qiymatlarni yaxlitlab olib uzatish funksiyasini quyidagi ko'rinishda yozamiz

$$W(p) = \frac{2}{(5p+1) \cdot (3p+1)}. \quad (6.77)$$

Bu berilgan (6.72) bilan to'liq mos keladi.

6.4. Modelni adekvatlikka tekshirish

Modelni tizim bilan adekvatligini tekshirish deganda uni tadqiq qilinayotgan tizim bilan o'lchamlarini mosligi hamda chiqish qiymatlarini tengligini tahlil qilish tushuniladi. Lekin shu narsani yoddan chiqarmaslik lozimki, model tizimni o'ziga bir qiymatli akslantirib olmaydi, aks holda modelni yaratishning ma'nosi qolmaydi.

Adekvatlik tashqi shartlarni va tizimni ishlash rejimlarini ideallashtirish natijasida buziladi, bularga quyidagilarni misol qilish mumkin: u yoki bu parametrlarni chiqarib tashlashlik; ba'zi bir tasodifiy omillarni e'tiborga olmaslik.

Tashqi ta'sirlar hamda tizim tuzilmasidagi ma'lum bir nyuanslar haqida aniq ma'lumotlar yo'qligi va shu bilan birga, amalga oshirilayotgan approksimatsiyalar, interpolyatsiyalar, taxminlar va gipotezalar ham model bilan tizim orasidagi moslikni pasayishiga olib keladi. Yuqorida keltirib o'tilgan va boshqa omillar tizim

modeli bilan real tizim orasida vujudga keladigan nomutanosiblikga sabab bo'lishi mumkin.

Model bilan tizimning adekvatligini aniqlovchi sodda munosabat sifatida quyidagi kattalikni (og'ish) qarash mumkin:

$$\Delta y = |y_0 - y_m| \quad \text{yoki} \quad \Delta y = \frac{|y_0 - y_m|}{y_0}$$

yoki bu yerda y_0 original ob'yektning xarakterlovchi kattalik, y_m esa tizimning mazkur kattaligiga mos modelning xarakterlovchi qiymat.

Yuqoridagi munosabatdan kelib chiqqan holda, ishlab chiqilgan model bilan tizimni adekvat deb hisoblaymiz, agar u (og'ish kattaligi) qiymati biror bir chegaraviy qiymatdan ortib ketmasa.

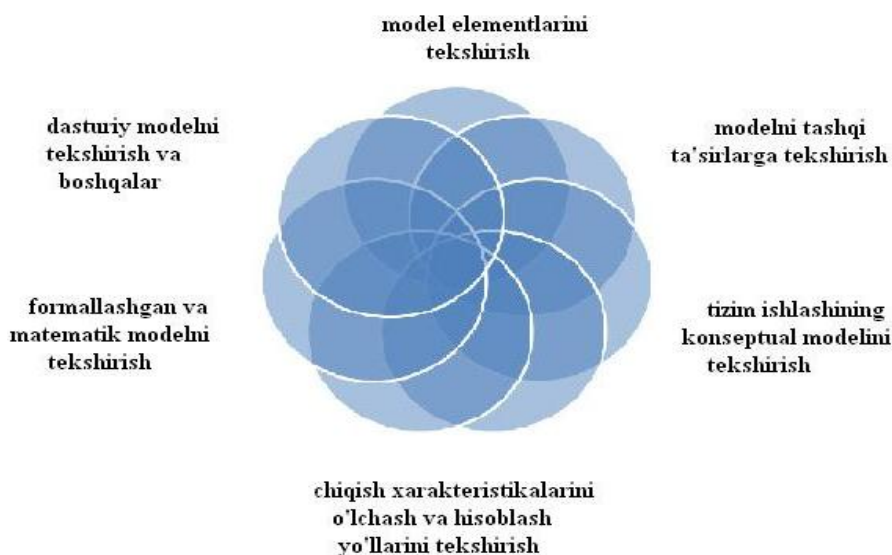
Ammo mazkur mezondan amaliy masalalarda foydalanish quyidagi sabablarga ko'ra ba'zi bir holatlarda umuman imkoni yo'q.

Birinchidan, loyihalashtirilayotgan yoki modernizatsiya qilinayotgan tizimlar uchun y_0 qiymati haqida ma'lumot bo'lmaydi, modellashtirilayotganda odatda shunday tizimlar qaraladi. Albatta, bunday holatlarda model qiymati bilan tizimning analogi qiymatlari tekshirilishi mumkin, lekin u holda har ikkala kattalikka ham ishonchsizlik paydo bo'lishi mumkin.

Ikkinchidan, tizim bitta bitta xarakteristika bilan emas, balki xarakteristikalar majmuasi bilan baholanib, ularning tashkil etuvchi xarakteristikalarining og'ishlari turli hil bo'lishi mumkin.

Uchinchidan, xarakteristikalar tasodifiy miqdor yoki funksiya, ko'pincha, nostatsionar funksiya bo'lishi mumkin. Stoxastik tizimlar uchun yuqori adekvatlik darjasiga ega bo'lgan modellarda olingan statistik xarakteristikalar, real tizimda o'lchashlar yordamida olingan mos qiymatlarga nisbatan aniqroq bo'lib qolishi ham mumkin. Bu narsani quyidagicha izohlash mumkin. Agar tizim modeli mavjud bo'lsa, u holda natijaviy qiymatni juda ko'plab joriy qilingan (realizatsiya) natijalarga asoslanib chiqariladi, real tizimda esa bunday sondagi tajribalar o'tkazish imkoniyati chegaralangan.

To'rtinchidan, boshida aniq ruxsat etilgan chegaraviy qiymatni berish imkoniyati har doim ham mavjud bo'lavermaydi.



6.20-rasm. Modelni tizim bilan adekvatligini tekshirish

Bulardan qat'iy nazar, modelni tizim bilan mosligini tekshirish baribir zarur bo'ladi, sababi, modelni xato natijasiga ko'ra notg'o'ri qaror qabul qilinib qolishi mumkin. Amaliyotda moslik (adekvatlik), ya'ni model yordamida olingan natijalarni yaroqliligi ekspertlar tahlili orqali aniqlanadi. Quyidagi ko'rinishdagi tekshiruvlarni alohida ta'kidlab o'tish mumkin (quyidagi chizmaga qarang):

- model elementlarini tekshirish (bir bir shubha tug'diradigan holatlarda elementlarni detalizatsiya qilish yoki qo'shimcha tahlil o'tkazish);
- modelni tashqi ta'sirlarga tekshirish (qabul qilingan taxmin, approksimatsiya va gipotezalarni matematik usullar orqali baholash zarur);
- tizim ishlashining konseptual modelini tekshirish (masalaning qo'yilishidagi xatoliklar aniqlanadi);
- formallashgan va matematik modelni tekshirish;
- chiqish xarakteristikalarini o'lchash va hisoblash yo'llarini tekshirish (echimning xatoligi aniqlanadi);
- dasturiy modelni tekshirish (dasturiy va matematik modellarda amal (operatsiya) va algoritmlarni ishlashi mosligi tahlil qilinadi, o'zgaruvchilarni

chegaraviy va namunaviy qiymatlarida tekshiruv-nazorat hisoblashlar o'tkaziladi, dasturlashni vositaviy xatoliklari aniqlanadi) va boshq.

Modelni korrektirovka qilish (to'g'rilash). Agar modelni adekvatligini tekshirish mobaynida tizim bilan model orasida ruxsat etilmagan omutanosibliklar aniqlanib qolguday bo'lsa, u holda modelni to'g'rilash zarurati paydo bo'ladi. Model korrektirovka qilinayotganda quyidagi ko'rinishdagi o'zgarishlar bo'lishi mumkin:

- global;
- lokal;
- parametrik.

Agar konseptual yoki matematik modelda uslubiy xatolik mavjud bo'lsa, u holda modelga global o'zgartirishlar kiritish zarurati paydo bo'ladi. Bunday xatoliklarni yo'qotish natijasida yangi model hosil bo'ladi. Lokal ko'rinishdagi o'zgarishlarda esa ba'zi bir parametr yoki algoritmlarni aniqlashtiriladi. Ular quyidagicha amalga oshiriladi, masalan, tizim komponentalari va tashqi ta'sirlarni yaxshiroq tasniflab beruvchi boshqa modellar bilan almashtirish orqali. Lokal o'zgarishlar matematik modelni qisman o'zgartirsada, lekin ba'zi holatlarda dasturiy modelni yangilash zarurati paydo bo'ladi. Iloji boricha bunday ko'rinishdagi o'zgarishlarni qilmaslik uchun, modellashtirishni maqsadiga erishishda lozim bo'ladigan darajadan ko'ra ko'proq darajada detallashtirish (bo'laklash) (tizimni) tavsiya etiladi.

Parametrik o'zgarishlarga esa kalibrli deb atalmish, ba'zi bir maxsus parametrlarni o'zgartirishlar kiradi.

Modelni korrektirovka qilish strategiyasi quyidagicha bo'lishi lozim: birinchi navbatda global o'zgarishlar, ikkinchi navbatda lokal o'zgarishlar va nixoyat oxirigisi parametrik o'zgarishlar.

Modelni adekvatligini tekshirish va uni korrektirovka qilish bosqichi modelni yaroqlili sohasi aniqlash va fiksatsiya qilish bilan yakunlanadi. Yaroqlili sohasi deganda shunday shartlar to'plami nazarda tutiladiki, agar mazkur shartlar o'rinli bo'lsa, u holda modellashtirishning natijasi ruxsat etilgan oraliqda, ya'ni natijalar tadqiqotchini qanoatlantiradi.

Obekt modeli olinganidan so'ng, u adekvatlikka tekshiriladi. Modelning adekvatliligi (lot. olingan bo'lib, adaequatus – tenglashtirish, teng) – bu model hususiyatlari va modellashtiriladigan obektning hususiyati bilan mos kelishidir. Model adekvatligi baholash – modelni real sistemaga mos kelishini tekshirish. Modelni real obektga adekvatligini baholash jaryoni tajribaviy ma'lumotlar hisoblariga yaqinligi bilan baholanadi.

Modelning adekvatligini asoslash uchun bir nechta kriteriyalar mavjuddir: Fisher kriteriyasi, Styudent kriteriyasi va boshqalar. U yoki bu kriteriyani tanlash modellashtirilayotgan obektning chiqish signalining statik hususiyatlariga bog'liqdir.

Fisherning adekvatlilik kriteriyasi

Model koeffitsiyentlari hisoblab olinganidan so'ng, uni aniqligiga tekshirib ko'rish lozim. Modelni adekvatlikka tekshirish – sistemada sodir bo'layotgan jarayonlarni model qanchalik tavsiflanishi va jarayondagi ma'lumotlarni takomillashini qanchalik sifatli ta'riflashini o'rganish demakdir. Adekvatlikni tekshirish ba'zi tajribaviy ma'lumotlar asosida amalga oshiriladi.

Modelning ishonchililigini tekshirish metodi Fisher tomonidan ishlab chiqilgan. Bu metod Fisher kriteriyasining qiymatlari topilishi va jadvaldagi qiymatlar bilan solishtirilishi bilan asoslanadi: agar olingan qiymat jadvalda berilganidan kichik bo'lsa, model qabul qilinadi.

Fisherning adekvatlik kriteriyasi parametrik kriteriyalar guruhiga kiradi. Shuning uchun uni qo'llashdan oldin tadqiq etiladigan ma'lumotlar normal taqsimlanish qonuniga bo'ysunishini tekshirib ko'rish lozim. Bu jarayonni amalga oshirish uchun quyidagi ammalarni qo'llash mumkin:

1) tadqiqot ma'lumotlari asosida o'q chizig'i bo'ylab chastota poligonini va normal taqsimlanish egri chizig'ini chizish mumkin. Normal taqsimlanish egri chizig'ining shakli bilan taqsimlanishning emperik funksiyasi grafigi taqqoslanganda, shunday parametr aniqlanadiki, unda oxirgi egri chiziq birinchisidan farqlanishini kuzatamiz;

2) o'rtasi, mediana va moda (geofiz) si hisoblab olinadi va shu asosda normal taqsimlanishdan og'ish aniqlaniladi. Agarda mediana va o'rtacha arifmetik qiymati bir-biridan ahamiyatli darajada farqlanmasa (simmetrik grafik), u holda biz normal taqsimlanishga, agarda mediana o'rtacha qiymatdan farqlansa, u holda biz asimmetrik tanlovga ega bo'lamiz.

3) taqsimlanishning egri chiziq eksessi nolga teng bo'lishi lozim. Musbat eksessga ega bo'lgan egri chiziklar normal taqsimlanish egri chiziklariga sezilarli darajada vertikal joylashgandir. Manfiy eksessga ega bo'lgan egri chiziklar normal taqsimlanish egri chiziklariga nisbatan qiyaroq bo'lib hisoblanadi.

4) chastota taqsimlanishi va standart og'ish aniqlanganidan so'ng quyida berilgan to'rtta taqsimlash intervali topiladi. Ular amaldagi qator ma'lumotlar bilan solishtiriladi:

A) $u=\pm 0.3\sigma$ – chastota yig'indisining 25% ga yaqin qiymati intervalga tegishli bo'lishi lozim.

B) $u=\pm 0.7\sigma$ – chastota yig'indisining 50% ga yaqin qiymati intervalga tegishli bo'lishi lozim.

V) $u=\pm 1.1\sigma$ – chastota yig'indisining 75% ga yaqin qiymati intervalga tegishli bo'lishi lozim.

Odatda muhandislik amaliyotida model xatoligi sifatida standart (o'rtacha kvadratik) og'ish σ ($\sigma^2=D$) nazarda tutiladi. Dispersiya – og'ish kvadratining o'rtacha qiymati:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n-1}. \quad (6.78)$$

Normal taqsimlangan jarayonlar uchun 66% nuqtalar modeldan bitta standart og'ish chegarasida, 95% esa ikki standart og'ish chegarasida mavjud bo'ladi.

Standart og'ish – modelning tug'riligini aniqlovchi muxim ko'rsatgichdir. Katta hatolik modelning jarayonga mos tushmasligi haqida dalolat beradi. Biroq modelning katta hatoligi boshqa sabablar tufayli bo'lishi mumkin: o'lchovlar

natijalarining sochilib ketganligi. Statik hatolik tajribalar soni kam bo'lgan holatlarda yuzaga keladi. Bu holatda ko'plab tanlovlarni olish talab etiladi.

Aniqliligini tekshirish uchun quyidagilarni qo'llash mumkin:

1. Kirish parametri x , u ni o'lchaganda hosil bo'ladigan hatolikga nisbatan kam hatolik bilan o'lchanadi (x – tasodifiy bo'lmagan kattalik). u ni o'lchashdagi katta hatolik har bir jarayonda aniqlanmagan o'zgaruvchilar mavjudligi sababli vujudga keladi.
2. u kattaligining o'lchov natijalari normal qonun bo'yicha taqsimlangan.
3. p ta olingan tanlamalarda tajribani o'tkazishda t marta tajriba takrorlanadi. Shu bilan birga tanlab olinadigan dispersiya bir jinsli bo'lishi lozim:

$$\begin{vmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \cdots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} \cdots & y_{2j} \cdots & y_{2m} \\ y_{i1} & y_{i2} & y_{ij} & y_{im} \\ y_{n1} & y_{n2} \cdots & y_{nj} \cdots & y_{nm} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \overline{y_1} \\ \overline{y_2} \\ \overline{y_i} \\ \overline{y_n} \end{vmatrix}.$$

Har bir tajribaning o'rtacha qiymatini topamiz:

$$\overline{y_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ij}. \quad (6.79)$$

Adekvatlik dispersiyasi quyidagiga teng:

$$D_{ad} = \frac{m \sum_{i=1}^n (\overline{y_i} - \hat{y}_i)^2}{n - l}, \quad (6.80)$$

bu yerda, $\overline{y_i}$ – tajribaning o'rtacha qiymati; u_i – olingan modelning u qiymati (uzatish funksiyasi bo'yicha hisoblab olingan); t – bitta tajribaning takrorlanish soni; p – tanlovlar soni; l – regressiya tenglamasida koeffitsiyentlar soni; $(p-1)$ – adekvatlik dispersiyasi ozod hadlar soni.

Qayta ishlash dispersiyasini hisoblab olamiz:

$$D_{kay} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \overline{y_i})^2}{n \cdot (m - 1)}, \quad (6.81)$$

bu yerda $(t-1)$ – qayta ishlash dispersiyasining ozod hadlar soni.

$$F = \frac{D_{ad}}{D_{kay}} - \text{Fisher kriteriyasi} \quad (6.82)$$

Fisher kriteriyasining kritik qiymatlari k_1 va k_2 kattaliklari bilan topiladi. k_1 – katta dispersiyaning ozod hadlar soni va k_2 – kichik dispersiyaning ozod hadi (jadvalning o‘ng ustuni). Olingan F soni jadvaldagisi bilan solishtiriladi va modelning aniqligigi hakida xulosa qilinadi: agar F jadvalda berilgan qiymatdan kam bo‘lsa, u holda model aniq.

6.6-jadval

Fisher kriteriyasining kiymatlar jadvalining bir kismi [10,c.467]. Ahamiyatlilik darajasi $\alpha=0,05$.

k_2	k_1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88	245,95
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,43
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,70
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,86
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,67	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,62
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,53
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,46
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,35
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,31
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,27
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,23
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20

Agar eksperiment parallel tajribalarsiz o'tkazilsa, u holda qayta ishlash dispersiyasi yuq. Approksimatsiya sifatini adekvatlik dispersiyasi va o'rtacha dispersiyalarni taqqoslagan holda aniqlash mumkin:

$$D_{ad} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2}{n-1}; \quad (6.83)$$

$$D_{o'r} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(y_i - \bar{y} \right)^2}{n-1}; \quad (6.84)$$

$$F_1 = \frac{D_{ad}}{D_{o'r}}. \quad (6.85)$$

F qiymat suratida $k_1=n-1$ va maxrajida $k_2=n-1$ ozod hadlarga ega bo'lgan holda jadvaldagi qiymat bilan solishtiriladi. Agar F_1 tanlagan ahamiyatlilik chegarasi r ga yetsa yoki undan o'tib ketsagina regressiya tenglamasi o'rtachadan yaxshiroq tarzda tajriba natijalarini ko'rsatib beradi (odatda $r=1-q=5\%$ deb qabul qilinadi). Fisher kriteriyasidagi F shuni ko'rsatadiki, regressiya tenglamalari tajriba natijalarini o'rtacha u ga nisbatan yaxshiroq taxmin qiladi.

Misol

Isitgich ishga tushirilganidan so'ng, har bir daqiqa o'tganidan so'ng, harorat o'lchab borilgan va uning natijalari 6.6-jadvalda keltirilgan.

6.7-jadval

22,91	24,09	23,87	25,78	27,05
28,94	31,38	32,23	35,16	35,15
34,37	35,85	36,24	38,44	38,13
40,15	41,47	4,66	40,37	41,15
39,93	41,37	41,15	40,54	40,29
41,55	43,36	41,25	41,17	41,20
41,79	43,84	43,03	43,34	41,56
42,31	42,97	42,66	43,22	44,01
43,99	44,95	42,75	43,56	44,07

43,20	43,12	43,75	41,95	41,99
-------	-------	-------	-------	-------

Jadvalda berilgan ma'lumotlar asosida Matlab dasturida parametrik identifikatsiya amali bajariladi. Natijada obektning uzatish funksiyasi olinadi:

$$W(p) = \frac{21}{15p^2 + 7p + 1}. \quad (6.86)$$

Uzatish funksiyasidan foydalanib (6.86), 6.7-jadvaldagi kabi xuddi shunday ma'lumotlar soni va diskretlashning bir hil intervali bilan berilgan holda o'tkinchi funksiya qiymatlarining jadvali tuzilgan (6.4-jadval).

6.8-jadval

22,35	23,22	24,40	25,76	27,19
28,62	30,00	31,32	32,54	33,68
34,71	35,65	36,49	37,25	37,92
38,53	39,06	39,54	39,95	40,32
40,65	40,94	41,19	41,41	41,61
41,78	41,93	42,06	42,18	42,28
42,37	42,45	42,52	42,58	42,63
42,68	42,72	42,75	42,78	42,81
42,83	42,85	42,87	42,89	42,90
42,91	42,93	42,93	42,94	42,95

Fisher kriteriyasini qo'llagan holda, olingan modelni adekvatligga tekshirib ko'ramiz. Biroq, oldin jadvaldagi tadqiq etilayotgan ma'lumotlar normal (gaussov) taqsimlanish qonuniga bo'ysunishiga ishonch hosil qilish lozim. Matlab dasturining imkoniyatlaridan foydalanib, o'rtacha qiymat, mediana va egri chiziq eksessini hisoblab olamiz.

O'rtacha qiymat quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y}). \quad (6.87)$$

Matlab dasturi ushbu hisoblashlarni, buyruqlar qatorida joylashgan bittagina *mean* buyrug'i bilan bajarish imkonini beradi:

```
>>m1=mean(y)
```

m1=

0.3478

Tasodifiy kattalik dispersiyasi deb – shu kattalikning matematik kutilishidan og‘ish kvadratining matematik kutilishidir. Dispersiya quyidagi formula yordamida hisoblanadi

$$D = \sum_{j=1}^n \frac{(y_j - \bar{y})^2}{n-1}. \quad (6.88)$$

Xuddi shu hisoblash amali Matlab dasturida “var” buyrug‘i bilan amalga oshiriladi.

```
>>m4=var(y)
```

m4=

0.8946

```
>>
```

O‘rtacha kvadratik og‘ish yoki standart og‘ish tasodifiy kattalik dispersiyasi ildizi ostiga tengdir:

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (6.89)$$

O‘rtacha kvadratik og‘ishni hisoblash buyrug‘i – std:

```
>>m3=std(y)
```

m3=

0.9458

```
>>
```

Mediana qatorni ikkita teng (son qiymati buyicha) qismga bo‘ladi – kichik ko‘rsatkichli mediana qiymatlari va katta ko‘rsatkichli mediana qiymatlari mavjud bo‘lgan qismlarga. Mediana bu – sarflangan qatorning o‘rtacha qiymatlarinining yarimsummasidir. Interval variatsion qatorlarda medianani aniqlash intervalini oldindan tahminiylar aniqlashni talab etadi. U quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$M_e = y_{Me} + h_{Me} \cdot \frac{\frac{\sum f}{2} - S_{Me-1}}{f_{Me}}, \quad (6.90)$$

bu yerda u_{Me} – medianali intervalning quyi chegarasi; h_{Me} – medianali intervalning kattaligi; S_{Me-1} – itnervalning to‘plangan chastotalar yig‘indisi; f_{Me} – medianali intervalning lokal chastotasi.

Matlab dasturida medianani hisoblash median buyrug‘i bilan amalga oshiriladi:

```
>>m2=median(y)
```

```
m2=
```

```
0.3012
```

Eksess ko‘rsatkichi (YE) quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^4}{n \cdot \sigma^4} - 3, \quad (6.91)$$

bu yerda YE – eksess ko‘rsatkichi; σ – o‘rtacha kvadratik xatolik; $\bar{y}$ - o‘rtacha arifmetik; p – parametrlarni hisoblash soni; u_i – i qadamida o‘lchab olingan qiymatlar.

Eksessni hisoblash natijasi uni nolga teng ekanligini ko‘rsatdi.

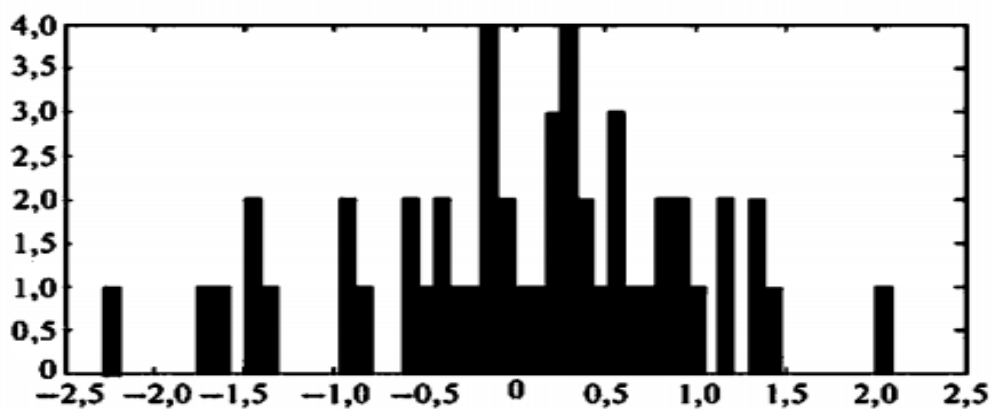
```
ek=0.00
```

Tadqiqotlar, hisoblab olingan mediana va o‘rtacha qiymatlar $t_1=0,3478$, $t_2=0,3012$ bir-biriga yaqinligini ko‘rsatdi. Bundan tashqari eksess ham nolga tengdir. Demak, tadqiq etiluvchi jarayon normal gaussov taqsimlanishiga taaluqlidir.

Shu bilan birga Matlab hist buyrug‘ini qo‘llagan holda ko‘rilayotgan statik ma’lumotlarning gistogrammasini qurish imkonini beradi. Shu bilan birga interval miqdorini ko‘rsatish imkonini ham yaratadi. Bizning holatda bu interval – 50:

```
>> hist(y, 50)
```

6.23-rasmda keltirilgan gistogramma, ma’lumotlar taqsimlanishi normal holatda ekanligi va Fisher kriteriyasidan foydalanish mumkunligini ko‘rsatadi.



6.22-rasm. Gistogramma

Dasturda (6.84), (6.85) va (6.86) formulalari bo'yicha adekvatlik dispersiyasi, o'rtacha dispersiya va Fisher kriteriyasi ko'rsatkichlari hisoblangan:

$$D_{ad}=0,8501; D_{o'd}=0,8127; F=1,0461.$$

6.5-jadvalga ko'ra F -kriteriya uchun ozod xadlarda

$$k_1=50-3=47 \text{ va } k_2=50-1=49,$$

tengliklardan $F_{krit}=1,617 (>1,0461)$ ni aniqlaymiz.

6.24-rasmda o'tkinchi jarayonlar ko'rsatilgan: eksperimental va uzatish funksiyasi (6.85) bo'yicha approksimatsiya natijasida olingan natijalar keltirilgan.

Ularning mos kelishi kuzatiladi.

6.9-Jadval

Ahamiyatlilik darajasi $R=0,05$ bo'lganda fisher kriteriyasining F – qiymati.

$k_1 \backslash k_2$	46	47	48	49	50
1	4,0517486921	4,0470998946	4,0426521286	4,0383926337	4,0343097068
2	3,1995817059	3,1950562807	3,1907273359	3,1865823524	3,1826098520
3	2,8068449288	2,8023551761	2,7980606354	2,7939488516	2,7900084064
4	2,5740350252	2,5695400128	2,56524050585	2,5611240339	2,5571791500
...	...	...	...	...	...
44	1,631344629	1,6336104864	1,6283161175	1,6232371757	1,6183606331
45	1,6357332362	1,6301958441	1,6248884149	1,6197967538	1,6149078194

46	1,6324638641	1,6269133952	1,6215932334	1,6164891698	1,6115881501
47	1,623186956	1,6237554762	1,6184228970	1,6133067359	1,6083939262
48	1,622906682	1,6207150123	1,6153703194	1,6102423548	1,6053180394
49	1,633732516	1,6177854616	1,6124289478	1,6072894627	1,6023539159
50	1,6205603981	1,6149607657	1,6095927129	1,6044419806	1,5994954668



6.22-Rasm. Eksperement approksimatsiyasi.

Styudent kriteriyasi (T-kriteriyasi)

Ushbu kriteriya tanlamadagi har ikki oʻrtacha qiymatlar bitta toʻplamga taaluqli ekanligini topish ehtimolini beradi. Kreteriya maʼlumotlari bir hil toʻplamga taaluqli gipotezanisini tekshirish koʻp hollarda qoʻllaniladi (6.6-jadval).

Kriteriyani qoʻllashda ikkita holatni ajratish mumkin:

- birinchi holat, oʻzaro bogʻliq boʻlmagan tanlanmalarning mustaqil ikkita asosiy oʻrtachalarining tenglik gipotezasi tekshirilganda (ikkita tanlangan t -kriteriyalar). Bunday holatda nazorat va eksperemental (tajribali) guruh mavjud boʻladi. Guruhlarda tadqiq etilayotganlarning soni turlicha boʻlishi mumkin;
- ikkinchi holatda, oʻrtachalar gipotezani tekshirish uchun obektlarning bir hil guruhining oʻzi maʼlumotlar soni boʻyicha yengsa. Bunda juft t -kriteriya deb nomlanuchilar qoʻllaniladi. Bu jarayonda tanlamalar oʻzaro bogʻliq deb taladi.

Mustaqil tanlanmalar holati

Tanlanmalar o‘zaro bog‘lanmagan va mustaqil holatda kriteriya statistikasi quyidagiga teng

$$t_{emp} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sigma_{x-y}}, \quad (6.92)$$

bu yerda $\bar{x}$, $\bar{y}$ – tajriba va nazorat guruhlarida o‘rtacha qiymat; σ_{x-u} – arifmetik o‘rtachalarining ayirmasining standart xatoligi.

σ_{x-u} quyidagi formuladan topiladi

$$\sigma_{x-y} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}, \quad (6.93)$$

bu yerda p_1 va p_2 – birinchi va ikkinchi tanlanmalar qiymati.

Agar tanlamalar soni bir hil bo‘lgan bo‘lsa $n_1=n_2$, u holda o‘rtacha arifmetik ayirmaning standart xatoligi soddaroq formula yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_{x-y} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}{(n_1 - 1) \cdot n}}, \quad (6.94)$$

bu yerda p – tanlanma kattaligi.

Ozod hadlar sonini hisoblash quyidagi formula bilan amalga oshiriladi:

$$k = n_1 + n_2 - 2 \quad (6.95)$$

Tanlamalar son qiymati $k=2n-2$ ga teng bo‘lganida.

6.10– Jadval

Turli hil aniq. r ehtimolligi va ozod hadlar soni f uchun Student (t – kriteriya) koeffitsiyentining kritik qiymatlari.

f	r							
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999
1	3,0770	6,3130	12,7060	31,820	63,656	127,656	318,306	636,619
2	1,8850	2,9200	4,3020	6,964	9,924	14,089	22,327	31,599
3	1,6377	2,35340	3,182	4,540	5,840	7,458	10,214	12,924
4	1,5332	2,13180	2,776	3,746	4,604	5,597	7,173	8,610
5	1,4759	2,01500	2,570	3,649	4,0321	4,773	5,893	6,863

6	1,4390	1,943	2,4460	3,1420	3,7070	4,316	5,2070	5,958
7	1,4149	1,8946	2,3646	2,998	3,4995	4,2293	4,785	5,4079
8	1,3968	1,8596	2,3060	2,8965	3,3354	3,832	4,5008	5,0413
9	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6897	4,2968	4,780
10	1,3720	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	3,5814	4,1437	4,5869
11	1,363	1,795	2,201	2,718	3,105	3,496	4,024	4,437
12	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0845	3,4284	3,929	4,178
	-	-	-	-	-	-	-	-
150	1,2872	1,6551	1,9759	2,3515	2,6090	2,8482	3,1455	3,3566
200	1,2858	1,6525	1,9719	2,3451	2,6006	2,8385	3,1315	3,3398
250	1,2849	1,6510	1,9695	2,3414	2,5966	2,8222	3,1232	3,3299
300	1,2844	1,6499	1,9679	2,3388	2,5923	2,8279	3,1176	3,3233
400	1,2837	1,6487	1,9659	2,3357	2,5882	2,8227	3,1107	3,3150
500	1,2830	1,6470	1,9640	2,3330	2,7850	2,8190	3,1060	3,3100

Keyingi bosqichda olingan qiymat t_{emp} ni Styudent t – taqsimlanishining nazariy qiymati bilan solishtirish lozim. Agar $t_{emp} < t_{krit}$ bo'lsa, u holda N_0 gipotezasi qabul qilinadi; aks holda nolli gipoteza rad etilib o'rniga alternativ gipoteza qabul qilinadi.

O'zaro bog'liq bo'lmagan va son qiymati bo'yicha teng bo'lmagan tanlamalar uchun Styudentning t – kriteriyasining qo'llanilishiga misol ko'rib chiqamiz.

Misol

Ikki guruh stanoklar solishtiriladi. Ularning biri taranglik rostlagichi bilan jihozlangan. Smena vaqtida har bir stanokda uzilishlar soni sanab boriladi.

Olingan natijalar 6.7-jadvalda ko'rsatilgan.

Tanlamalarning umumiy soni: $p_1=11$; $p_2=9$.

O'ratacha arimetik hisobi: $X_{sr}=13,636$; $Y_{sr}=9,444$.

Standart xatolik: $\sigma_x=2,460$; $\sigma_u=2,186$.

6.11-Jadval

Tajriba natijalari

Birinchi guruh $N_1=11$ ta stanoklar	Ikkinchi guruh, rostlagich bilan jihozlangan: $N_2=9$ ta stanoklar
12 14 13 16 11 9 13 15 15 18 14	13 9 11 10 7 6 10 11

(6.81) formulasidan o'rtacha arifmetik yig'indisining standart xatoliklarini hisoblaymiz:

$$\sigma_{x-y} = \sqrt{\frac{60,545 + 38,222}{11+9-2} \cdot \left(\frac{1}{11} + \frac{1}{9}\right)} = 1,053 \quad (6.96)$$

Kriteriya statistikasini hisoblaymiz:

$$t_{emp} = \frac{13,636 - 9,444}{1,053} = 3,981 \quad (6.97)$$

Ozod hadlarni hisobga olgan holda $f=11+9-2=18$, tajriba natijasida olingan t ni jadvaldagi qiymtalar bilan solishtiramiz.

Yuzta holatdan beshtasida hato qilish ehtimoliga ruxsat etilgan holatda jadvaldagi qiymat t_{krit} 2,009 ga tenglashtiriladi (ahamiyatlilik darajasi =5%, yoki 0,05).

Agar tajribada $t_{emp}=3,981$ ga jadvaldagi esa $t=2,009$ bo'lsa, $3,9>2,1$, u holda aniq arifmetik yig'indiga ega bo'lamiz. Demak, taranglikni rostlovchi qurilmalar bilan jihozlangan stanoklar ko'proq samara berishi haqidagi N_1 alternativ gipotezani qabul qilish uchun asos mavjud.

Agar tajribada olingan t_{emp} jadvaldagidan kam bo'lib qolsa, u holda nolli gipotezani qo'llash lozim bo'ladi, chunki rostlagichlar samara bermagan hisoblanadi.

Agar biz jadvalda nazariy va tajribaviy guruhlarining joyini o'zgartirganimizda, u holda N_0 gipotezasi tajriba guruhining imkoniyatlari haqida ko'rib chiqilar edi:

$$t_{emp} = \frac{9,444 - 13,636}{1,053} = -3,981 \quad (6.98)$$

Xulosa qilib, shuni aytib o'tish lozimki N_0 gipotezasi qo'llaniladi, chunki rostlagich o'rnatilgan stanoklar samaradorli ekanligini ko'rsatib berdilar.

O'zaro bog'liq tanlamalar holati.

O'lchovlar soni bir hil bo'lganda tanlamalar o'zaro bog'liq bo'lgan holatda har birida Styudentning t - kriteriyasining soddaroq formulasini qo'llash mumkin.

t qiymatni hisoblash quyidagi formula yordamida amalga oshadi:

$$t_{emp} = \frac{\bar{d}}{Sd}, \quad (6.99)$$

bu yerda $\bar{d}$ - x va u o'zgaruvchilariga mos ravishda qiymatlarining ayirmasi $d_i = x_i - y_i$ dir.

Sd quyidagi formuladan topiladi:

$$Sd = \sqrt{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (6.100)$$

$k = n-1$ formulasidan ozod hadlar soni k topiladi. O'zaro bog'liq va son bo'yicha teng bo'lgan tanlanmalar uchun Styudentning t – kriteriyasini qo'llashga doir misol ko'rib chiqamiz.

Agar $t_{emp} < t_{krit}$ bo'lsa, u holda nolli gipoteza qabul qilinadi, aks hol kuzatilsa alternativ gipoteza qo'llaniladi.

Misol

O'nta stanokdan iborat guruhda qadamli uzatish uskunasi ventilniga o'zgartirildi. Tajriba boshlanishiga qadar va undan keyingi holatlarida effektivligini tekshirish uchun stanoklarning unumdorligi o'rganildi. 6.9-jadvalda bir smena stanoklarda yaxlit bir detelning ishlab chiqilishi natijalari keltirilgan.

6.12-Jadval

Tajriba natijalari

Stanoklar ($p=10$)	Detallar soni		Yordamchi hisob-kitob	
	Tajriba boshlanishidan oldin (X)	Tajriba oxirida (Y)	d	d^2

1	14	18	4	16
2	20	19	-1	1
3	15	22	7	49
4	11	17	6	36
5	16	24	8	64
6	13	21	8	64
7	16	25	9	81
8	19	26	7	49
9	15	24	9	81
10	9	15	6	36
Σ	148	211	63	477
O'rtachasi	14,8	21,1		

Ayirmalarning o'rtacha qiymatigacha hisoblarni amalga oshiramiz:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{10} = 6,3 \quad (6.101)$$

Keyin, quyidagi formulani qo'llagan holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Sd = \sqrt{\frac{477 - \frac{63 \cdot 63}{10}}{10 \cdot (10 - 1)}} = \sqrt{\frac{477 - 396,9}{10 \cdot (10 - 1)}} = \sqrt{0,890} = 0,943. \quad (6.102)$$

(6.102) formulasini qo'llab quyidagi hosil bo'ladi

$$t_{emp} = \frac{\bar{d}}{Sd} = \frac{6,3}{0,943} = 6,678 \quad (6.103)$$

Ozod hadlar soni $k=10-1=9$. 11.5-jadvalda $r=0,95$ bo'lganda $t_{krit}=2,2622$ ni topamiz. Tajribaviy $t_{emp}=6,678 > t_{krit}$ bo'lgani uchun N_1 alternativ gipotezasi qo'llanilishi mumkin. Demak, xulosa qilib aytish mumkinki tajriba yordamida o'zgartirishlar qilish samaradorlikni oshiradi. Bizning holatda bu jarayon yuritmani o'zgartirishdir.

Statik gipotezalar terminlarida olingan natijalar quyidagicha ataladi: 5% darajada gipoteza N_0 rad etiladi va N_1 gipotezasi qabul qilinadi.

VI-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO'ZLAR VA IBORALAR

Modellashtirishda integrallash usullari, Eylor metodi, trapetsiya metodi, Simpson metodi, parabola metodi, Simpsonning rekkurent formulasi, approksimatsiyalash, Runge-Kutti metodi, chiziqli silliqlash, silliqlash intervali, regression tahlil, eng kichik kvadratlar metodi, stoxastik modellar, diskret-toxastik modellar (p-sxemalar), uzluksiz-stoxastik modellar (Q-sxemalar), umumlashtirilgan modellar (Q-sxemalar), uzluksiz–determinanlangan modellar (D-sxemalar), diskret-determinanlangan modellar (F-sxemalar), Kramer teoremasi, ipning tarangligi, o‘rash tezligi, matlab dasturi, parabolik regressiya, parametrik identifikatsiyalash, Simoyu metodi, avtomatik rostlash sistemasi, tezlatish egri chizig‘I, eksponenta xususiyati, Laplas tsiviri, sistem identification, interfeysining muloqot oynasi, parametrik model, model output buyrug‘I, modelning chiqish signali, modelni adekvatlikka tekshirish, Fisherning adekvatlilik kriteriyasi, kritik qiymat, ahamiyatlilik darajasi, Styudent kriteriyasi, ,ustaqil tanlanmalar holati.

VI-BOBGA TEGISHLI NAZORAT SAVOLLARI

1. Modellashtirishda integrallash usullarini sanab bering.
2. Eylor metodi qanday metod?
3. Trapetsiya metodini gapirib bering.
4. Simpson metodi qanday metod?
5. Parabola metodini tushuntirib bering.
6. Simpsonning rekkurent formulasi yozib bering.
7. Approksimatsiyalash nima?
8. Runge-Kutti metodi qanday metod?
9. Chiziqli silliqlash tushuntirib bering.

10. Regression tahlil nima?
11. Eng kichik kvadratlar metodi qanday metod?
12. Kramer teoremasi elsa ko`ring?
13. Parabolik regressiya nima?
14. Parametrik identifikatsiyalash tushuntirib bering.
15. Simoyu metodi nima?
16. Modelni adekvatlikka tekshirishni tushuntiring.
17. Fisherning adekvatlik kriteriyasi elsa ko`ring.
18. Student kriteriyasi qanday kriteriya?
19. Stoxastik modellar nima?
20. Diskret-stoxastik modellar (p-sxemalar) eslab ko`ring.
21. Uzluksiz - stoxastik modellar (Q-sxemalar) gapirib bering
22. Umumlashtirilgan modellar (Q-sxemalar) qanday modellar?
23. Uzluksiz – determinanlangan modellar (D – sxemalar) nima?
24. Diskret - determinanlangan modellar (F-sxemalar) haqida nimalarni bilasiz?
25. Studentning t – kriteriyasi nima?
26. Student kriteriyasi qo`llashda nima xil holat qo`llaniladi?
27. Fisher kriteriyasi imkoniyatlarini sanab bering
28. O`rtacha kvadratik og`ish nima?
29. Adekvatlik dispersiyasi formulasini eslab ko`ring
30. Trapetsiya metodi haqida nimalarni bilasiz?
31. Simoyu metodi haqida nimalarni bilasiz?
32. Eng kichik kvadratlar metodi haqida nimalarni bilasiz?

GLOSSARIY

O'zbekcha nomi	Inglizcha nomi	Ruscha nomi	Ma'nosi
Kompyuterli model	Computer model	Компьютерная модель	Sonli bo'lmagan algoritmlar bilan ishlovchi va EXMda amalga oshiriluvchi matematik model.
Matematik model	Mathematical model	Математическая модель	tizim xususiyatlari va tavsiflari haqida fikr yuritish imkonini bera oladigan, o'rganilayotgan sistemaga o'xshash matematik bog'liqliklarning yig'indisi.
Texnologik parametr	Process parameter	Технологи- ческий параметр	har qanday texnologik jarayon vaobekt turli fizik kattaliklar: harorat, bosim, tezlik, taranglik, namlik, sath va boshqalar kabi ko'rsatkichlari bilan ifodalanadi.
Rostlanuvchi parametr	Adjustable parameter	Регулируемый параметр	rostlanishi, o'zgarmas qilib ushlab turilishiyoki berilgan dastur bo'yicha o'zgartirilishi talab qilinadigan parametr
Boshqarish obekti	Control object	Объект управление	parametrlari rostlanayotgan texnologik mashina.
Boshqarish	Control	Управление	har qanday jarayonni qo'yilgan maqsad sari yo'naltirish
Rostlagich	Regulator	Регулятор	boshqarish obektining rostlanuvchi parametrini berilgan qiymat bo'yicha ushlab turish uchun xizmat qiluvchi va boshqarish obektiga boshqarish signali ishlab chiquvchi qurilma
Avtomatik rostlash	Automatic control	Система автоматичес-	Rostlanuvchi obekt va rostlagich majmui

sistemi	systems	кого регулирова- ния	
Avtomatik boshqarish	Automatic control	Автоматическое управление	obektning ishlashi va undan kutilgan natija – ma'lum miqdorli, sifatli mahsulot, jarayonolish uchun avtomatik boshqarish qurilmalari orqali boshqarish maqsadida, ya'ni ma'lum dastur asosida ko'rsatiladigan ta'sirlar to'plami
Aprior axborot	Apriori information	Априорная информация	dastlabki yoki tizim ishlashidan oldin boshqariladigan jarayon va boshqarish tizimi haqida ixtiyorimizda bo'lgan ma'lumotlar
Ishchi axborot	Working Information	Рабочая информация	tizim ishlayotgan vaqtdaolinadigan axborot
Algoritm	Algorithm	Алгоритм	dastlabki ma'lumotlarni izlangan natijaga o'tkazish yo'l-yo'rig'i mazmunini vaketma – ketlik operasiasini belgilab beradigan yo'l – yo'riq
Yopiq boshqaruv tizimi	Closed control system	Замкнутая система управления	boshqarishning oxirgi ikki turi boshqaruv obektining kirishiga teskari bog'lanish zanjirlari orqali axborot berilishi
Bosh teskari bog'lanish	Main feedback	Главная обратная связь	avtomat rostdash tizimini hech bo'lmaganda rostlanadigan koordinatani haqiqiy vaberilgan (topshiriq) qiymatlarini solishtirish uchun xizmat qiladigan bitta teskari bog'lanishga ega bo'lishi
Kuzatuvchi tizimlar	Tracking systems	Следящие системы	baholaydigan narsabu chiqish koordinatasining o'zgarish qonuni

			vaqtning tasodifiy funksiyasi bo'lishidir
Dasturli boshqariladigan tizim	Software control system	Программно управляющая система	rostlanadigan koordinatani oldindan o'rnatilgan ma'lum dastur debataluvchi qonunga binoan vaqt bo'yicha o'zgartirishga mo'ljallangan
Uzluksiz boshqariladigan tizim	Continuous control system	Непрерывная управляющая система	boshqaruvchi signal vaqt bo'yicha uzluksiz funksiyani tashkil etadi
Statik harakteristika	Static characteristic	Статическая характеристика	rostlanadigan koordinataning yuklamaga bog'liqligi bo'lib, u berilgan topshiriq ta'sirining o'zgarmas qiymatidaolinadi
Davriy signal	Periodic signal	Периодический сигнал	$f(x)=f(t+T)$ shartini bajaradigan vaqt funksiyasi tasviriga ega bo'lib, unda T -davr deb nomlanadigan ma'lum o'zgarmas qiymatdir
Nodavriy signal	Non-periodic signal	Непериодический сигнал	vaqt funksiyasi ko'rinishida berilgan chekli ($t_1 \leq t \leq t_2$) chegarada yoki yarim chekli ($t_1 \leq t \leq +\infty$) vaqt oralig'i-dagi muntazam signallarga aytiladi, bu vaqtlardan tashqarida esa u aynan nolga teng bo'ladi
Tasodifiy signal	Random signal	Случайный сигнал	Tasodifiy signallar matematik tavsirlash uchun ehtimollik nazariyasi va statistik dinamika uslublaridan foydalaniladi.
Diskret signallar	Discrete signals	Дискретные сигналы	sath bo'yichayoki ham sath, ham vaqt bo'yicha diskret bo'lishlari mumkin.

Pogʻonali signal	Step Signal	Ступенчатый сигнал	eng sodda koʻrinishli signallardan biri boʻlib, ABT oʻtkinchi jarayonlarni hisoblashda ishlatiladi. U vaqt funksiyasi boʻlib, $t=0$ paytda $A=\text{const}$ qiymatiga erishadi va kelgusida oʻzgarmasdan qoladi. $t<0$ boʻlganda esa $x(t)=0$.
Garmonik (sinusoidal yoki kosinusoidal) signal	Harmonic signal	Гармонический сигнал	avtomat boshqaruv tizimini va uni elementlarini chastotali xususiyatlarini tadqiqot qilishda keng qoʻllaniladi. U vaqt funksiyali boʻlib, $x(t)=A\sin(\omega t+\varphi)$ koʻrinishda boʻladi va garmonik signalni Laplas boʻyicha oʻzgartirilishi:
Chiziqli oʻsuvchi signal	Linearly increasing signal	Линейно увеличивающий сигнал	odatda kuzatuvchi tizimlar dinamikasini tadqiqot qilganda koʻproq qoʻllaniladi. U vaqt boʻyicha chiziqli funksiya koʻrinishida ifodalaniladi:
Tizimning dinamik harakteristikalari	Dynamic characteristics of the system	Динамические характеристики системы	har xil taʼsirlar tufayli hosil boʻladigan oʻtkinchi jarayonlarga aytiladi. Ular tizimni uzatish funksiyasi asosida olinishi mumkin.
Zvenoning statik harakteristikasi	Static characteristics of the unit	Статическая характеристика звена	oʻrnatilgan xolatdagi chiqish va kirish qiymatlarning bogʻlanishiga aytiladi. Dinamik zvenolarning statik harakteristikasi analitik (yaʼni tenglama koʻrinishida) yoki grafik $y_{ch}=f(x_k)$ funksiya koʻrinishida, noxiziq zvenolarning esa koʻproq

			grafik ko‘rinishda taqdim etiladi.
Inersiyasiz zveno	The inertia-free unit	Безинерсионное звено	chiqish u_{ch} va kirish x_k qiymatlari orasida proporsionallik bo‘lgan zvenoga aytiladi. $u_{ch}=kx_k$; $W(p)=\frac{y_q}{x_k}=k$
Loyihalash	design	Проектирование	Loyihalash berilgan talablarga javob beradigan, yangi buyumni yaratish yoki yangi jarayonni amalga oshirish uchun zarur va yetarli bo‘lgan loyihalanadigan predmet bayonini olish maqsadidagi izlanish, tadqiqot, hisob va konstruksiyalash bo‘yicha ishlar majmuini o‘z ichiga oladi.
Birinchi darajali Inersiyali zveno	Inertial unit of the first degree	Инерсионное звенопервого степени	chiqish qiymati vaqt bo‘yicha eksponensial qonun bo‘yicha o‘zgaradigan zvenogaaytiladi.
Faktor	Factor	Фактор	obektga ta’sir etuvchi ta’sir.
Tashqi muhit	External area	Внешняя среда	uyushmaning faoliyati amalgaoshirilayotgan shlartlar to‘plami. Tashqi muhit tashqi va ichki faktorlarga bog‘liq bo‘ladi.
Tadqiqot obektining reaksiyasi	Response to inquire object	Реаксия исследуемого объекта	obektning kirish ta’siriga bo‘lgan javobi (xolat o‘zgarishi).
Tajriba obekti	Object of experiment	Объект эксперимента	tajriba yo’li orqali o‘rganilayotgan har qanday harakterdagi obekt.
Model strukturasi	Structure of model	Структура модели	Koeffisiyentlarigacha aniq bo‘lgan F operatorining ko‘rinishi.
Fizik model	Physicalmode	Физическая	Real obektning xususiyatlarining

	ls	модель	yoki harakterini o'zida mujassam etgan fizik qurilma yoki maketga aytiladi.
Dinamik model	Dynamic model	Динамическая модель	ma'lum vaqt mobaynida jarayonning borishini tasvirllovchi matematik model.
Model	Model	Модель	obekt yoki sistemaning real mavjudligidan farqli ravishda bir qancha ko'rinishlardagi tasviridir.
Avtomatlash tirilgan loyihalash (CAD)	Automated projection (CAD)	Автоматизированная проекция (CAD)	bu loyihalarni yaratish, o'zgartirish, tahlil qilish va optimallashtirishni osonlashtirish uchun kompyuter tizimlaridan foydalanishga asoslangan texnologiyadir
O'lchov	Measure-ment	Измерение	Berilgan o'lchamli fizik kattalikni qayta hosil qilish uchun muljallangan o'lchash vositasidir. O'lchovlar bir qiymatli va ko'p qiymatli o'lchovlarga, hamda o'lchovlar to'plamiga bo'linadi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning Oliy Majlisga murojaatnomasi. 2020
2. А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев. Моделирование систем управления с применением Matlab:учеб.пособие/ Москва ИНФРА-М, 2017.-256с.
3. N.R.Yusupbekov, D.P.Muxitdinov. Texnologik jarayonlarni modellashtirish va optimallashtirish asoslari. -T.: «Fan va texnologiya», 2015, 440 bet.
4. Yusupbekov N.R., Muxitdinov D.P., Bazarov M.B., Xalilov A.J. Boshqarish sistemalarini kompyuterli modellashtirish asoslari.- Navoiy: Navoiy Gold Servis, 2008.
5. M. Muxiddinov, T. Dadajanov. MATLAB asoslari. –Toshkent.Fan, 2008.-543 b.
6. Yusupbekov N.R. Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari. Darslik.- T.:O'qituvchi, 1997.
7. Yusupbekov N.R, Igamberdiyev X.Z., Malikov A.V. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari: O'quv qo'llanma. 1,2-qism. – T.: ToshDTU, 2007.
8. Qodirov A.A. Paxta tozalash va to'qimachilik sanoati korxonalari jarayonlarini avtomatlashtirish. –Toshkent. TTESI, 2011.
9. Willism Stallings. Data and Compyuter Communications. ISBN 5-8459-0311-4, 0-108-4370-9. 2002.928с.
10. <http://gov.uz> – O'zbekiston Respublikasi hukumat portali.
11. <http://ziyonet.uz>
12. <http://titli.uz>
13. <http://google.uz>
14. www.books.ru

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I-BOB. Identifikatsiyalash va modellashtirish	6
1.1. Texnologik jarayonlarni identifikatsiyalash va modellashtirish	6
1.2. Modellar, model tulari va ulardan foydalanish.....	9
1.3. Identifikatsiyalash – model qurishning usuli sifatida	13
1.4. Model parametrlarini identifikatsiyalash	19
1.5. Modelni soddalashtirish usullari.....	22
1.6 Model va obektning adekvatligi.....	26
1.7. Muammolar tavsifi va obektlarni modellashtirish usullari.....	30
1.8. EHM da obektlarni modellashtirishning bosqichlari va usullari.....	33
1.9. Qayd etish xususiyatlari va modellashtirish natijalarini qayta ishlash....	37
Tayanch soʻzlar va iboralar.....	43
Nazorat savollari.....	43
II-BOB. Obektlar identifikatsiyasi.....	46
2.1. Masalaning qoʻyilishi va obektlarni identifikatsiyalashning muammolarini tavsiflash.....	46
2.2. Chiziqli determinanlashgan obektning statik identifikatsiyasi.....	50
2.3. Nochiziqli determinanlashgan obektning statikasini identifikatsiyalash.....	52
2.4. Dinamik obektlarni identifikatsiyalash.....	57
2.5. Tasodifiy kattalikni taqsimlash qoidasini identifikatsiyalash.....	59
Tayanch soʻzlar va iboralar.....	67
Nazorat savollari.....	67
III-BOB. Murakkab koʻp oʻlchamli obektlarning statik modelini qurish.....	69
3.1. Obekt modelining ahamiyatli oʻzgaruvchilarini tanlash.....	69
3.2. Eng afzal modelni aniqlash	74
Tayanch soʻzlar va iboralar.....	78
Nazorat savollari.....	78
IV-BOB. Texnologik jarayonlarni kompyuterli modellashtirish.....	80

4.1. Texnologik jarayonlarni kompyuterli modellashtirish	80
4.2. Matematik modellarning sinflanishi	89
4.3. Modellashtirish metodlarining klassifikatsiyasi.....	93
Tayanch so'zlar va iboralar.....	99
Nazorat savollari.....	100
V-BOB. Hisoblash mashinalarida modellashtirish.....	101
5.1. Hisoblash mashinalarida modellashtirish	101
5.2. Matlab sistemasida analogli modellashtirish.....	106
5.3. Algoritmnlarni rekurrent modellashtiruvchilarini sintezlash metodlari..	117
5.4. To'qimachilik mashinalarining modellari.....	132
Tayanch so'zlar va iboralar.....	141
Nazorat savollari.....	141
VI-BOB. 6-modul. Modellashtirish usullari.....	143
6.1. Modellashtirishda itegrallash usullari.....	143
6.2. Stoxastik modellar.....	150
6.3. Tajribaviy usul yordamida modelni olish.....	167
6.4. Modellarni adektivlikka tekshirish.....	195
Tayanch so'zlar va iboralar.....	214
Nazorat savollari.....	214
GLOSSARIY.....	216
ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	222

Содержание

Введение.....	3
I-BOB. Идентификация и моделирования.....	6
1.1. Идентификация и моделирование технологических процессов.....	6
1.2. Модели, типы моделей и использование их	9
1.3. Идентификация – как метод построение модели	13
1.4. Идентификация параметров модели.....	19
1.5. Способы упрощения модели	22
1.6 Адекватность модели и объекта	26
1.7. Описание проблемы и методы моделирования объектов	30
1.8. Этапы и методы моделирования объектов в ЭВМ	33
1.9. Особенности записи и обработки результатов моделирования	37
Ключивые слова и фразы	43
Контрольные вопросы	44
II-BOB. Идентификация объектов.....	46
2.1. Постановка задачи и описание проблемы при идентификации объекта.....	46
2.2. Статическая идентификация линейного детерминированного объекта	50
2.3. Статическая идентификация нелинейного детерминированного объекта	52
2.4. Идентификация динамических объектов	57
2.5. Идентификация правила распределения случайных величин	59
Ключивые слова и фразы	67
Контрольные вопросы	67
Глава – III. Построение статической модели сложных многомерных объектов	69
3.1. Выбор значимых переменных модели объекта.....	69
3.2. Определение наиболее предпочтительной модели	74
Ключивые слова и фразы	78

Контрольные вопросы	78
Глава – IV 4-модул. Компьютерное моделирование технологических процессов.....	80
4.1. Компьютерное моделирование технологических процессов.....	80
4.2. Классификация математических моделей	89
4.3. Классификация методов моделирование.....	93
Ключивые слова и фразы	99
Контрольные вопросы	100
Глава – V. Моделирование на вычислительных машинах.....	101
5.1. Моделирование на вычислительных машинах	101
5.2. Аналоговое моделирование в системе Matlab	106
5.3. Методы синтеза рекуррентных моделирующих алгоритмов	117
5.4. Модели текстильных машин	132
Ключивые слова и фразы	141
Контрольные вопросы	141
Глава – VI. Методы моделирование.....	143
6.1. Способы итегрирования в моделировании	143
6.2. Стохастические модели.	150
6.3. Эксперементальное получение модели.....	167
6.4. Проверка модели на адекватность.....	135
Ключивые слова и фразы.....	214
Контрольные вопросы	214
ГЛОССАРИЙ.....	216
Литературы.....	222