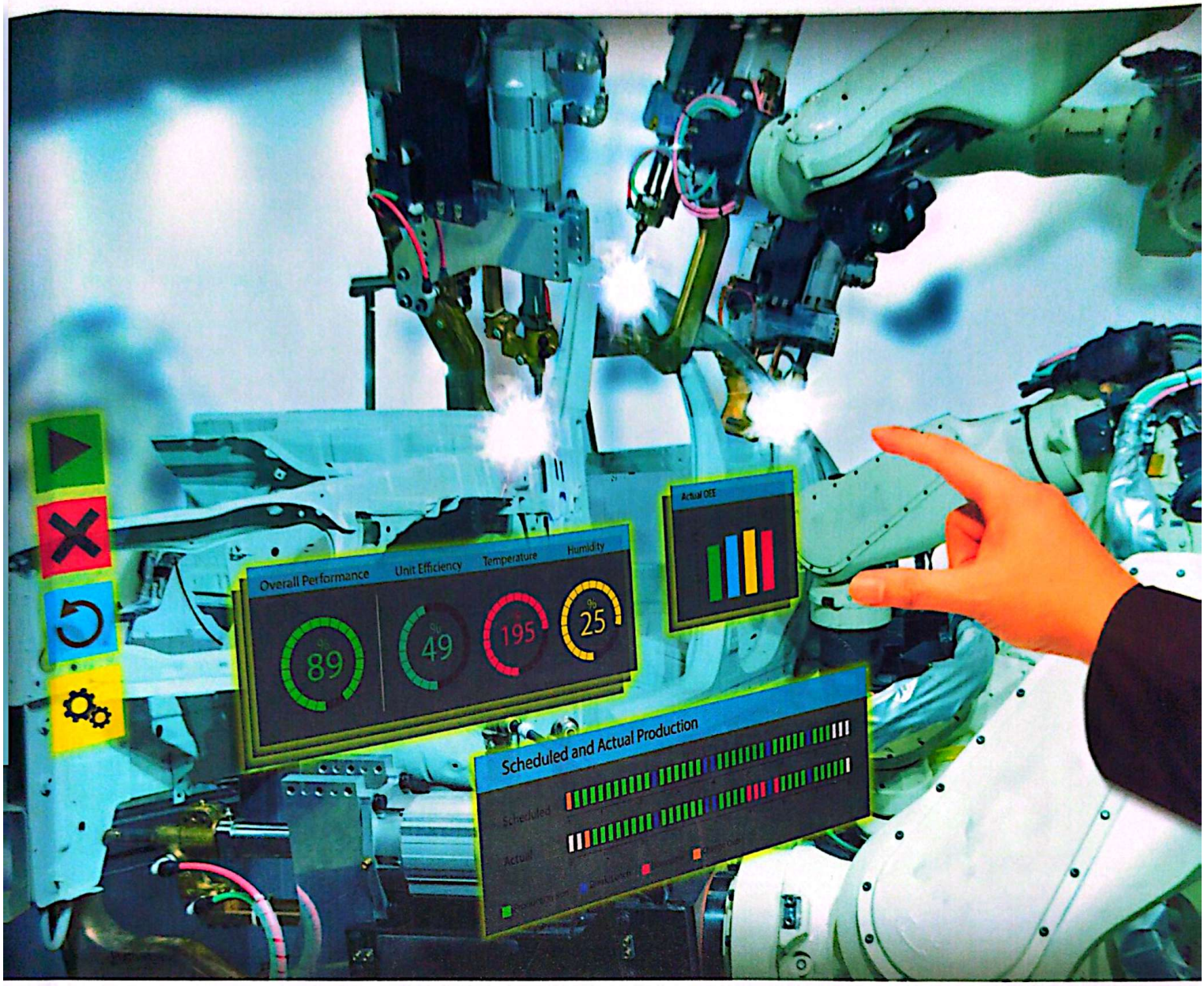
S.S. Raxmatov, N.H. Musayeva,
M.D. Olimova, T.S. Jalolov,
A.M. Ahadov




# NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO'P BOG'LIQLI OBYEKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMINI TASHKIL ETISH

MONOGRAFIYA

Сканировано с CamScanner

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

.....5

RNI

....14

....16

...21

:uriy

...26

...30

)yqa

...33

ning

...46

...59

AR

..61

atik

..62

..73

hun

..80

tlar

.83

tmi

.99

3

*S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova,*
*T.S.Jalolov, A.M.Ahadov*

# NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO‘P BOG‘LIQLI OB’YEKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMINI TASHKIL ETISH

MONOGRAFIYA

BUXORO – 2022
«DURDONA» nashriyoti

Сканировано с CamScanner

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

**S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova, T.S.Jalolov, A.M.Ahadov**

# NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO'P BOG'LIQLI OB'EKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMINI TASHKIL ETISH

**MONOGRAFIYA**

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

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova, T.S.Jalolov,**

**A.M.Ahadov**

# NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO'P BOG'LIQLI OB'EKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMINI TASHKIL ETISH

**MONOGRAFIYA**

**BUXORO**

**"DURDONA" NASHRIYOTI**

**2022**

S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova, T.S.Jalolov, A.M.Ahadov
Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini tashkil etish [Matn]: monografiya /
S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova, T.S.Jalolov, A.M.Ahadov – Buxoro: “Sadriddin Salim Buxoriy” Durdona nashriyoti, 2022. -186 b.

UDK 681.51
BBK

*Buxoro muhandislik-texnologiya instituti Kengashi tomonidan nashrga tasdiqlangan. (2022 yil may -sonli bayonnoma)*

Taqrizchilar:
J. Jumayev – Buxoro Davlat Universiteti, «Amaliy matematika va dasturlash texnologiyasi kafedrasi dotsenti f.-mfn.
X.F. Djo’rayev – Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, texnika fanlari doktori, “Texnologik jarayonlarni boshqarishning axborot-kommunikatsiya tizimlari” kafedrasi professori

**S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova, T.S.Jalolov, A.M.Ahadov** Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini tashkil etish. Buxoro: Buxoro muhandislik - texnologiya instituti. 2022. – 186 b.

Monografiyada noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish jarayonini tahlil etish masalalari bo’yicha ilmiy tadqiqot natijalari keltirilgan. Ishlab chiqarishni takomillashtirish uchun jarayonining texnologik tavsifi, avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini ishlab chiqishning texnik-dasturiy asoslari, shuningdek avtomatlashtirish ob’ekti hamda boshqaruvchi tizim orasidagi aloqadorligini ta'minlash masalalari bayon etilgan.

Monografiya oliy o’quv yurtlari ilmiy tadqiqotchilar, tayanch doktorantlar uchun mo’ljallangan.

Rasm 17. Bibl. 50 nom.

**ISBN**

© S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva,
M.D.Olimova, T.S.Jalolov, A.M.Ahadov
© BMTI 2022

*MUNDARIJA*

**Kirish…….6**

**I-Bob. Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimilarni turlari va tahlili.....14**

1.1. Moslashuvchan nazorat va moslashuvchan tizimlarning tasnifi.....14

1.2. Moslashuv va uning darajalari.....15

1.3. Moslashuvchan boshqaruv tizimlarining xususiyatlari va tuzilishi.....21

1.4. Moslashuvchan robotlarni boshqarish tizimlari uchun dasturiy ta'minot va uning asosiy xususiyatlar.....25

Birinchi bob bo’yicha xulosa…….29

**II-BOB. ALGORITMIKDINAMIK OB’YEKTLAR UCHUN INTELLEKTLI BOSHQARISH TIZIMINING SINTEZI……31**

2.1. Dinamik ob'ekt uchun moslashuvchan neyro-loyqa kombinatsiyalangan boshqaruv tizimi uchun sintez algoritmlari……31

2.2. Interaktiv moslashuvga asoslangan neyro-loyqa boshqaruvchining sintezi…….44

Ikkinchi bob bo’yicha xulosa…….56

**III-bob. KO'P O'LCHOVLI STATSIONAR BO'LMAGAN OB'EKTLAR UCHUN BOSHQARUV TIZIMINING KONTUR SINTEZIGA MOSLASHUVI.....57**

3.1. Boshqarish ob'ektini joriy identifikatsiya qilish algoritmini tanlash……..58

3.1.1. Taklif etilayotgan joriy identifikatsiya algoritmining matematik tavsifini ishlab chiqish……..…58

3.1.2. Joriy identifikatsiya algoritmini ishlab chiqish……....67

3.2. Avtonom va o'zgarmas kompensatorlar va ekvivalent ob'ektlar uchun moslashish algoritmining sintezi……73

3.2.1. Avtonom va o'zgarmas kompensatorlar va ekvivalent ob'ektlar uchun moslashish algoritmining matematik tavsifini ishlab chiqish……...75

3.2.2.Avtonom va invariant kompensatorlar uchun moslashish algoritmi…….90

Uchinchi bob bo’yicha xulosa…….93

**Xulosa…….94**

**Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati…….96**

**Ilova……100**

# KIRISH

O`zbekiston Respublikasi Prezidentining 2012 yil 21 martdagi PQ-1730-sonli “Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini yanada joriy etish va rivojlantirish chora-tadbirlari to`g`risida” gi va 2017 yil 29 avgustdagi PQ-3245 sonli “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida loyiha boshqaruvi tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to`g`risida” gi qarorlarini amalga oshirish bugungi kunda kechiktirib bo`lmas vazifalardan biri hisoblanadi. [1].

Prezidentimiz Sh.Mirziyoyev o`zlarining “Buyuk kelajagimizni mard va oliyjanob xalqimiz bilan birga quramiz” asarlarida transport infratuzilmasini, muhandislik va axborot kommunikatisyalarni rivojlantirish boyicha o`z fikrlarini bildirib o`tganlar [3].

Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish murakkab jarayon hisoblanadi. Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish boshqarishning muhim jihatlaridir. Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish asosiy boshqarish vazifalaridir. Avtomatlashtirishda ushbu sohasiga katta kuch va vaqt sarflanadi.

2016-2021-yillar mobaynida ishlab chiqarish hajmi 525,95 million dollarga teng bo’lgan bo‘lsa, 2021-yilda eksport 103,0 million AQSh dollarini tashkil etdi. Joriy yilda 2,2 million tonnalik, qiymati 1,55 milliard AQSh dollarini tashkil etuvchi maxsulotlar eksporti amalga oshirish rejalashtirilgan. Mahsulotni saralash uning sifatini oshiradi. Bu o’z navbatida narxiga ta’sir etmay qo’ymaydi. Shuning uchun chet elga sifatli maxsulotlarni eskport qilish va dunyoga maxsulot eksporti bo`yicha O`zbekiston reytingi oshsirish hamda chet ellik sarmoyadorlari keng jalb qilish uchun innovatsion yangicha ishalydigan va 21 asrda AKT bilan boshqariladigan saralash tizimlarini yaratish dolzarbd yo`nalishlardan bo`lib kelmoqda. Ushbu sohada hukumat tomonidan qarorlar chiqarilgan. [2].

O`zbekiston Respublikasi Prezidentining 2012 yil 21 martdagi PQ-1730-sonli “Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini yanada joriy etish va rivojlantirish chora-tadbirlari to`g`risida” gi va 2017 yil 29 avgustdagi PQ-3245 sonli “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida loyiha boshqaruvi tizimini yanada takomillashtirish chira-tadbirlari to`g`risida” gi qarorlarini amalga oshirish bugungi kunda kechiktirib bo`lmas vazifalardan biri hisoblanadi [1].

Axborot tizimi sifatida shaxsiy komp'yuter, kontroller, meynfreym yoki super EHM qatnashishi mumkin. Lekin, keyingi 15-20 yil ichida avtomatlashtirishning texnik vositasi sifatida dasturlovchi mantiqiy kontrollerlarni (yoki kontrollerlarni) qo`llash an`anaviy tus olmoqda. Komp'yuter kabi, mikrokontroler ham zamonaviy boshqarish tizimining majburiy komponentlariga aylangan. Shu o`rinda mahalliy meva va sabzavotlar uchun saralash texnologiyasini asoslash va ularni saralash rejimlarini axborot-kommunikatsiya tizimlari yordamida boshqarish tizimini ishlab chiqish dolzarb mavzu hisoblanadi.

Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqishga asoslangan kompyuterda boshqarish usullarini ishlab chiqish va ushbu usullarning quyidagi sifat ko'rsatkichlariga nisbatan samaradorligini baholash.

Vazifalar sifatida bugungi kungacha mavjud bo`lgan va ishlatilgan hamda bugungi kunda ishlatilib kelinayotgan noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish tizimlarida qo`llanilgan avtomatlashtirilgan tizimlarni yutuq va kamchiliklarini o`rganish va tahlil etish, zamonaviy rirojlangan davlatlarda va chet el mamalakatlarida qo`llaniladigan saralash tizimalrni o`rganish va tahlil etish hamda ularning yutuq va kamchiliklarini bilish, o`zminzning geografik va iqtisodiy holatdan kelib chiqqan holda mavjud avtomatlashtirilgan tizimlarni mukammalshtirish bo`yicha nazariy va amaliy ma`lumotlarni ishlab chiqish.

Bugungi kunda mavjud avtomatlashtirilgan tizimlarida noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqishni joriy qilishdan iborat.

Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish hisoblanadi. Bunda mavjud avtomatlashtirilgan yoki ishlatilib kelinayotgan tizimlarni o`rganish, tahlil etish va ushbu tizimlarni yanada mukammalashtirishdan iborat.

Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish orqali avtomatlashtirish darajsini aniqligini oshirish masalasi hisoblanadi.

Avtomatik va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini ishlab chiqaruvchisi oldida turgan vazifalar bugungi kunda hal qilishda moslashuvchan tizimlar nazariyasidan foydalanishni talab qilmoqda.

Moslashuvchan boshqaruv muammosini umumiy ma'noda shakllantirish nisbatan oson, lekin ob'ektlarni boshqarishning muayyan muammolarini hal qilish oson emas. Buning sababi shundaki, ob'ektning dinamik xususiyatlarini o'zgartirishning haqiqiy qonuniyatlari va tizimning ishlashi davomida sodir bo'ladigan boshqaruv tizimiga kirish ta'siri haqida apriori ma'lumotlar mavjud bo'lmagan yoki sezilarli darajada cheklangan bo'lsa, adaptiv boshqaruv talab qilinadi. Ushbu ma'lumot tizimning normal ishlashi paytida olinishi kerak.

Darhaqiqat, avtomatlashtirishning zamonaviy darajasining o'ziga xos xususiyati ob'ektni aprior noaniqlik sharoitida boshqarishdir. To'g'ridan-to'g'ri adaptiv boshqaruv tizimlarining ish sharoitlarini tavsiflovchi o'ziga xos xususiyatlarning uzoq seriyasida, xususan, ularning ko'p o'lchovliligi, ko'p bog'liqligi, chiziqli va statsionar bo'lmaganligini ko'rsatish mumkin. Biroq, noaniqlik ko'pincha asosiy qiyinchilik bo'lib chiqadi, chunki bu vazifani sezilarli darajada murakkablashtiradigan nazorat harakatini ishlab chiqish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarning yetishmasligi.

Aprior noaniqlik bir qator ob'ektiv sabablarga ko'ra yuzaga keladi va, qoida tariqasida, ob'ektning parametrlari yoki xususiyatlari, shuningdek tashqi shovqin va boshqaruv ob'ektiga qo'llaniladigan boshqaruv harakatlari haqida to'liq ma'lumot yo'qligida namoyon bo'ladi. Bundan tashqari, tizimning ishlashi davomida boshqaruv ob'ekti va atrof-muhit parametrlari kutilmagan tarzda o'zgarishi mumkin, keyin esa noaniqlik noaniqlik turlaridan biri sifatida ishlaydi. Jarayonni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarida noaniqlik omillariga quyidagilar kiradi: uskunaning ishlash rejimlarining o'zgarishi, xom ashyo va yoqilg'i xususiyatlarining beqarorligi, uskunaning eskirishi, ifloslanishi va boshqalar. [5].

Boshqarish muammolarida adaptiv yondashuvni qo'llashning boshlanishi parvozlarni boshqarish muammosida qo'yildi va endi u uzluksiz texnologik jarayonlar, energiya komplekslari, harakatlanuvchi ob'ektlar (samolyot, kemalar, manipulyatsiya robotlari va boshqalar) uchun boshqaruv tizimlarini yaratishda qo'llaniladi. ).

Kimyo sanoati va metallurgiyada texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimlarini yaratishda, turli ishlab chiqarish jarayonlarida (benzin pirolizi, metallni kesish, yuqori o'choq ishlab chiqarish) moslashtirish usullari ham qo'llaniladi, chunki boshqaruv ob'ektining etarlicha to'liq modelini olish qiyin vazifadir. uzoq va qimmat tadqiqotlar bilan bog'liq.

Moslashuvchan yondashuv g‘oyalari va usullari iqtisodiyotda, qurilish materiallari ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda, temir yo‘l transportini boshqarishda qo‘llanilishini topdi. Yangi va istiqbolli sinfni tizimli tadqiqotlarda (shahar va mintaqaviy tizimlarni rivojlantirishni boshqarish, agroekotizimlarda boshqarish, suv resurslarini taqsimlash va boshqalar) yuzaga keladigan vazifalar shakllantiradi.

Sanab o'tilgan misollar, adaptiv boshqaruv muammolarining xilma-xilligini aks ettirsa ham, ularni qo'llashning to'liq tavsifi deb da'vo qilmaydi. Biroq, ko'rsatilgan nazorat ob'ektlari bilan cheklanib, shuni ta'kidlash kerakki, ularning

aksariyati uchun boshqaruv tizimlarini yaratish nafaqat aprior noaniqlik, balki hisobga olinishi kerak bo'lgan vaqt kechikishining mavjudligi tufayli ham qiyin.

Kimyo sanoatidagi bunday inshootlarning tipik misollari distillash ustunlaridir. Zamonaviy samolyot elektr stantsiyalari kechikish bilan bog'liq ob'ektlardir.Boshqarish ob'ektini matematik tavsiflashda kechikishning mavjudligi kema yo'nalishini avtomatik barqarorlashtirishda, tsement, shisha, sulfat kislota ishlab chiqarishda, yadroviy reaktorni boshqarish muammosida, quvvat va issiqlik energiyasida va boshqalarda yuzaga keladi. matematik model parametrlari qiymatidagi dastlabki noaniqlik va ob'ekt xususiyatlarining joriy o'zgarishi bilan tavsiflangan texnologik jarayonlar. [5].

Moslashuvchan boshqaruv usullarining klassik usullardan muhim farqi shundaki, ular bitta to‘liq aniqlangan ob’yekt uchun emas, balki ma’lum ma’lum to‘plam yoki sinfga mansub bir nechta ixtiyoriy ob’yektlar uchun ma’lum bir nazorat maqsadi talablarining bajarilishini ta’minlaydi. E'tibor bering, moslashuvchanlik klassi boshqariladigan ob'ekt parametrlaridagi mumkin bo'lgan o'zgarishlar va ob'ektga ta'sir qiluvchi buzilishlar chegaralarini belgilaydi, ya'ni mohiyatan, bu boshqaruv tizimidagi aprior noaniqlik darajasining vazifasidir.

Dastlabki ma'lumotlar miqdorini ko'rsatish adaptiv tizimlarni qurish muammosida zaruriy shartdir, chunki aprior noaniqlik darajasi adaptiv boshqaruv tizimining turini belgilaydi.

"Adaptiv tizimlar" atamasi hozirda umumiy qabul qilingan, garchi mahalliy adabiyotda 70-yillarga qadar. boshqasi ishlatilgan - "o'zini o'zi sozlash tizimlari". Keyinchalik adaptiv tizimlar tushunchasi bilan bir qatorda D.Saridisdan keyin «o‘zini-o‘zi tashkil etuvchi tizimlar» atamasi ham qo‘llanila boshlandi. [6].

O'z-o'zini tartibga soluvchi tizimlarda qo'yilgan boshqaruv maqsadiga erishish uchun faqat boshqaruv moslamasining parametrlari yoki boshqaruv harakatlari o'zgartirilishi kerak, shu bilan birga ishlaydigan boshqaruv tizimini qurish uchun zarur bo'lgan aprior ma'lumotlarning miqdori juda katta. O'z-o'zini

tashkil etuvchi tizimlarda uni yaratish uchun kamroq hajmdagi dastlabki ma'lumotlar talab qilinadi, lekin shu bilan birga, berilgan boshqaruv maqsadiga erishish uchun boshqarish moslamasining parametrlarini ham, uning tuzilishini ham o'zgartirish kerak.

A.A. Krasovskiy [6] adaptiv tizimlarni qidiruv va izlanmaydigan tizimlarga ajratadi. Qidiruv moslashuv tizimlarida tizim sifatining ma'lum bir ko'rsatkichi shakllanadi, u o'lchanadigan va nazorat qiluvchi parametrlarga qarab ekstremal xususiyatga ega bo'lib, ularning qiymatlari maxsus tashkil etilgan qidiruv va sozlash yordamida aniqlanadi.

Ekstremal nuqtaning holati noma'lum, u ob'ektning modelning o'ziga va boshqaruv tizimiga tashkilot ta'sirlar bilan birga o'zgaradi. Muammo bu parametrlarda kichiklashtirish o'zgarishlari bilan soz parametrlar to'plamida tizim sifati ko'rsatkichining ekstremal joyini topishga olib keladi. qidirish uchun, lekin ma'lum bir ko'rsatkichni o'rnatish uchun . Ob'ektning matematik modeli parametrlarining oldindan aytib bo'lmaydigan o'zgarishi va tashqi ta'sirlar bilan boshqaruvchining parametrlari yoki strukturasining maqsadli o'zgarishi tufayli bu ko'rsatkich o'zgarishsiz qoladi yoki kerakli tarzda o'zgaradi. Bunday ko'rsatkichlar boshqaruv tizimining funktsional ko'rsatkichlarini belgilovchi xususiyatlari bo'lishi kerak.

Qidiruvsiz boshqaruv tizimlari orasida mos yozuvlar modellari [5,6,7] bo'lgan adaptiv tizimlar eng ko'p qo'llaniladi, chunki ular moslashish tezligi yuqori bo'lgan oson amalga oshiriladigan tizimlarga olib keladi.

Malumot modeli aniq yoki bilvosita ko'rsatilishi mumkin. Birinchi holda, u boshqaruv tizimining o'ziga kiradi, ikkinchi holda, u faqat nazorat qonunini hisoblash uchun ishlatiladi. Aniq mos yozuvlar modeliga ega qidiruvsiz adaptiv boshqaruv tizimlari moslashuvchan boshqaruv tizimlarining keng sinfini tashkil etadi, unda kerakli harakat odatda an'anaviy avtomatik boshqaruv tizimlarini sintez qilish usullari yordamida qurilgan ma'lum bir jismoniy qurilma tomonidan belgilanadi. Yashirin mos yozuvlar modeliga ega adaptiv boshqaruv tizimlarida boshqaruv ob'ektining kerakli dinamikasi tizimda haqiqiy qurilma yordamida

emas, balki qandaydir "mos yozuvlar tenglamasi" shaklida ko'rsatiladi. Bunday boshqaruv tizimlarining o'ziga xos xususiyati aniq mos yozuvlar modelidan foydalanadigan adaptiv tizimlar bilan solishtirganda asosiy halqaning tuzilishiga va o'lchangan ma'lumotlarning miqdoriga talablarning kamayishi hisoblanadi. Gibrid to'g'ridan-to'g'ri adaptiv boshqaruv tizimlarini ishlab chiqishda ko'pincha aniq mos yozuvlar modeli, kamroq esa yashirin mos yozuvlar modeli qo'llaniladi.

1960-yillarning boshlarida va 1970-yillarning boshlarida taklif qilingan adaptiv boshqaruv tizimlari sezilarli kamchiliklarga ega edi. Birinchidan, asosiy boshqaruv tsiklining sintezi boshqaruv ob'ektining matematik modelini taqdim etishning minimal shakliga asoslangan edi. Ikkinchidan, kontroller koeffitsientlarini moslashtirish uchun mahalliy parametrik optimallashtirishning gradient algoritmlari - yordamchi operator usuli, sezgirlik funktsiyalari usuli va boshqalar ishlatilgan, ammo boshqaruv tizimlarining ishlashi uchun mantiqiy evristik xususiyatga ega edi.

So'nggi yillarda chiziqli bo'lmagan tizimlarga qiziqish tez o'sdi. Chiziqli bo'lmagan tizimlarni o'rganish robotlar va manipulyatorlarni, avtomashinalarni va boshqa harakatlanuvchi ob'ektlarni manevr qilish rejimlarida, bioreaktorlarni, magnit suspenziyalarni va boshqalarni boshqarish muammolarini amaliy qo'llash bilan rag'batlantiriladi. So'nggi yillardagi nashrlarda nochiziqli tizimlarni boshqarish muammolarida passivlik va dissipativlik tushunchasini qo'llash ko'rib chiqiladi. Passivlik kontseptsiyasi boshqaruv nazariyasiga chiziqli elektr zanjirlari nazariyasidan kelib chiqqan bo'lib, u erda ichki energiya manbalarini o'z ichiga olmaydigan zanjirlarni belgilash uchun ishlatilgan. Ushbu turdagi zanjirlar real-musbat uzatish funksiyalari bilan tavsiflanadi va bir qator xususiyatlarga ega. Xuddi shunday xususiyatlarga ega bo'lgan chiziqli bo'lmagan tizimlarni boshqarish nazariyasiga V.M. Popov 1960-yillarning boshlarida. mutlaq barqarorlik muammosini o'rganayotganda [5].

Adaptiv tizimlar nazariyasi va amaliyotini rivojlantirishning muhim va juda samarali bosqichi ikkinchi Lyapunov usuli asosida, shuningdek, mutlaq

barqarorlikning kvadratik mezoni yoki yuqori barqarorlik mezonidan foydalangan holda moslashish algoritmlarini qurish g'oyasi edi. [5,6,7].

Hozirgi vaqtda dinamik ob'ektlarni moslashuvchan boshqarish uchun juda ko'p turli xil algoritmlar ma'lum. Bu erda Tsypkin Ya.Z., Krasovskiy A.A., Emelyanov S.E., Rutkovskiy V.Yu., Neimark Yu. Yadykina I.B., Polyaxova N.D., Bortsova Yu.A., Putova V.V., Tsykunovalarning ushbu sohadagi mashhur asarlarini ajratib ko'rsatishimiz mumkin. A.M., Eremina E.L. va boshqalar, bu muammoni hal qilishda turli xil yondashuvlarni taklif qiladi.

O`zbekistonda Noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish tizimini ishlab chiqish noaniqliklar sharoitida ko’p bog’liqli ob’ektlarni adaptiv raqamli boshqarish rejimlarda avtomatlashtirishning zamoniy boshqarish usullarini ishlab chiqish, bu avtomatlashtirish sifat ko`rsatgichlari va xususiyatlariga ta`sir qiladi, bu esa ushbu jarayonlarni optimal boshqarish yoki nazoratlash imkoniyatini oshiradi.

# I BOB NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO’P BOG’LIQLI OB’EKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMILARNI TURLARI VA TAHLILI

## 1.1. Moslashuvchan nazorat va moslashuvchan tizimlarning tasnifi

Moslashuvchan boshqaruv - bu boshqaruv ob'ekti parametrlarining o'zgarishiga yoki boshqaruv ob'ektiga ta'sir qiluvchi tashqi buzilishlarga qarab, boshqaruvchi parametrlarini yoki boshqaruvchi strukturasini o'zgartirish qobiliyatiga ega bo'lgan boshqaruv tizimlarini sintez qilish imkonini beradigan boshqaruv nazariyasi usullari to'plami. Bunday boshqaruv tizimlari adaptiv deb ataladi. [5].

Boshqarish moslamasidagi o'zgarishlarning tabiatiga ko'ra, adaptiv tizimlar ikkita katta guruhga bo'linadi: - o'z-o'zini sozlash (faqat kontroller parametrlarining qiymatlari o'zgaradi)- o'z-o'zini tashkil qilish (regulyatorning tuzilishi o'zi o'zgaradi).Ob'ektni o'rganish usuliga ko'ra tizimlar qidiruv va izlanmaydiganlarga bo'linadi.Birinchi guruhda ekstremal tizimlar ayniqsa ma'lum bo'lib, ularning maqsadi tizimni ob'ektning statik xususiyatlarining ekstremum nuqtasida ushlab turishdir. Bunday tizimlarda ekstremumgacha harakatni ta'minlaydigan boshqaruv harakatlarini aniqlash uchun boshqaruv signaliga qidiruv signali qo'shiladi. Qidiruvsiz boshqaruvchi parametrlarini sozlash uchun ma'lumot olish usuliga ko'ra adaptiv boshqaruv tizimlariga bo'linadi- mos yozuvlar modeliga ega tizimlar (EM)-identifikatorli tizimlar ba'zan adabiyotlarda moslashtirilgan modelli tizimlar (TM) deb ataladi.EMga ega adaptiv tizimlar tizimning kerakli sifatdagi dinamik modelini o'z ichiga oladi. [8].

Identifikatorli adaptiv tizimlar boshqarish usuliga ko'ra to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita (bilvosita) bo'linadi. Bilvosita adaptiv boshqaruv bilan ob'ektning

parametrlari birinchi navbatda baholanadi, shundan so'ng olingan hisob-kitoblar asosida tekshirgich parametrlarining kerakli qiymatlari aniqlanadi va ularni sozlash amalga oshiriladi.

To'g'ridan-to'g'ri adaptiv boshqaruv bilan, ob'ekt va boshqaruvchi parametrlari o'rtasidagi munosabat tufayli, nazorat qiluvchining parametrlarini to'g'ridan-to'g'ri baholash va sozlash amalga oshiriladi, bu ob'ekt parametrlarini aniqlash bosqichini bartaraf etadi. O'z-o'zini sozlash effektiga erishish usuliga ko'ra, modelga ega tizimlar bo'linadi

- signalli tizimlar (passiv)
- parametrik (faol) moslashuvga ega tizimlar.

Signal moslashuvi bo'lgan tizimlarda o'z-o'zini sozlash effekti kompensatsion signallar yordamida boshqaruv moslamasining parametrlarini o'zgartirmasdan erishiladi. Moslashuvning ikkala turini birlashtirgan tizimlar birlashtirilgan deb ataladi. U chiziqli bo'lmagan tizimni yoki o'zgaruvchan parametrlarga ega tizimni boshqarish uchun ishlatiladi.

Bunday tizimlarga misollar, masalan, asenkron mashinalar, maglev transport vositalari, magnit podshipniklar va boshqalar. Mexanik tizimlarga teskari mayatnik, ko'taruvchi vositalar, robotlar, yuradigan transport vositalari, suv osti transport vositalari, samolyotlar, raketalar, boshqariladigan aniq qurollarning ko'p turlari va boshqalar kiradi. [8].

## 1.2. Moslashuv va uning darajalari

Moslashish (joylashish) - tirik organizmning yashash imkoniyatini ta'minlaydigan asosiy reaktsiyasi. Bu organizmning o'zgaruvchan tashqi va ichki sharoitlarga moslashishini anglatadi. Ushbu tamoyilni texnik tizimlarda, xususan

robototexnikada amalga oshirish juda ko'p afzalliklarga ega va ba'zida bu shunchaki zarur.

Texnologiyada moslashish yoki moslashish tushunchasi juda keng va shuning uchun ko'plab talqinlarga ega. Afsuski, adaptiv tizimning umumiy qabul qilingan aniq ta'rifi hali ham mavjud emas, shuning uchun biz ushbu atamaning ma'nosini quyidagi asoslar bilan tushuntirishga harakat qilamiz.

Ma'lumki, boshqaruv tizimining alohida komponentlari va elementlarining xarakteristikalari juda oddiy bo'lsa, teskari aloqasiz ochiq tsiklli boshqaruv yordamida ba'zi prognoz qilinadigan tashqi buzilishlarning zavodning chiqish parametrlariga ta'sirini bartaraf etish mumkin. va ularning xususiyatlari o'zgarmaydi.

An'anaviy nazorat nazariyasi doirasida ob'ektning xatti-harakatlariga oldindan aytib bo'lmaydigan tashqi buzilishlarning ta'sirini bartaraf etish mumkin. Buning uchun teskari aloqa tamoyilidan foydalanish kerak, ya'ni. barcha elementlarning xossalari ma'lum va vaqt o'tishi bilan o'zgarmas deb hisoblangan yopiq boshqaruv tizimini tashkil qilish. Ba'zi xususiyatlarning siljishiga ba'zan ruxsat berilishi mumkin, lekin juda kichik chegaralarda.

Biroq, amalda ko'pincha shunday boshqaruv ob'ektlari mavjud bo'lib, ularning amplitudasi va chastotasi parametrlari vaqt o'tishi bilan tashqi sabablar ta'sirida va ob'ektning o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda keng farqlanadi. Manipulyatorning to'liq cho'zilgan holatiga nisbatan inersiya momenti bir necha marta o'zgarishi mumkin; dengizning turli chuqurliklarida va suv haroratida ishlaydigan suv osti robotining gidravlik tsilindrlari bo'shliqlaridagi ishchi suyuqlikning viskozitesi; moylash materialining ifloslanishi va qarishi va boshqa ko'plab xususiyatlar jarayonida dvigatel o'rnatmalarida ishqalanish.

Shu bilan birga, murakkab ob'ektlarni - ko'plab jihozlardan tashkil topgan moslashuvchan ishlab chiqarish modullari, chiziqlar yoki uchastkalarni boshqarishda ularning ishiga bezovta qiluvchi ta'sir ko'rsatadigan tashqi va ichki omillar soni keskin ortadi. Ular orasida ish qismini joylashtirish xatolari yoki hatto ularning o'z vaqtida yo'qligi, ishlov berish asbobining eskirishi, payvandlangan qismlarning birikmasining payvandlash mashinasi elektrodining berilgan traektoriyasidan chetga chiqishi, qismlarning havo konveyerida tebranishi bo'lishi mumkin. Ularni robot tomonidan qo'lga olish paytida va boshqaruv tizimini moslashtirishni talab qiladigan boshqa shunga o'xshash omillar, ya'ni. o'z-o'zini sozlash va haqiqiy ish sharoitlariga moslashish. Boshqarish tizimining reaktsiyasi qo'yilgan maqsadga erishishni kafolatlash uchun tuzilmani, parametrlarni va ba'zan harakatlar algoritmini o'zgartirishda namoyon bo'ladi. Moslashuv jarayonini tavsiflovchi umumiy xususiyatlar mavjud:

- tartibga solinadigan ob'ektning chiqish parametrlari va bezovta qiluvchi omillarning xarakteristikalari nazorat qilish tizimiga qo'shimcha ravishda kiritilgan qurilmalar yordamida doimiy monitoring va nazorat ostida;

- ob'ektning kuzatilayotgan xatti-harakati qandaydir sifat ko'rsatkichi bilan tavsiflanadi, bu boshqaruv jarayoni oqimining xarakterini miqdoriy jihatdan ifodalaydi;

- sifat ko'rsatkichining bardoshlik chegarasidan chetga chiqishi nazoratchi parametrlarini avtomatik ravishda sozlash yoki boshqaruv algoritmini almashtirishni talab qiladi, natijada kerakli sifat ko'rsatkichiga erishish yoki belgilangan maqsadni amalga oshirish.

Ta'riflangan xususiyatlar barcha adaptiv boshqaruv tizimlariga ko'proq yoki kamroq ifodalangan shaklda xosdir, ular har doim qayta aloqaga ega tizimlardir.

Boshqarish maqsadiga ko'ra, robototexnikadagi adaptiv tizimlarni shartli ravishda quyidagi darajalarga bo'lish mumkin. Birinchi daraja tashqi muhitning bezovta qiluvchi ta'siri ostida bo'lgan ob'ektning holati to'g'risidagi ma'lumotlarga asoslangan boshqaruvchi parametrlarini o'z-o'zidan sozlash qobiliyati bilan tavsiflanadi. [9].

Ob'ektning holatini baholash to'g'ridan-to'g'ri o'lchash yo'li bilan ham amalga oshirilishi mumkin  kerakli parametrlar yoki ularni aniqlash orqali. Ikkinchi holda, ob'ektga muayyan sinov nazorati harakatlari qo'llaniladi, uning reaktsiyasi belgilanadi va ob'ektning xatti-harakatlarini tahlil qilish asosida aprior noma'lum yoki o'zgartirilgan parametrlarga baho beriladi. [9].

Robotik tizimning moslashuv darajasining xarakterli namunasi suv osti transport vositasi manipulyatorining pozitsiyali yopiq elektro-gidravlik haydovchisini boshqaruvchi boshqaruvchi bo'lishi mumkin. Suv osti robotlarining ishlashining o'ziga xos xususiyati gidravlik haydovchilarning statik va dinamik parametrlarini atrof-muhit harorati va bosimining keng diapazonida ma'lum darajada ushlab turish zarurati. [10].

Suv qatlamlarining harorati sezilarli darajada farq qilishi mumkin, bu ishchi suyuqlikning yopishqoqligining o'zgarishiga va natijada haydovchining xarakteristikasida oldindan aytib bo'lmaydigan siljishiga olib kelishi mumkin. Ushbu noxush hodisa xususiyatlardagi o'zgarishlarni aniqlaydigan va boshqaruvchi parametrlarini mos ravishda o'z-o'zini sozlashni ta'minlaydigan adaptiv boshqaruv tizimi orqali yo'q qilinishi mumkin.

Robot tizimlarini moslashtirishning ikkinchi darajasi tashqi muhit holati to'g'risidagi ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlashni ta'minlaydigan qo'shimcha axborot vositalarini boshqaruvchi qurilmaga kiritish bilan tavsiflanadi. Tashqi

muhitdagi o'zgarishlarni tahlil qilish asosida robotning boshqaruv dasturi tuzatiladi, bu esa yangi sharoitlarda maqsadga erishish imkonini beradi. [10].

Moslashuvning ushbu darajasida dastur harakatlarini tuzatishga faqat kichik darajada ruxsat berilgan bo'lsa-da, amalda bunday moslashuvchan boshqaruv tizimlaridan foydalanishning ta'siri sezilarli. Bunga misol qilib katta o'lchamli mahsulotlarni elektr boshq robotli payvandlash mumkin. Ushbu texnologik jarayonda mahsulotdan mahsulotgacha bo'lgan payvandlangan qismlarning qo'shma chizig'ining fazoviy joylashuvining doimiyligini ta'minlash qiyin. Shuning uchun payvandlash roboti elektrod harakatining dasturlashtirilgan traektoriyasini maxsus datchiklar bilan o'lchangan qo'shma chiziqning haqiqiy holatiga mos ravishda tuzatishi kerak. Uchinchi darajadagi adaptiv robot tizimlarini boshqarish maqsadi tushunchasi nuqsonlarning yo'qligini ta'minlagan holda maksimal mahsuldorlikni amalga oshirish talabidan kelib chiqadi. [9].

Moslashuvning ushbu darajasining o'ziga xos xususiyati tashqi muhit haqida ma'lumot to'plash, o'z-o'zini tashxislash va boshqariladigan ishlab chiqarish tizimining o'z-o'zini ta'mirlash komponenti. Keling, aytilganlarni misollar bilan tushuntirib beraylik. Avtomatlashtirish nuqtai nazaridan eng qiyinlaridan biri bu quymalarni abraziv tozalash operatsiyasi bo'lib, uning xususiyatlari quyma shaklining egri chiziqliligi, ularda boshlang'ich sifatida qabul qilinishi mumkin bo'lgan taglik yuzalarining yo'qligi. abraziv asbobning keyingi aniq harakatlari va aşınması uchun nuqta, shuning uchun dasturni boshqarish bilan robot yordamida abraziv tozalash yoki silliqlash mahsulotlarini amalga oshirish deyarli mumkin emas.

Ushbu muammoni hal qilish faqat moslashuvchan tizimlar sinfida, robotni boshqarish moslamasini quyma sirtini tozalash sifatini nazorat qilish vositalari,

kesish kuchlari va abraziv asboblarning aşınmasını nazorat qilish uchun datchiklar bilan to'ldirish orqali topish mumkin.

Moslashuvchan abraziv tozalash modulining boshqaruv tizimi sirt darajasini tahlil qilib, qismning joriy qismini qayta ishlash tsiklini takrorlashga qaror qilishi yoki robotga keyingi qismini silliqlash zonasiga o'tkazishni buyurishi mumkin.

Shu bilan birga, kesish kuchlari to'g'risidagi ma'lumotlardan foydalanish va abraziv asbobning eskirishini baholash, moslashuvchan boshqaruv tizimi mahsuldorlik nuqtai nazaridan optimal ishlov berish rejimlarini tashkil qilishi mumkin. Boshqarish algoritmi o'zgargan robotli tizimni moslashtirishning yana bir misoli - avtomatik transport ombori tizimi bilan birlashtirilgan bir nechta birlik yoki o'nlab metall kesish dastgohlarini o'z ichiga olgan mexanik ishlov berish kabi moslashuvchan ishlab chiqarish tizimi. Bunday tizim biron bir nosozlik yuzaga kelgunga qadar berilgan dasturga muvofiq ishlaydi. Agar, masalan, protsessor markazlaridan biri ishlamay qolsa, GPS boshqaruv tizimi vaziyatni tezda baholab, keyingi qadamlar to'g'risida qaror qabul qilishi, ehtimol samaradorlikni pasaytirish hisobidan ketma-ketlik uchun yangi texnologik sxemani ishlab chiqishi kerak. ushbu moslashuvchan ishlab chiqarish tizimi tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulotlarni qayta ishlash va ta'mirlash guruhi avariya mashinasini ishga qaytargunga qadar yangi marshrut sxemasi bo'yicha mashinalar va transportning ishlashini ta'minlash. [9].

Robot tizimlarini moslashtirishning ko'rib chiqilayotgan darajalari uskunalar parametrlari, atrof-muhit va ularning o'zaro ta'sirining tabiati o'zgarishi to'g'risidagi ma'lumotlarni to'plash va qayta ishlashni ta'minlaydigan qo'shimcha qurilmalar sonida emas, balki tizimlarni tashkil qilish qobiliyatida

ham farqlanadi. ish sharoitida tobora murakkab, oldindan aytib bo'lmaydigan o'zgarishlarda ishlashi mumkin. [10].

## 1.2. Moslashuvchan boshqaruv tizimlarining xususiyatlari va tuzilishi.

Moslashuvchan boshqaruv tizimini tashkil qilishning umumiy tamoyillarini yuqori konveyerdan qismlarni olib tashlaydigan va ularni konteynerlarga joylashtiradigan sanoat roboti misolida ko'rish mumkin. Agar qism berilgan pozitsiyadan o'tish momenti ma'lum bo'lsa, u holda vazifani qattiq dastur tomonidan boshqariladigan robot bajarishi mumkin. Buning uchun dastlabki holatda joylashishni aniqlash nuqtalarining koordinatalarini, tutqichning holatini va qismlar yo'naltirilgan idishning holatini o'rnatish kifoya. Robot harakati dasturining algoritmi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

1 – joylashish nuqtalarining koordinatalarini o‘rnatish;

2 - ushlash moslamasini qismni ushlash holatiga o'tkazing;

3 - qismni ushlash holatiga o'ting;

4 - pnevmatik tutqich moslamasini yoqing;

5 - boshlang'ich pozitsiyasiga o'ting;

6 - ushlagichni qism bilan idishga o'tkazing;

7 - pnevmatik tutqichni o'chiring;

8 - 2-belgidan boshlab takrorlang.

Shu bilan birga, qismlarni konveyerdan konteynerga muvaffaqiyatli qayta yuklash qismning holatida dasturda ko'rsatilganidan biroz og'ish bo'lmaguncha davom etadi. Burilishning sababi konveyerning notekis tezligi yoki qismning tebranishi bo'lishi mumkin. Bunday holda, qism robot tomonidan noto'g'ri olinadi yoki umuman olinmaydi.

Tabiiyki, robot bunday nosozlikni sezmaydi va inson operatori aralashib, uni o'chirmaguncha noto'g'ri harakatlar qilishda davom etadi. Konveyerning notekis harakatlanishidan kelib chiqadigan nosozliklar dastur ish rejimini saqlab qolish orqali bartaraf etilishi mumkin. Buning uchun konveyerni konveyer kancasi ma'lum tutqich holatidan o'tayotgan paytda ishga tushiriladigan sensor bilan jihozlash kifoya, nazorat dasturida 2 va 3 belgilar orasidagi shartli operatorni o'rnatib, faqat 3 belgisiga o'tishga imkon beradi. sensor signalini olgandan keyin. Biroq, boshqaruv tizimiga konveyer kancasining joylashuvi sensori kiritilishi qismlarning tebranishidagi nosozliklarni istisno qilmaydi. Bundan tashqari, agar qismlar konveyerda noto'g'ri osilgan bo'lsa, dasturiy ta'minotni boshqarish kuchsizdir. Shubhasiz, faqat adaptiv boshqaruv tizimi bu muammoni hal qilishi mumkin. Buning uchun mavjud robot modul nafaqat ilgak holati sensori, balki qismlarni tanib olish va ularni qo'lga olish uchun nuqta koordinatalarini o'lchash asboblari bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Bunday holda, yuqorida muhokama qilingan robot harakati algoritmi quyidagi ketma-ketlikda o'zgartiriladi:

1 - joylashishni aniqlash nuqtalarining koordinatalarini o'rnatish: boshlang'ich va tara;

2 - tutqichni dastlabki holatiga o'tkazing;

3 - ilgak holati sensori signaliga ko'ra, qismni aniqlashni amalga oshiring, tutqich nuqtasining koordinatalarini va qismning yo'nalishini o'lchang;

4 - ushlash holatiga o'tish, ushlash moslamasini qismning o'qiga nisbatan yo'naltirish;

5 - pnevmatik tutqichni yoqing;

6 - boshlang'ich pozitsiyasiga o'ting;

7 - ushlagichni qism bilan idishga o'tkazing;

8 - pnevmatik tutqichni o'chiring;

9 - 2-belgidan takrorlang.

Shunday qilib, boshqaruv tizimiga kiritilgan qo'shimcha qurilmalar va dastlabki dasturni o'zgartirish apriori noma'lum tezlikda harakatlanadigan konveyerga xizmat ko'rsatishga va qismlarni ma'lum chegaralarda o'zboshimchalik bilan joylashtirishga imkon beradi.

Ko'rib chiqilayotgan muammoni hal qiladigan robot uchun dasturiy ta'minot va moslashuvchan boshqaruv tizimlarining funktsiyalarini tahlil qilib, ular faqat tashqi muhit haqidagi ma'lumotlarni idrok etuvchi qurilmalarda farqlanishini ko'rish mumkin.

Ushbu qurilmalar ushbu ma'lumotni qayta ishlaydi va robot dasturida allaqachon joylashishni aniqlash nuqtalarini chetlab o'tish ketma-ketligini tanlaydi. Berilgan nuqtalarni chetlab o'tishning tanlangan ketma-ketligini bajarish uchun mas'ul bo'lgan adaptiv va dasturiy muhitning komponentlari o'xshash bo'lib chiqadi. Shunday qilib, adaptiv tizimlarning asosiy xususiyati - deterministik bo'lmagan tashqi muhitda boshqaruv maqsadini amalga oshirish va robot parametrlarining siljishi - tuzilmada ikkita yangi element: axborot tizimi, shuningdek, ma'lumotlar tizimi, shuningdek, robotlar uchun qurilma. atrof-muhit va robot komponentlarida sodir bo'lgan o'zgarishlar haqidagi ma'lumotlardan foydalangan holda maqsadli nuqtalarning koordinatalarini va ularni aylanib o'tish ketma-ketligini hisoblash.

Moslashuvchan robotning boshqaruv funktsiyalari murakkablik darajasi robotning moslashuv darajasi bilan belgilanadigan hisoblash qurilmasi tomonidan amalga oshiriladi. Eng oddiy holatda, bu mikroprotsessor yoki mikrokompyuter bo'lishi mumkin, murakkab moslashuvchan robot tizimlari uchun hisoblash qurilmasi multimikroprotsessorli tarmoq bo'lishi mumkin.

Zamonaviy adaptiv robot tizimlari hisoblash qurilmasida tashqi muhitdagi o'zgarishlarga moslashish funktsiyasi va robot drayverlari parametrlarini o'z-o'zini diagnostika qilish va ishdagi kichik nosozliklarni bartaraf etish uchun keng ko'lamli apparat va dasturiy ta'minot bilan birlashtirilganligi bilan tavsiflanadi. [13].

Mikroprotsessor modullari bir xil tuzilishga ega bo'lishiga qaramay, ular turli funktsiyalarni bajaradilar. Shunday qilib, ulardan biri tashqi ma'lumotlarni to'playdi va qayta ishlaydi, ikkinchisi terminal bilan aloqani ta'minlaydi va operator buyruqlarini sharhlaydi, uchinchisi boshqaruv harakatlarini hisoblaydi va robot drayverlarining ishlashini nazorat qiladi, to'rtinchisi esa tashqi texnologik asbob-uskunalar bilan aloqa qilish uchun javobgardir. avtomatik chiziq yoki uchastkani boshqarishning yuqori darajasi. [17].

Hisoblash qurilmasining ushbu strukturasining o'ziga xos xususiyati avtomagistralni boshqarish bloki (BKM) yordamida amalga oshiriladigan o'z-o'zini tashxislash va o'z-o'zini ta'mirlash imkoniyatidir. O'z-o'zini diagnostika qilish va kichik o'zini o'zi ta'mirlash funktsiyalari zamonaviy boshqaruv tizimlarida eng muhim moslashuvchan robotlar qatoriga kiradi, chunki ularni amalga oshirish hatto nosozliklar va qisman jihozlar ishdan chiqqan taqdirda ham moslashuvchan ishlab chiqarish modulining muammosiz ishlashini ta'minlaydi. Umumiy magistral bo'ylab signallarni o'tkazish tartibini va ularning parametrlarini tahlil qilib, CCM mikroprotsessorlarni umumiy magistralga ulaydigan alohida mikroprotsessor modullari va qabul qiluvchilarning xizmat ko'rsatish qobiliyatini baholaydi. Agar biron bir mikroprotsessor moduli ishlamay qolsa, aniqlangan nosozlik haqida operatorga yuqori boshqaruv darajasiga uzatiladigan xabar bilan bir qatorda, chiziqli boshqaruv bloki favqulodda modulni o'chirish va uning funktsiyalarini ishlaydigan mikroprotsessorlarga o'tkazish buyrug'ini yaratadi. Agar mikroprotsessorning faqat qabul qiluvchi qurilmasi ishdan chiqqan bo'lsa, u holda mikroprotsessorlar

o'rtasidagi aloqalar tuzilishi BKM buyrug'i bilan o'zgarishi mumkin. Masalan, qoida tariqasida umumiy magistralga qaraganda kamroq tarmoqli kengligiga ega bo'lgan ortiqcha kiritish-chiqarish kanallari yordamida mikroprotsessorlar o'rtasida ma'lumot uzatish, ularni "har biriga" tamoyili bo'yicha ulash mumkin. Albatta, adaptiv tizimni o'z-o'zini ta'mirlash vaqtinchalik, majburiy choradir, chunki bu hisoblash qurilmasining ish faoliyatini biroz pasaytiradi, ammo robot modulining omon qolish qobiliyati juda yuqori bo'lib chiqadi. [17].

## 1.4. Moslashuvchan robotlarni boshqarish tizimlari uchun dasturiy ta'minot va uning asosiy xususuyatlari

Moslashuvchan robot dasturiy ta'minotining funktsiyalari boshqaruv tizimidan tashqaridagi ob'ektlarga xizmat ko'rsatishdan iborat: inson operatori, robot drayvlar, axborot tizimi, texnologik uskunalar va yuqori darajadagi hisoblash moslamasi. Boshqaruv tizimi faol dialog rejimida inson operatori bilan o'zaro ta'sir qiladi, uning davomida inson quyidagi harakatlarni bajaradi:

- robot ushlagichning joylashish nuqtalarini tavsiflovchi ma'lumotlar to'plami va texnologik asbob-uskunalarni boshqarish signallari yoki muammoga yo'naltirilgan tilda ko'rsatmalar to'plami sifatida taqdim etilishi mumkin bo'lgan ishchi dasturni yaratadi;

- ma'lumotlar muharriri dasturi yoki matn muharriri yordamida ish dasturini tahrir qiladi, chunki yuqorida aytib o'tilganidek, dastur ma'lumotlar yoki ko'rsatmalar bo'lishi mumkin;

- ishchi dasturning ob'ekt va yuk modullarini yaratadi, eski fayllarni o'chiradi, yangilarini o'z ichiga oladi, dasturlarning nomini o'zgartiradi va kutubxonada saqlaydi;

- ishchi dasturni disk raskadrovka qiladi, ya'ni. dasturiy ta'minot ko'magida uning bosqichma-bosqich bajarilishini amalga oshiradi, disk raskadrovka natijalarini tahlil qiladi va agar dasturning sifati qoniqarli bo'lsa, uni bajarish uchun buyruq beradi;

- uskunaning sog'lig'ini monitoring qilish funktsiyalarini amalga oshiradi, xususan, texnologik uskunalar bilan aloqa kanallarini tekshiradi, robot o'lchash tizimlarini kalibrlaydi va boshqa diagnostika operatsiyalarini bajaradi.

Robotning ijrochi qurilmasi - manipulyatorga nisbatan dasturiy ta'minotning vazifalari keng va xilma-xildir. Robotning aql-zakovat darajasiga qarab, ular quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin: vazifani batafsil tahlil qilish; uni kichik vazifalar va elementar harakatlarga bo'lish; ushbu harakatlarni amalga oshirish uchun asbob yoki tutqichning harakatini rejalashtirish; joylashishni aniqlash nuqtalarining ketma-ketligini aniqlash, chetlab o'tish, kerakli traektoriyani takrorlash va nihoyat, asbobni joylashtirish nuqtalarining koordinatalarini manipulyator bo'g'inlarining kerakli pozitsiyalariga aylantirish va haydovchini boshqarish buyruqlarini ishlab chiqarish. [16].

Chiziqlar va bo'limlarni tashkil etuvchi moslashuvchan ishlab chiqarish modullarining o'zaro ta'sirini tashkil qilish nuqtai nazaridan, robot dasturiy ta'minoti unga nisbatan yuqori boshqaruv darajasi bilan ma'lumot almashinuvini qo'llab-quvvatlashi muhimdir. Albatta, to'liq avtonom ishlaydigan moslashuvchan robotlar bilan moslashuvchan ishlab chiqarish modullari mavjud. Biroq, bu holda, barcha GLM komponentlarining harakatlarini muvofiqlashtirish funktsiyalari robotni boshqarish tizimi va uning dasturiy ta'minotining yelkasiga tushadi. Bundan tashqari, har qanday nosozliklar yoki nosozliklar yuzaga kelsa, yuqori darajadagi boshqaruv tizimiga yordam so'rovini yuborish mumkin emas. [15].

Boshqa tomondan, agar moslashuvchan robot va yuqori darajadagi kompyuter o'rtasida aloqa kanali mavjud bo'lsa va almashinuv jarayoni har ikki tomonda dasturiy ta'minot tomonidan qo'llab-quvvatlansa, vazifalarni aniq taqsimlash bilan boshqarish darajalari ierarxiyasini yaratish uchun noyob imkoniyat paydo bo'ladi. har biri uchun va har biri uchun dasturiy ta'minot va dasturlash tillarini birlashtirish. [17].

Bunday holda, qoida tariqasida, robotga nisbatan yuqori daraja bo'lgan moslashuvchan ishlab chiqarish modulini boshqaruvchi kompyuter GPM uskunasining harakatlarini muvofiqlashtirishni o'z zimmasiga oladi, masalan, favqulodda vaziyatlarning yuzaga kelishi ehtimolini yo'q qiladi. , manipulyatorning boshqa qurilmalarning harakatlanuvchi qismlari bilan to'qnashuvi yoki bitta zonada ishlaydigan ikkita manipulyatorning to'qnashuvi, PMG uskunasining diagnostikasi va PMGning avtonom ishlashi vaqtida adaptiv robotning dasturiy ta'minoti tomonidan bajariladigan boshqa bir qator funktsiyalar. uning nazorati ostida. Axborot tizimlariga xizmat ko'rsatishda adaptiv robotning dasturiy ta'minotining funktsiyalari allaqachon uning sensorlarining intellekt darajasiga bog'liq. Agar tashqi muhit haqidagi ma'lumotlarni qayta ishlash sensor tizimining o'zi tomonidan amalga oshirilsa, robotning dasturiy ta'minoti faqat ma'lumotlarni qabul qilishni tashkil qilishi kerak. Aks holda, uning funktsiyalariga boshqaruv maqsadlari uchun mos bo'lgan ma'lumotlarni qayta ishlash va tanlash, shuningdek, ushbu sensorli ma'lumot mo'ljallangan boshqaruv uchun mas'ul bo'lgan dasturiy modullar orasidan adresatni aniqlash kiradi. Ro'yxatdagi funktsiyalarga qo'shimcha ravishda, dasturiy ta'minot uzilish signallarini qayta ishlash, ma'lumotlarni kiritish-chiqarishni boshqarish, hisoblash resurslarini taqsimlash va boshqalarning tizimli muammolarini hal qilishi kerak. [13].

Moslashuvchan robot dasturiy ta'minotining yuqoridagi asosiy funktsiyalarini baholab, ularning real vaqt rejimidagi universal operatsion tizimlarining funktsiyalari bilan o'xshashligini ko'rish mumkin. Haqiqatan ham, universal operatsion tizimlarning asosiy komponentlarini va moslashuvchan robotlar uchun dasturlash tizimlarini solishtirsak, ularning o'xshashligini kuzatish mumkin.

Moslashuvchan robot dasturlash tizimi:

- operator buyruqlari;
- mehnat vazifasi;
- muammoga yo'naltirilgan robot dasturlash tili;
- tashqi qurilmalarga texnik xizmat ko'rsatish;
- boshqaruvning yuqori darajasi bilan almashinuvni ta'minlash.

Haqiqiy vaqtda operatsion tizim:

- monitor buyruqlari;
- fayl tizimi;
- dasturlash tillari;
- kirish-chiqishni boshqarish;
- tarmoq almashinuvini qo'llab-quvvatlash.

Bunday o'xshashlik nafaqat universal operatsion tizimlar nazariyasi sohasida to'plangan tajribadan, balki robot dasturlash tizimlarini loyihalashda operatsion tizimlarning o'zidan foydalanishga imkon beradi. [17].

## Birinchi bob bo’yicha xulosa

Optimal boshqaruv nazariyasining rivojlanishi boshqaruv tizimlarining tezligi va aniqligiga qo'yiladigan talablarning ortishi bilan bog'liq. Tezlikni oshirish cheklangan boshqaruv resurslarini to'g'ri taqsimlash bilangina mumkin va shuning uchun nazorat cheklovlarini hisobga olish optimal boshqaruv nazariyasining markaziylaridan biriga aylandi. Boshqa tomondan, yuqori aniqlikdagi boshqaruv tizimlarini qurish regulyatorlarni sintez qilishda tizimning alohida qismlarining (kanallarining) o'zaro ta'sirini hisobga olish zarurligiga olib keldi. Bunday murakkab ko'p o'lchovli (ko'p bog'langan) tizimlarning sintezi ham optimal boshqarish nazariyasi predmeti hisoblanadi.

Bugungi kunga kelib optimal boshqaruvning matematik nazariyasi yaratilgan. Uning asosida tezlik va optimal boshqaruvchilarni analitik loyihalash protseduralari nuqtai nazaridan optimal bo'lgan tizimlarni qurish usullari ishlab chiqilgan. Regulyatorlarning analitik dizayni optimal filtrlarning optimal kuzatuvchilari nazariyasi bilan birgalikda zamonaviy kompleks boshqaruv tizimlarini loyihalashda keng qo'llaniladigan usullar majmuasini tashkil qiladi.

Optimal boshqarish nazariyasi muammolarining murakkabligi uni qurish uchun kengroq matematik bazani talab qildi. Bu nazariya variatsiyalar hisobi, differensial tenglamalar nazariyasi va matritsalar nazariyasidan foydalanadi. Shu asosda optimal boshqaruvni ishlab chiqish avtomatik boshqaruv nazariyasining ko‘pgina bo‘limlarini qayta ko‘rib chiqishga olib keldi va shuning uchun optimal boshqarish nazariyasi ba’zan zamonaviy boshqaruv nazariyasi deb ataladi. Garchi bu bo'limlardan faqat bittasining rolini bo'rttirish bo'lsa-da, avtomatik boshqaruv nazariyasining rivojlanishi so'nggi o'n yilliklarda ko'p jihatdan ushbu bo'limning rivojlanishi bilan aniqlandi.  Sovet olimlari A. N.

Kolmogorov, L. S. Pontryagin, N. N. Krasovskiy, A. M. Letov va xorijiy olimlar N. Viner, R. Bellman, R. E. Kalman.

Moslashuvchan boshqaruv nazariyasining rivojlanishi parametrlari aniqlanmagan turli xil jismoniy tabiatdagi murakkab boshqaruv ob'ektlari sonining tobora ortib borishi bilan bog'liq. Ushbu noaniqlik quyidagi sabablarga ko'ra bo'lishi mumkin: texnologik jarayonni buzmasdan parametrlarni aniqlash uchun ob'ektlarning ko'p ishlash rejimlari yoki ularni eksperimental o'rganishning mumkin emasligi va nihoyat, dinamika parametrlarini aniqlash uchun tadqiqot va hisob-kitoblarga vaqt sarflashga imkon bermaydigan qisqa loyihalash vaqti. ob'ekt modeli. Noaniq va o'zgaruvchan parametrlarga ega bo'lgan ob'ektning boshqaruvchisi tizimning ishlashi va aniqligi o'zgarishsiz qolishi uchun o'zgartirilishi (moslashtirilishi) kerak.

# II-BOB. ALGORITMIK DINAMIK OB’YEKTLAR UCHUN INTELLEKTLI BOSHQARISH TIZIMINING SINTEZI.

Haqiqiy hayotdagi sanoat ob'ektlari noaniqlik sharoitida ishlaydi, ular texnologik o'zgaruvchilar o'rtasidagi murakkab va yomon tushunilgan munosabatlar bilan tavsiflanadi, bezovta qiluvchi ta'sirlarning katta xatosi va tasodifiy bo'lmagan aralashuvlar bilan o'lchanadi. Xususiyatlarning chiziqli bo'lmaganligi sababli, noaniqlik sharoitida dinamik ob'ektlarni moslashuvchan boshqarish uchun ma'lum chiziqli algoritmlarning imkoniyatlari keskin toraydi [5]. Bunday ob'ektlarni boshqarish uchun bilimga asoslangan va neyron tarmoqlar va loyqa mantiq asosida qurilgan neyron va loyqa kontrollerlar [6,7] tobora ko'proq foydalanilmoqda.

Oldingi bo'limda taklif qilingan neyron tarmoqlar va loyqa mantiqning ijobiy xususiyatlarini amalga oshiradigan gibrid modellar neyro-loyqa boshqaruv tizimlarining yuqori samaradorligini ko'rsatdi. Bunday tizimda boshqaruv ob'ekti va boshqaruvchi noaniq adaptiv modellar bilan tavsiflanadi, ular ko'p qatlamli neyron tarmoqning bir turi bo'lib, ularning tuzilishi texnologik o'zgaruvchilar va ular o'rtasidagi munosabatlarning tabiati tahlili asosida shakllanadi. xatolarni orqaga yoyish usuli yordamida o'zgaruvchan ishlab chiqarish sharoitlariga moslashish qobiliyati bilan. [17].

Ushbu bo'limda noaniqlik sharoitida ishlaydigan dinamik ob'ektlar uchun intellektuallashtirilgan boshqaruv tizimini algoritmik qo'llab-quvvatlashni yaratish masalalari muhokama qilinadi.

## 2.1. Dinamik ob'ekt uchun moslashuvchan neyro-loyqa kombinatsiyalangan boshqaruv tizimi uchun sintez algoritmlari

Chiqish o'zgaruvchisini barqarorlashtirish muammosi ko'rib chiqiladi $y(i+1)$ farq tenglamasi bilan tasvirlangan dinamik ob'ekt

$$y(i+1) = f(y(i),...,y(i-r),\bar{x}(i),... \\ \bar{x}(i-s),u(i),...,u(i-q)), \qquad (2.1)$$

qayerda $i = 0,1,2,..., N$ - joriy diskret vaqt; $y(i)$ - chiqish signali, $\bar{x}(i) = (\overline{x_1}(i),..., \overline{x_k}(i))$ - bezovta qiluvchi ta'sirlar vektori; $u(i)$ - boshqaruv; $f(y(i),..., y(i-r), \bar{x}(i),..., \bar{x}(i-s), u(i),..., u(i-q))$ - ma'lum tartibli ba'zi bir chiziqli bo'lmagan funksiyalar $r, s, q$.

Ob'ektning kirish koordinatalari istalgan vaqtda cheklangan, ya'ni.

$$u^{\min} \le u(i) \le u^{\max}, \\ \bar{x}^{\min} \le \bar{x}(i) \le \bar{x}^{\max}, i = \overline{1, N}. \qquad (2.2)$$

Yo'l qo'yiladigan boshqaruv xatosini ta'minlaydigan zavodning boshqaruvini (4.1) qurish talab qilinadi $e(i+1) = y^H - y(i+1)$ cheklovlar ostida (2.2), bu erda $y^H$ - nominal chiqish qiymati. Ushbu maqsadlar uchun neyro-loyqa adaptiv boshqaruv tizimidan foydalanish taklif etiladi (2.1-rasm), bunda bezovta qiluvchi ta'sirlarning ta'siri asosan kompensator tomonidan yo'q qilinadi va boshqaruv xatosi. $e(i+1)$ - regulyator. Emulator - bu kontrollerni sozlash uchun mo'ljallangan ob'ekt modeli. [22].

Bezovtalik kompensatori, regulyatori va emulyatori Sugenoning loyqa modeli asosida qurilgan bo'lib, uning soddalashtirilgan tuzilishi shaklda ko'rsatilgan. 2.1. Regulyator, kompensator va emulyatorda kechikish elementlari mavjud $z^{-\tau}, \tau = 1,2,...$, bu kechikish bilan kirish va chiqish o'zgaruvchilari qiymatini tashkil qiladi.

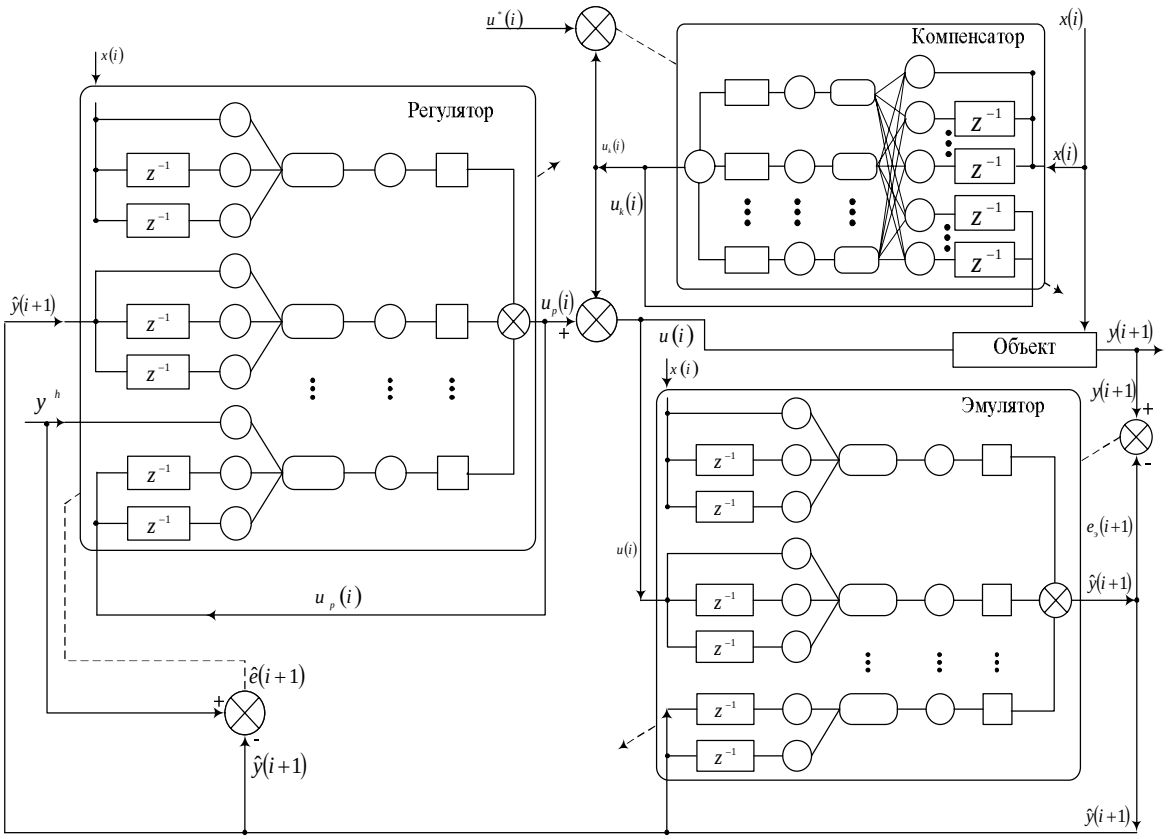
Xuddi ob'ekt singari, kompensator ham chiziqli bo'lmagan farq tenglamasi bilan tavsiflanadi

$$\begin{aligned} &\boldsymbol{u_k(i) = f_k(u_k(i-1),...,u_k(i-q_k),}\\ &\boldsymbol{\bar{x}(i), x(i-1),...,x(i-s_k),\bar{c}_k),} \end{aligned} \qquad (2.3)$$

buyurtmalarga ega $q_k$ va $s_k$, bu odatda q va s dan farq qiladi. Bu yerda $u_k(i-1),...,u_k(i-q_k)$ - skaler boshqaruv harakatlari; $\bar{x}(i)$ - o'lchamli kirish buzilishlari vektori $v$ va $\bar{c}_k$ sozlash parametrlarining vektoridir.

Taqdimot qulayligi uchun biz o'zgaruvchilarni birlashtiramiz $u_k(i-1),...,u_k(i-q_k),\bar{x}(i),...,x(i-s_k),$ bular. ularni kiritish vektori bilan almashtiring $x_k(i) = (x_{k1}(i),..., x_{km}(i))$, o'lchamga ega $m = q_k + v(s_k+1)$. Keyin (2.3) kabi qayta yozilishi mumkin

$$\boldsymbol{u_k(i) = f_k(\bar{x}_k(i),\bar{c}_k).} \qquad (2.4)$$




2.1-rasm. Neyro-loyqa adaptiv boshqaruv tizimining soddalashtirilgan tuzilishi

Farq tenglamasi sifatida (2.4) kompensatorni tavsiflash uchun qoidalar to'plami bilan ifodalangan loyqa Sugeno modeli [5] qo'llaniladi.

$$\begin{array}{c} \text{если } x_{k1}(i) \text{ есть } X_{k1}^{\theta} \\ x_{k2}(i) \text{ есть } X_{k2}^{\theta},...,x_{km}(i) \text{ есть } X_{km}^{\theta}, \\ \text{то } u_k^{\theta}(i) = b_{k0}^{\theta} + b_{k1}^{\theta} x_{k1}(i) + ... + b_{km}^{\theta} x_{km}(i), \\ \theta = \overline{1,n}, \end{array} \qquad (2.5)$$

loyqa to'plamlar bilan $X_{k1}^{\theta}, l = \overline{1,m}$ va kirishlarni bog'laydigan chiziqli bog'liqlik $\overline{x_k}(i) = (x_{k1}(i), x_{k2}(i),..., x_{km}(i))$ va chiqish $u_k^{\theta}(i)$.

Xk loyqa to'plamini belgilaydigan asosiy xarakteristikasi sigmasimon shaklga ega bo'lgan Xk(xk) a'zolik funktsiyasidir.

$$X_k(x_k) = (1 + \exp(d_{k1}(x_k + d_{k2})))^{-1}. \qquad (2.6)$$

Chiqishni aniqlash mexanizmi $u_k(i)$ kirishlarni ko'rsatishda loyqa model (2.6) bo'yicha $x_{kl}^0(i)$ o'sha payt $i = 1,2,...,N$, a'zolik funktsiyalari $X_{kl}^0(x_{kl}(i))$ va koeffitsientlar $b_{k0}^{\theta}, b_{k1}^{\theta},..., b_{km}^{\theta}, \theta = \overline{1,n}, l = \overline{1,m}$, chiziqli tenglamalar

$$\begin{array}{c} u_k^{\theta}(i) = b_{k0}^{\theta} + b_{k1}^{\theta} x_{k1}(i) + ... + b_{km}^{\theta} x_{km}(i), \\ \theta = \overline{1,n}, \end{array} \qquad (2.7)$$

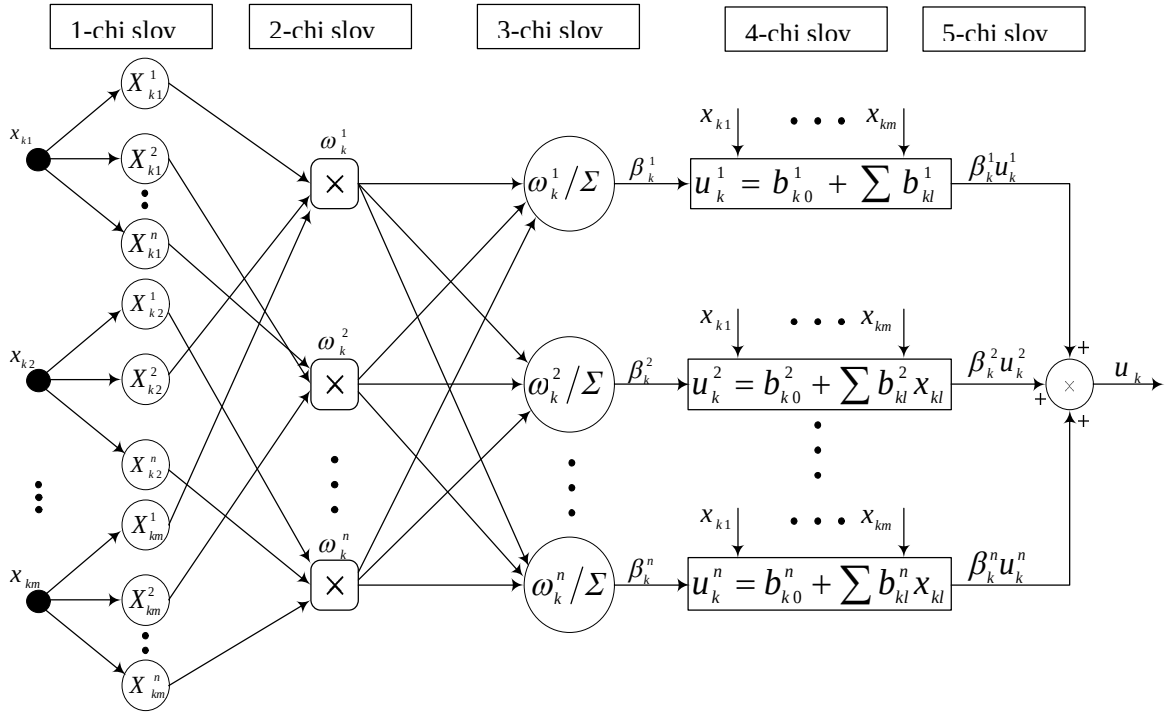
loyqa besh qatlamli neyron tarmoq sifatida ifodalanishi mumkin (2.2-rasm).

Birinchi qatlamda a'zolik darajalari hisoblanadi $X_{k1}^{\theta}(x_{k1}^0(i)),..., X_{km}^{\theta}(x_{km}^0(i))$ bu th qoidasi uchun, ikkinchi qavatda esa binolarning haqiqat qiymatlari $w_k^{\theta}$ algebraik ko'paytirish orqali

$$w_k^{\theta} = X_{k1}^{\theta}(x_{k1}(i)) X_{k2}^{\theta}(x_{k2}(i)) ... X_{km}^{\theta}(x_{km}(i)). \qquad (2.8)$$

Uchinchi qatlamda binolarning nisbiy normallashtirilgan haqiqat qiymatlari aniqlanadi

$$\beta_k^{\theta}(i) = \frac{w_k^{\theta}(i)}{w_k^1(i) + w_k^2(i) + ... + w_k^n(i)}. \qquad (2.9)$$




2.2-rasm. Loyqa besh qatlamli neyron tarmoqning tuzilishi

To'rtinchi ma'no qatlamida $\beta_k^\theta(i)$ chiqish qiymatlari bilan ko'paytiriladi $u_k^0(i)$, qiymatlarni belgilashda chiziqli tenglamalar (2.7) bilan hisoblangan $x_{k1}^0(i), x_{k2}^0(i),..., x_{km}^0(i)$.

Oxirgi beshinchi qatlamda yakuniy qiymat $u_k(i)$ barcha qoidalarga muvofiq o'rtacha og'irlikdagi summa sifatida topiladi $u_k^0(i)$

$$u_k(i) = \sum_{\theta=1}^{n} \beta_k^\theta(i) u_k^\theta(i). \qquad (2.10)$$

Loyqa kompensator modelida sozlash parametr vektori $\overline{c_k}$ koeffitsientlarni hosil qiladi $b_{kl}^\theta, l = \overline{0,m}$, chiziqli tenglamalar (2.7) va parametrlar $d_{k1,l}^\theta, d_{k2,l}^\theta, l = \overline{1,m}, \theta = \overline{1,n}$, a'zolik funktsiyalari.

Dastlab, kompensator modelini sozlash mavjud ma'lumotlarga muvofiq amalga oshiriladi va tizimli identifikatsiya algoritmi bo'yicha noaniq qoidalar sonini n aniqlashdan iborat. $\psi_n$, chiziqli tenglamalar koeffitsientlari $b_{kl}^0, \theta = \overline{1,n}$, $l = \overline{0,m}$ parametrik identifikatsiya algoritmi $\psi_b$ va agar kerak bo'lsa, a'zolik funksiyasi parametrlari

$d_{k1,l}^\theta, d_{k2,l}^\theta, l = \overline{1,m}$, orqaga tarqalish usuli $\psi_{BP}$.

Bunday holda, ma'lumotlar ishlatiladi $x_{k1}^*(i),...,x_{km}^*,u^*(i),$ buning uchun chiqish o'zgaruvchisi $y(i+1)$ nominal qiymatga yaqin $y^H$, ya'ni. shartni qondiradi

$$J^* = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left( \left| y^H - y(x_k^*(i), u^*(i)) \right| \right) / \, y^H \right) \le J^H, \qquad (2.11)$$

qayerda $J^H$ - nisbiy nazorat xatosining nominal qiymati.

Chiziqli tenglamalar koeffitsientlarini aniqlash algoritmidan boshlaylik $b_{kl}^{\theta}, \theta = \overline{1,n},\ l = \overline{0,m}$, ma'lumotlar to'plamida amalga oshiriladi $x_{k1}^*(i),...,x_{km}^*,u^*(i),$ $i = \overline{1,N}$. (2.7)-(2.9) ga asoslanib, birinchi navbatda (2.10) kengaytirilgan shaklda yozamiz

$$u_k(i) = b_{k0}^1 \beta_k^1(i) + ... + b_{k0}^n \beta_k^n(i) +$$
$$+ b_{k1}^1 x_{k1}^*(i) \beta_k^1(i) + ... + b_{k1}^n x_{k1}^*(i) \beta_k^n(i) +$$
$$+ ... + b_k^1 x_{km}^*(i) \beta_k^1(i) + ... + b_{km}^n x_{km}^*(i) \beta_k^i(i),$$

keyin vektor shaklida

$$\boldsymbol{u_k(i) = \overline{b_k^T}\, \overline{\tilde{x}_k}(i),} \qquad (2.12)$$

qayerda $\overline{b_k} = \left[ b_{k0}^1,...,b_{k0}^n, b_{k1}^1,...,b_{k1}^n,...,b_{km}^1,...,b_{km}^n \right]^T$ - sozlanishi koeffitsientlar vektori,

$\overline{\tilde{x}_k}(i) = \left[ \beta_k^1(i),...,\beta_k^n(i), x_{k1}^*(i)\beta_k^1(i),...,x_{k1}^*(i)\beta_k^n(i),...,x_{km}^*(i)\beta_j^1,...,x_{km}^*(i)\beta_k^n \right]^T$

-kengaytirilgan kiritish vektori; Transpozitsiyaning T belgisi.

Model parametr vektori $\overline{b_k}(i) = \left[ b_{k0}^1(i),.,b_{k0}^n(i), b_{k1}^1(i),.,b_{k1}^n(i),.,b_{km}^1(i),.,b_{km}^n \right]^T$ i-chi ma'lumotlar to'plami uchun $\overline{x_k^*(i)}, u^*(i)$ quyidagicha aniqlanadi. Vektor elementlarning boshlang'ich qiymatlari o'rnatiladi $\overline{b_\kappa(0)} = 0$ va o'lchamdagi tuzatish matritsasi $n(m+1) \times n(m+1)$

$$H_k(0) = \begin{vmatrix} \alpha_k & 0 & ... & 0 \\ 0 & \alpha_k & ... & 0 \\ ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & ... & \alpha_k \end{vmatrix},$$

qayerda $\alpha_k$ empirik tarzda tanlangan juda katta raqam.

Ma'lumotlar to'plami uchun $\overline{x_k^*}(i), u^*(i), i = 1,2,..., N$ tuzatish matritsasi hisoblanadi

$$H_k(i) = H_k(i-1) - \frac{H_k(i-1)\tilde{x}_k(i)\tilde{x}_k^T(i)H_k(i-1)}{1+\tilde{x}_k^T(i)H_k(i-1)\tilde{x}_k(i)} \qquad (2.13)$$

va koeffitsient vektori

$$\overline{b_k}(i) = \overline{b_k}(i-1) + H_k(i)\tilde{x}_k(i)(u^*(i) - \overline{b_k^T}(i-1)\tilde{x}_k(i)). \qquad (2.14)$$

Vektorning kerakli qiymati $\overline{b_k}$ teng $\overline{b_k}(N)$.

Strukturaviy identifikatsiya algoritmining ishlashi $\Psi_n$ mezonning minimal qiymatlari bilan loyqa modelni tanlash bilan boshlanadi

$$J_k = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\left|\left(u^*(i) - u_k\left(\overline{x_k^*}(i)\bullet\right)\right|/u^*(i)\right)\right. \qquad (2.15)$$

bir qator taqdim etilgan modellardan. Agar faqat bitta model bo'lsa, masalan, birinchi iteratsiyada bu protsedura bajarilmaydi.

Loyqa modelni olish koeffitsientlarni yo'naltirilgan o'zgartirish orqali joriy ma'lumotlarga ko'proq o'rgatiladi $b_l^\theta, \theta = \overline{1,n}, l = \overline{0,m}$, ko'p bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (2.13), (2.14) va a'zolik funksiyasi parametrlari $d_{k1,l}^\theta, d_{k2,l}^\theta$ orqaga tarqalish usuli. Ikkinchisi kvadratik xatoni minimallashtirishdir.

$$E_k(i) = 0.5e_k^2(i) = 0.5\left(u^*(i) - u_k\left(\overline{d_k}, \overline{x_k^*}(i)\right)\right)^2 \qquad (2.16)$$

formula bo'yicha gradient usuli

$$d_k(\lambda+1) = d_k(\lambda) - \Delta d_k(\lambda) \qquad (2.17)$$

ish bosqichi bilan $\Delta\overline{d_k} = h_k(\partial E_k / \partial\overline{d_k})$, qayerda $h_k$ ish bosqichi parametri.

Qisman hosilani aniqlash uchun zanjir qoidasini yozamiz

$$\frac{\partial E_k}{\partial\overline{d_{kl}^\theta}} = \frac{\partial E_k}{\partial u_k}\frac{\partial u_k}{\partial w_k^\theta}\frac{\partial w_k^\theta}{\partial X_{kl}^\theta}\frac{\partial X_{kl}^\theta}{\partial\overline{d_{kl}^\theta}}, \qquad (2.18)$$

qayerda $\overline{d_{kl}^\theta} = (d_{k1,l}^0, d_{k2,l}^\theta)$ sigmasimon parametrlarning ikki elementli vektoridir.

Biz qisman hosilaning har bir komponentini aniqlaymiz (2.18) (2.6)-(2.10) munosabatlaridan foydalangan holda.

Birinchi komponent dan olinadi (2.16)

$$\frac{\partial E_k}{\partial u_k} = \left(u^* - u_k\right);$$

ikkinchisi (2.7) va (2.9) dan

$$\frac{\partial u_k}{\partial w_k^\theta} = \frac{u_k^\theta \sum_{j=1}^{n} w_k^i - w^\theta \sum_{j=1}^{n} w_k^j u_k^j}{\left(\sum_{j=1}^{n} w_k^j\right)} = \frac{u_k^\theta - w^\theta u_k}{\sum_{j=1}^{n} w_k^j};$$

uchdan (2,8)

$$\frac{\partial w_k^\theta}{\partial X_{kl}^\theta(x_l)} = \prod_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{m} X_{kj}^\theta(x_{kj}^*),\ l = \overline{1,m};$$

to'rtinchisi - sigmasimonning ga nisbatan hosilasi $d_{k1,l}^\theta$,

$$\frac{\partial X_{kl}^\theta}{\partial d_{k1,l}^\theta} = X_{kl}^\theta(x_{kl}^*)(1 - X_{kl}^\theta(x_{kl}^*))(x_{kl}^* + d_{k2,l}^\theta)$$

yoki tomonidan $d_{k2,l}^\theta$

$$\frac{\partial X_{kl}^\theta}{\partial d_{k2,l}^\theta} = X_{kl}^\theta(x_{kl}^*)(1 - X_{kl}^\theta(x_{kl}^*))d_{k1,l}^\theta,$$

$$l = \overline{1,m}, \qquad \theta = \overline{1,n}.$$

Endi parametrga nisbatan qisman hosilalarning analitik ifodasini yozamiz $d_{k1,l}^\theta$

$$\frac{\partial E_k}{\partial d_{k1,l}^i} = (u_k^* - u_k)\frac{(u_k^\theta - w_k^\theta u_k)}{\left(\sum_{j=1}^{n} w_k^j\right)^2} \times \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{m} X_{kj}^\theta(x_{kj}^*)\right) X_{kl}^\theta(x_{kl}^*)(1 - X_{kl}^\theta(x_{kl}^*))(x_{kl}^* + d_{k2,l}^\theta) \quad (4.19)$$

va parametr bo'yicha $d_{k2,l}^\theta$

$$\frac{\partial E_k}{\partial d_{k2,l}^i} = (u_k^* - u_k)\frac{(u_k^\theta - w_k^\theta u_k)}{\left(\sum_{j=1}^{n} w_k^j\right)^2} \times \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{m} X_{kj}^\theta(x_{kj}^*)\right) X_{kl}^\theta(x_{kl}^*)(1 - X_{kl}^\theta(x_{kl}^*))d_{k2,l}^\theta, \quad (2.20)$$

$$\theta = \overline{1,n},\ l = \overline{1,m}.$$

Emulyator - ob'ektning soddalashtirilgan dinamik modeli bo'lib, u tenglama bilan tavsiflanadi.

$$\hat{\boldsymbol{y}}(\boldsymbol{i}+1)=\boldsymbol{f}_{э}(\boldsymbol{u}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{u}(\boldsymbol{i}-\boldsymbol{q}),\ \overline{\boldsymbol{x}}(\boldsymbol{i}),...,\overline{\boldsymbol{x}}(\boldsymbol{i}-\boldsymbol{s}),\boldsymbol{y}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{y}(\boldsymbol{i}-\boldsymbol{r}),\overline{\boldsymbol{c}_{э'}}), \tag{2.21}$$

q, s, r (4.1) bilan bir xil tartiblarga ega bo'lgan, o'zgaruvchilar rasmiylashtirilgandan keyin

$$\overline{\boldsymbol{x}_{э}}(\boldsymbol{i})=(\boldsymbol{x}_{э1}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{x}_{э\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{i}))=(\boldsymbol{u}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{x}(\boldsymbol{i}),...\boldsymbol{y}(\boldsymbol{i}-\boldsymbol{r}))$$

loyqa Sugeno modeli sifatida ham ifodalanishi mumkin

$$\begin{gathered} R_{э}^{\theta};\ \text{если}\ x_{э1}(i)\ \text{есть}\ X_{э1}^{\theta} \\ x_{э2}(i)\ \text{есть}\ X_{э2}^{\theta},...,x_{эm}(i)\ \text{есть}\ X_{эm}^{\theta}, \\ \text{то}\ y^{\theta}(i+1)=b_{э0}^{\theta}+b_{э1}^{\theta}x_{э1}(i)+...+b_{эm}^{\theta}x_{km}(i), \\ \theta=\overline{1,n'}. \end{gathered} \tag{2.22}$$

Loyqa emulyatorning analitik ifodasini yozamiz

$$\hat{y}(i+1)=\sum_{\theta=1}^{n'}\beta_{э}^{\theta}y^{\theta}(i+1), \tag{2.23}$$

qayerda

$$\beta_{э}^{\theta}=w_{э}^{\theta}(i)/\left(\sum_{\theta=1}^{n'}w_{э}^{\theta}(i)\right);$$

$$w_{э}^{\theta}(i)=\prod_{l=1}^{m'}X_{эl}^{\theta}(x_{эl}(i)),$$

uning vektor tasviri

$$\hat{\boldsymbol{y}}(\boldsymbol{i}+1)=\overline{\boldsymbol{b}_{э}^{\boldsymbol{T}}}\,\widetilde{\boldsymbol{x}}_{э}(\boldsymbol{i}),$$

shuningdek, koeffitsientni aniqlash algoritmi $\overline{\boldsymbol{b}_{э}}(\boldsymbol{i})$

$$H_{э}(i)=H_{э}(i-1)-\frac{H_{э}(i-1)\widetilde{x}_{э}(i)\widetilde{x}_{э}^{T}(i)H_{э}(i-1)}{1+\widetilde{x}_{э}^{T}(i)H_{э}(i-1)\widetilde{x}_{э}(i)}, \tag{2.24}$$

$$b_{э}(i)=b_{э}(i-1)+H_{э}(i)\widetilde{x}_{э}(i)(y(i)-b_{э}^{T}(i-1)\widetilde{x}_{э}(i)),\quad i=\overline{1,N}, \tag{2,25}$$

qayerda $\widetilde{x}_{э}(i)=(\beta_{э}^{1}(i),\ ...,\ \beta_{э}^{n'}(i),\ \beta_{э}^{1}(i)x_{э1}(i),\ ...,\beta_{э}^{1}(i)x_{эm'}(i),...,\beta_{э}^{n'}(i)x_{эm'}(i))^{T}$ - o'zgartirilgan kiritish vektori;

$\overline{\boldsymbol{b}_э} = (\boldsymbol{b}^1_{э0}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{b}^{\boldsymbol{n}'}_{э0}(\boldsymbol{i}),\boldsymbol{b}^1_{э1}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{b}^{\boldsymbol{n}'}_{э1}(\boldsymbol{i}),...,\boldsymbol{b}^1_{э\boldsymbol{m}'}(\boldsymbol{i}),...\boldsymbol{b}^{\boldsymbol{n}'}_{э\boldsymbol{m}'}(\boldsymbol{i}))^T$ moslashtirilgan variantlar vektori.

Strukturaviy identifikatsiyalashda umumiy foydalaniladiO'rtacha nisbiy xatolarni tavsiflovchi mezonlar:

$$J_э = \frac{1}{N+1}\sum_{i=0}^{N}\left(\left|y(i+1) - \hat{y}(i+1)\right| / y(i+1)\right).$$

Emulyatorga a'zolik funksiyasi parametrlari $\overline{\boldsymbol{d}_э} = (\boldsymbol{d}^{\theta}_{э1,\boldsymbol{l}}, \boldsymbol{d}^{\theta}_{э2,\boldsymbol{l}}), \boldsymbol{l} = \overline{1,\boldsymbol{m}'}, \theta = \overline{1,\boldsymbol{n}'},$ kvadratik qoldiqni minimallashtirish orqali xatoning orqaga tarqalishi usuli bilan aniqlanadi

$$\boldsymbol{E}_э(\boldsymbol{i}+1) = 0.5\boldsymbol{e}^2_э(\boldsymbol{i}+1) = 0.5(\boldsymbol{y}(\boldsymbol{i}+1) - \hat{\boldsymbol{y}}(\overline{\boldsymbol{d}_э}, \overline{\boldsymbol{x}_э}(\boldsymbol{i})))^2$$

gradient tushish

$$d_э(\lambda+1) = d_э(\lambda) - h_э\left(\frac{\partial E_э}{\partial d_э}\right),$$

qayerda $h_э$- ish bosqichining parametri. Parametrga nisbatan qisman hosilalar uchun analitik ifodalarni beramiz $d^{\theta}_{э1,} l$

$$\frac{\partial E_э}{\partial d_{э1,l}} = (y - \hat{y})\frac{(y - w^{\theta}_э \hat{y})}{\left(\sum_{j=1}^{n'} w^j_э\right)^2} \times \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{m'} X^{\theta}_{эl}(x_{эl}))(x_{эl} + d^{\theta}_{э2,l}\right)$$

va parametr bo'yicha $d^{\theta}_{э2,} l$

$$\frac{\partial E_э}{\partial d_{э2,l}} = (y - \hat{y})\frac{(y - w^{\theta}_э \hat{y})}{\left(\sum_{j=1}^{n'} w^j_э\right)^2} \times \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{m'} X^{\theta}_{эj}(x_{эj})\right)(1 - X^{\theta}_{эl}(x_{эl}))d^{\theta}_{э1,l},$$

$$l = \overline{1,m'}, \quad \theta = \overline{1,n'}.$$

Vaziyat tugashi bilan parametrik va strukturaviy identifikatsiyalar to'xtaydi

$$J_э = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N}\left(\left|y(i+1) - \hat{y}(i+1)\right| / y(i+1)\right) \le J^и_э,$$

qayerda $J_э$ -to'g'ri qiymatga ega bo'lgan o'rtacha nisbiy emulyator xatosi $J^и_э$.

Faraz qilaylik, boshqaruv ob'ekti tenglama bilan tasvirlangan (2.1) teskari, ya'ni. funksiya mavjud $f_p(\bullet)$, boshqaruvchi modeli deb ataladi, shuning uchun

$$\begin{aligned} \boldsymbol{u_p(i) = f_p(u_p(i-1),...,u_p(i-q),} \\ \boldsymbol{\overline{x}(i),...,\overline{x}(i-s),\hat{y}(i+1),...,\hat{y}(i-r),y^н,\overline{c_p}).} \end{aligned}$$

(2.26)

Rasmiylashtirilgan yozuvga o'tish

$$\begin{aligned} \boldsymbol{x_p(i) = (x_{p1}(i), x_{p2}(i),..., x_{pm''}(i)) =} \\ \boldsymbol{= u_p(i-1),...,u_p(i-q),\overline{x}(i),...,\overline{x}(i-s),\hat{y}(i+1),...,\hat{y}(i-r),y^н).} \end{aligned}$$

(2.26) noaniq Sugeno modeli sifatida yozamiz

если $x_{p1}(i)$ есть $X^{\theta}_{p1},...,x_{pm''(i)}$ есть $X^{\theta}_{pm''}$,

то $u_p(i) = b^{\theta}_{p0} + b^{\theta}_{p1}x_{p1}(i) + ... + b^{\theta}_{pm''}x_{pm''}(i),$

$$\theta = \overline{1, n''},$$

Biz parametrik va tizimli identifikatsiya algoritmlaridan, shuningdek sigmasimon a'zolik funktsiyasidan foydalanamiz.

$$X_p(x_p) = (1 + \exp(d_{p1}(x_p - d_{p2})))^{-1}.$$

Shuning uchun, kontrollerni sozlash parametrlarining vektori $c_p$ chiziqli tenglamalar koeffitsientlari vektorlarini o'z ichiga oladi

$$\boldsymbol{\overline{b_p} = (b^1_{p0},...,b^{n''}_{p0},b^1_{p1},...,b^{n''}_{p1},...,b^1_{pm''},...,b^{n''}_{pm''})}$$

va a'zolik funksiyasi parametrlari

$$\boldsymbol{\overline{d_p} = (d^1_{p1,1},d^1_{p2,1},...,d^1_{p1,m''},d^1_{p2,m''},...,d^{n''}_{p1,1},d^{n''}_{p2,1},...,d^{n''}_{p1,m''},d^{n''}_{p2,m'}).}$$

Chiqarmasdan, biz Sugeno modeli uchun analitik ifodani beramiz

$$u_p(i) = \frac{\sum_{\theta}^{n''} w^{\theta}_p(i) u^{\theta}_p(i)}{\sum_{\theta=1}^{n''} w^{\theta}_p(i)}$$

va uning vektor shakli

$$\boldsymbol{u_p(i) = \overline{b^T_p}\tilde{x}_p(i),}$$

qayerda

$$\tilde{x}^T_p(i) = \left[\beta^1_p(i),..., \beta^{n''}_p(i), x_{p1}(i)\beta^1_p(i),..., x_{p1}\beta^{n''}_p(i), x_{pm''}(i)\beta^1_p(i),..., x_{pm''}(i)\beta^{n''}_p(i)\right]$$

kengaytirilgan kiritish vektori;

$$\beta_p^{\theta}(i) = w_p^{\theta}(i) / \left( \sum_{\theta=1}^{n''} w_p^{\theta}(i) \right)$$

- loyqa funksiya.

Teskari boshqaruvchi modelining tuzilishi va parametrlarini aniqlash ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda, emulyator modeliga ko'ra, nuqtalarda bir o'lchovli qidiruv algoritmi $i = \overline{1, N}$ bunday nazoratlar belgilangan $u^*(i) = u_p^*(i) + u_k(i)$ va shunga mos ravishda tartibga soluvchi ta'sirlar $u_p^*(i)$, unda emulyator xatosi $e_э(i+1) = y(i+1) - \hat{y}(i+1)$ cheklovlarni qondiradi

$\delta y_{\min} \le |l_э(i+1)| \le \delta y_{\max}$, $i = \overline{0, N-1}$.

Ikkinchi bosqichda chiziqli tenglamalar koeffitsientlarini strukturaviy aniqlash va identifikatsiya qilish amalga oshiriladi. $\overline{b_p}$ va a'zolik funksiyasi parametrlari $\overline{d_p}$. Koeffitsient vektori $\overline{b_p}$ takrorlanuvchi eng kichik kvadratlar usuli yordamida hisoblab chiqilgan

$$H_p(i) = H_p(i-1) - \frac{H_p(i-1)\tilde{x}_p(i)\tilde{x}_p^T(i)H_p(i-1)}{1 + \tilde{x}_p^T(i)H_p(i-1)\tilde{x}_p(i)},$$

$$\overline{\boldsymbol{b}_{\boldsymbol{p}}}(\boldsymbol{i}) = \overline{\boldsymbol{b}_{\boldsymbol{p}}}(\boldsymbol{i}-1) + \boldsymbol{H}_{\boldsymbol{p}}(\boldsymbol{i})\tilde{\boldsymbol{x}}_{\boldsymbol{p}}(\boldsymbol{i})[\boldsymbol{u}_{\boldsymbol{p}}^*(\boldsymbol{i}) - \overline{\boldsymbol{b}_{\boldsymbol{p}}^{\boldsymbol{T}}}(\boldsymbol{i}-1)\tilde{\boldsymbol{x}}_{\boldsymbol{p}}(\boldsymbol{i})],$$
$$\boldsymbol{H}_{\boldsymbol{p}}(0) = \gamma \boldsymbol{I},\ \gamma >> 1,\ \boldsymbol{i} = \overline{\boldsymbol{1, N}},$$

Bu erda adekvatlik mezoni

$$J_p = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N} \left( \left| u_p^*(i) - u_p(i) \right| / \left| u_p^*(i) \right| \right),$$

Strukturaviy va parametrik identifikatsiya shart bajarilganda tugallanadi

$J_p \le J_p^н$,

qayerda $J_p^н$ - nazorat xatosining nominal qiymati. [22].

Kontrollerning a'zolik funksiyalarining parametrlarini aniqlaymiz $d_{p1,l}^{\theta}, d_{p2,l}^{\theta}, \theta = \overline{1, n''}, l = \overline{1, m''},$ unga minimal kvadrat xato bilan boshqarishni o'rgatish $E = 0.5e^2(i+1) = 0.5(y^н - \hat{y}(i+1))^2$ gradient usuli yordamida

$d_p(\lambda+1) = d_p(\lambda) + \Delta d_p(\lambda),$

qayerda $\Delta \overline{\boldsymbol{d}_{\boldsymbol{p}}} = (\boldsymbol{h}_{\boldsymbol{p}} \partial \boldsymbol{E} / \partial \overline{\boldsymbol{d}_{\boldsymbol{p}}})$ - ish bosqichi $h_p$ - ish bosqichining parametri.

Ketma-ket ulangan kontroller va emulyator uchun qisman hosilalar zanjir qoidasiga ko'ra, shaklga ega bo'ladi.

$$\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \overline{\overline{\boldsymbol{d}_p}}} = \frac{\partial \boldsymbol{u_p}}{\partial \overline{\overline{\boldsymbol{d}_p}}} \frac{\partial \hat{\boldsymbol{y}}}{\partial \boldsymbol{u_p}} \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \hat{\boldsymbol{y}}}.$$

(4.19) va (4.20) parametrga nisbatan qisman hosilalar uchun ifoda hosil qilmasdan $d^{\theta}_{p1,l}$

$$\frac{\partial u_p}{\partial d^{\theta}_{p1,l}} = \frac{u^{\theta}_p - w^{\theta}_p u^{\theta}_p}{\sum_{j=1}^{n''} w^j_p} \times \left( \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{m''} X^{\theta}_{pj}(x_{pj}) \right) X^{\theta}_{pl}(x_{pl})(1 - X^{\theta}_{pl}(x_{pl}))(x_{pl} + d^{\theta}_{p2,l})$$

va parametr bo'yicha $d^{\theta}_{p2,l}$

$$\frac{\partial u_p}{\partial d^{\theta}_{p2,l}} = \frac{u^{\theta}_p - w^{\theta}_p u^{\theta}_p}{\sum_{j=1}^{n''} w^j_p} \times \left( \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{m''} X^{\theta}_{pj}(x_{pj}) \right) X^{\theta}_{pl}(x_{pl})(1 - X^{\theta}_{pl}(x_{pl})) d^{\theta}_{p2,l},$$

$$\theta = \overline{1, n''},\ l = \overline{1, m''}.$$

Doimiy qabul qilish $u_k$, va buni hisobga olgan holda $u_p = x_{э1}$, ya'ni. $du_p = d(u_k + u_p) = dx_{э1}$, biz ob'ektning Yakobiy uchun analitik ifodasini aniqlaymiz $\partial \hat{y}(i+1) / \partial x_{э1}(i)$, bu ikki funktsiya mahsulotining hosilalari yig'indisidir $\beta^{\theta}$ va $\hat{y}^{\theta}$

$$\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial x_{э1}} = \sum_{\theta=1}^{n'} \left( \frac{\partial \beta^{\theta}}{\partial x_{э1}} y^{\theta} + \frac{\partial y^{\theta}}{\partial x_{э1}} \beta^{\theta} \right). \qquad (2.27)$$

Zanjir qoidasiga muvofiq, birinchi hadning umumiy hosilasini yozamiz

$$\frac{\partial \beta^{\theta}_{э}}{\partial x_{э1}} y^{\theta} = \frac{\partial \beta^{\theta}_{э}}{\partial w^{\theta}_{э}} \frac{\partial w^{\theta}_{э}}{\partial X^{\theta}_{э1}} \frac{\partial X^{\theta}_{э1}}{\partial x_{э1}} y^{\theta}$$

va birinchisini aniqlang

$$\frac{\partial \beta^{\theta}_{э}}{\partial x^{\theta}_{э}} y^{\theta} = \frac{y^{\theta} - w^{\theta}_{э} \hat{y}}{\sum_{j=1}^{n'} w^j_{э}},$$

ikkinchi

$$\frac{\partial w^{\theta}_{э}}{\partial x_{э1}} = \prod_{l=2}^{m'} X^{\theta}_{эl}(x_{эl})$$

va uchinchi komponent

$$\frac{\partial X_{э1}^{\theta}(x_{э1})}{\partial x_{э1}} = X_{э1}^{\theta}(x_{э1})(1 - X_{э1}^{\theta}(x_{э1}))\, d_{э1,1}^{\theta},$$

qayerda $X_{э1}^{\theta}(x_{э1}) = (1 + \exp(d_{э1}^{\theta}(x_{э1} + d_{э1,2}^{\theta})))^{-1}$.

hosilaning ikkinchi a'zosi (4.27) shaklga ega

$$\frac{\partial y^{\theta}}{\partial x_{э1}} \beta_{э}^{\theta} = b_{эl}^{\theta} \beta_{э}^{\theta}.$$

Endi hosila uchun to'liq ifodani yozamiz (2.27)

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_{э1}} = \sum_{\theta=1}^{n'} \left[ \frac{y^{\theta} - w_{э}^{\theta} \hat{y}}{\sum_{j=1}^{n'} w_{э}^{j}} \times \prod_{l=2}^{m'} X_{эl}^{\theta}(x_{эl})(1 - X_{э1}^{\theta}(x_{э1})) d_{э1}^{\theta} + b_{э1}^{\theta} \beta_{э}^{\theta} \right].$$

Variantlar $\overline{b_p}$ va $\overline{c_p}$ o'rtacha nisbiy nazorat xatosi topilgan deb hisoblanadi

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left( \left| y^{н} - y(i) \right| / y^{н} \right),$$

shartni qondiradi $J \le J^{н}$, qayerda $J^{н}$ - nazorat xatosining nominal qiymati.

Shunday qilib, neyron tarmoqlarning ijobiy xususiyatlarini va loyqa modellarni birlashtirish noaniqlik sharoitida murakkab dinamik ob'ektlarni boshqarish muammolarini samarali hal qilish imkonini beradi. [24].

## 2.2. Interaktiv moslashuvga asoslangan neyro-loyqa boshqaruvchining sintezi

So'nggi paytlarda jarayonni boshqarish tizimlarida loyqa boshqaruv algoritmlari tobora ko'proq foydalanilmoqda. Ushbu innovatsion kontseptsiya asosida qurilgan regulyatorlar, ba'zi hollarda, klassik regulyatorlarga nisbatan vaqtinchalik jarayonlarning yuqori sifat ko'rsatkichlarini ta'minlashga qodir. Bundan tashqari, loyqa boshqaruv algoritmlarini sintez qilish texnologiyasidan foydalangan holda, kompleks matematik tadqiqotlar o'tkazmasdan, murakkab boshqaruv tsikllarini optimallashtirish mumkin.

Belgilangan chegaralar doirasida asosiy operatsion parametrlarni saqlab turishga qodir bo'lgan ko'plab texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarini ishlab chiqish boshqaruv ob'ektining ishlash xususiyatlari va atrof-muhit parametrlarining noaniqligi sharoitida murakkab ko'p mezonli optimallashtirish muammosidir. Bunday murakkab muammoni hal qilish uchun adaptiv xususiyatlarga ega loyqa kontroller asosida aqlli boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish texnologiyasini joriy etish istiqbolli.

Shu munosabat bilan, qurilishni boshqarish tizimlari sohasida eng dolzarb bo'lib, tizim parametrlarini avtomatlashtirilgan sintez qilish uchun universal usullar va algoritmlarni ishlab chiqish hisoblanadi.

Keling, noaniq kontrollerli dinamik ob'ektlarni boshqarish tizimini ko'rib chiqaylik, uning kirish qiymatlari bo'yicha vaqtinchalik jarayonning dinamikasiga ko'ra qo'shimcha tuzatuvchi ulanish kiritilgan, tabiati va parametrlari funktsional konvertor tomonidan o'rnatiladi.

Funktsional konvertorning parametrlarini o'zgartirish boshqaruv tizimining ham dinamik, ham statik xususiyatlarini sozlash imkonini beradi. Nazoratchining bunday tuzilishi loyqa boshqaruvchi parametrlarining optimal tanlovi bilan birlashganda, ularning tuzilishidan qat'i nazar, noaniq va statsionar bo'lmagan mexanizmlar uchun moslashtirilgan boshqaruv tizimlarini minimal sozlash bilan amalga oshirish imkonini beradi.

Loyqa boshqaruvchiga moslashuvchan xususiyatlarni berish uchun dinamik tizimning buzilishlarga (boshqaruv ob'ekti parametrlarining o'zgarishi va tashqi ta'sirlarga) barqarorligini ta'minlash uchun boshqaruv xatosi DE o'zgarish tezligi hisoblangan.

Funktsional konvertorli loyqa kontrollerni o'rgatish uchun interaktiv moslashish nazariyasiga asoslangan algoritm taklif etiladi [2].

Ushbu algoritmning mohiyati shundan iboratki, mashg'ulotlar uchun zarur bo'lgan xato bilvosita hisoblab chiqiladi. [23].

Interaktiv moslashish algoritmidan foydalanganda tizim N-kichik tizimlarga bo'linadi, ularning har biri integrallanadigan chiqish signali yn va

integrallanuvchi kirish signali xn ga ega, ular orasidagi bog'liqlik funktsional bog'liqlik sifatida ifodalanadi.

$$F_n : X_n \to Y_n, n = 1,2,..., N$$

Tizimning i-elementining munosabati quyidagi shaklga ega:

$$y_i(t) = F_i[x_n(t)], i = 1,2,..., N$$

Elementlar va tashqi signal ui(t) o'rtasidagi o'zaro ta'sir chiziqli bo'lsin va tenglama bilan tavsiflansin:

$$x_i(t) = u_i(t) + \sum_{K \in J_i} \alpha_K \cdot y_i(t), i \in N,$$

(2,28)

qayerda $J_i = \{K : y_K = i\}$ - i-elementning ulangan kirishlari to'plami; $\alpha_K$ - bog'lanish og'irliklari,

u holda i-elementning kirish va chiqish nisbati quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$y_i(t) = F_i[u_i(t) + \sum_{K \in J_i} \alpha_K \cdot y_i(t)], i \in N$$

O'rganish algoritmining maqsadi havola og'irliklarini sozlashdir $\alpha_c$ tizimning xato funksiyasi bo'lgan E (y1, …, yn, u1, …, un) yo'qotish funktsiyasini minimallashtiradigan tarzda.

Neyron tarmoqlarni o'qitish boshqaruv tizimining xatosini minimallashtirishdan iborat. Bu bog'lanish og'irliklarini sozlash orqali amalga oshiriladi $\alpha_k$ neyron tarmoq.

Agar tizim (2.28) tenglama bilan tasvirlangan bo'lsa, u holda bog'lanishlarning og'irliklari $\alpha_K$ quyidagi qoidaga muvofiq tuzilgan:

$$\dot{\alpha}_K = F'_{вхK}[x_{вхK}] \cdot \left( \frac{y_{выхK}}{y_{вхK}} \right) \sum_{S \in Q_{выхJ}} \alpha_S \cdot \dot{\alpha}_S - \gamma \cdot F'_{вхK}[x_{вхK}] \cdot y_{выхK} \cdot \frac{\delta E}{\delta y_{вхK}},$$

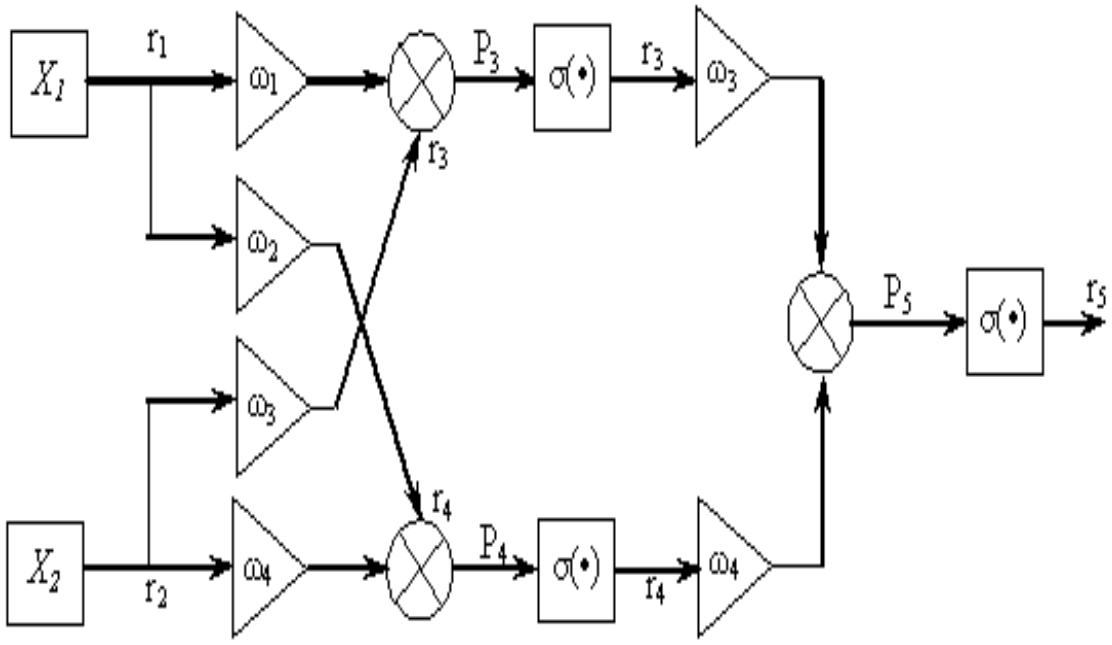
(2.29)

qayerda $\gamma > 0$ - o'rganish tezligini belgilovchi koeffitsient; $F'_{вхK}[x_{вхK}]$ - Frechet hosilasi [1]; E - yo'qotish funktsiyasi (xato). $\in$ TO.

Agar (2.29) tenglama yagona yechimga ega bo'lsa $\alpha_K$, bu erda yo'qotish funksiyasi E (y1, ..., uk; u1, ..., un) vaqt o'tishi bilan monoton ravishda kamayadi va quyidagi tenglik bajariladi:

$$\dot{\alpha}_K = -\gamma \frac{\delta E}{\delta \alpha_K}, k \in K$$

Ushbu yondashuv bilan neyron tarmoq elementar neyron tarmoq sifatida ifodalangan uning tarkibiy elementlariga ajralishi mumkin (2.3-rasm).




Rasm. 2.3. Elementar neyron tarmoqning blok diagrammasi

Matematik jihatdan, neyron tarmog'ini o'rganish algoritmi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$Pn = \sum_{s \in Dn} \omega_s \cdot r_{pres}$$

$$r_n = \sigma(pn),$$

bu yerda: n – neyron indeksi; s - sinaps indeksi; Dn - n neyronning kirish sinapslari to'plami; pres va post, sinaps s ga mos keladigan presinaptik va postsinaptik neyron; $\omega_S$ - sinapsning og'irligi s; pn - neyron n ning membrana salohiyati; rn - n neyronning qo'zg'alish chastotasi; $\sigma$ - sigmasimon tipdagi faollashtirish funktsiyasi, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Bunday holda, sinapslarning og'irligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\dot{\omega}_s = r_{pres}\left(\varphi_{posts}\sigma(-P_{posts}) + \gamma \cdot f_{posts}\right),$$

qayerda $\varphi_n = \sum_{S \in A_n} \omega_s \cdot \dot{\omega}_s$ ,

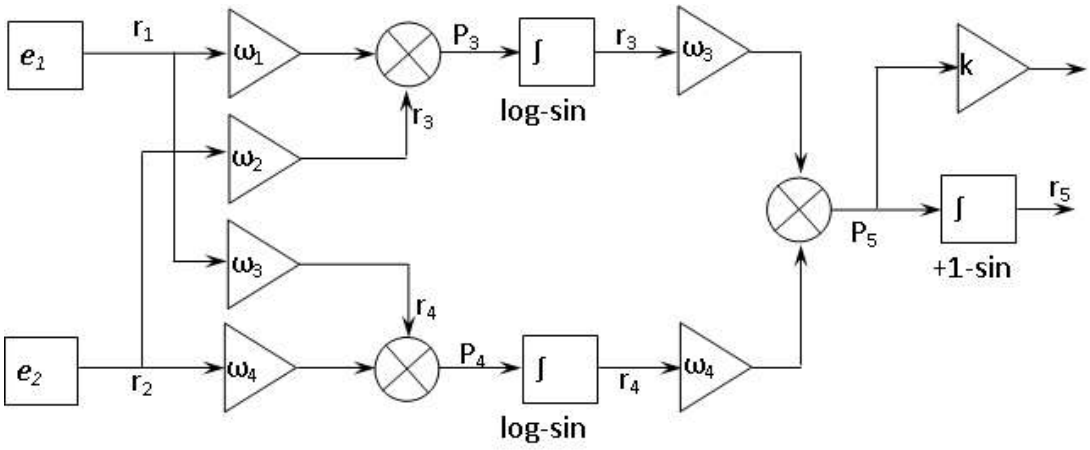
Bu erda: g - barcha neyronlar uchun to'g'ridan-to'g'ri qayta aloqa koeffitsienti, phn - to'g'ridan-to'g'ri qayta aloqa xatosi signali.

Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu o'rganish algoritmi xatoni orqaga tarqalish algoritmiga ekvivalentdir, lekin tarmoqning chiqishidan uning kirishiga xatoni o'tkazish uchun orqaga tarqalish neyron tarmog'i talab qilinmaydi. [23].

Moslashuvchan neyrokontrollerni loyihalash uchun ushbu algoritmning imkoniyatlarini ko'rib chiqing (2.4-rasm). Neyrokontroller ikkita kirishga ega bo'lsin e1 - xato signali, e2 - kechiktirilgan signal e1. E2 signalini saqlab qolish neyrokontroller xotirasiz qurilma ekanligidir. Boshqarish ob'ektining chiqish signali joriy nazorat signaliga ham, oldingi nazorat signallariga ham bog'liq.

Tekshirish moslamasining chiqish signali ikki shaklda shakllantirilsin:

1. Chiqish sigmasimon tangensial funktsiyadir;
2. Kuchaytirgich chiqishi.




Rasm. 2.4. Moslashuvchan neyrokontrollerning tuzilishi

Neyron tarmog'ining bunday tasviri bilan boshqaruvchining matematik munosabatlari quyidagicha:

$$r_1 = x_1, \quad r_2 = x_2;$$

$$P_3 = \omega_1 \cdot r_1 + \omega_2 r_2; \quad P_4 = \omega_3 \cdot r_1 + \omega_4 r_2$$

$$r_3 = \delta(P_3), \quad r_4 = \delta(P_3)$$

$$P_5 = \omega_5 \cdot r_3 + \omega_6 r_4$$

Keyin yo'qotish funktsiyasi (xato signali) quyidagicha yoziladi:

$$E = x_1^2 = (r - y)^2$$

Keyin $\frac{dE}{\delta y} = -2r + 2y = -2(r - y) = -2x_1$

Bunday holda, neyron tarmog'ining og'irliklari quyidagicha tuzilgan:

$$\dot{\omega}_1 = x_1 \cdot \varphi_3 \delta(-p_1)$$

$$\dot{\omega}_2 = x_2 \cdot \varphi_3 \delta(-p_1)$$

$$\dot{\omega}_3 = x_1 \cdot \varphi_4 \delta(-p_2)$$

$$\dot{\omega}_4 = x_2 \cdot \varphi_4 \delta(-p_2),$$

qayerda $\varphi_3 = \omega_5 \dot{\omega}_5, \varphi_4 = \omega_6 \dot{\omega}_6$

Funktsiya $\varphi_n$ n neyronning chiqish sinapslaridan quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi_n = \frac{1}{2}\frac{d}{dt} \cdot \sum_{S \in An} \omega_S^2 = \sum_{S \in An} \omega_S \cdot \dot{\omega}_S,$$

Bu erda An - n neyronning chiqish signallari to'plami. Hisoblash uchun $\dot{\omega}_5$ $u$ $\dot{\omega}_6$ Fréchet hosilasidan foydalanib, biz quyidagilarni olamiz:

$$\dot{\omega}_5 = -\gamma \cdot F'_{postc}[u] \cdot r_3 \cdot (-2x_1),$$

qayerda $\gamma$ - o'rganish tezligi; $F'_{postc}[u]$ - Frechet hosilasi; u tashqi signaldir.

Agar Fréchet hosilasi doimiy bilan yaqinlashsa, uni o'rganish tezligiga qo'shish sharti bilan $\gamma$, olamiz:

$$\dot{\omega}_5 = \gamma \cdot r_3 \cdot x_1$$

$$\dot{\omega}_6 = \gamma \cdot r_4 \cdot x_2$$

Tizimni tartibga solish va haddan tashqari oshib ketish vaqtini qisqartirish uchun tizimning dastlabki og'irliklarini o'zgartirish, ularning qiymatlarini barqaror qiymatlarga tenglashtirish kerak.

Neyron tarmog'ini taklif qilingan yondashuv asosida o'qitgandan so'ng, boshqaruv tizimining dinamikasini simulyatsiya qilish amalga oshiriladi. [24].

Kirish va chiqish ma'lumotlari ustida turli matematik amallarni bajarishning keyingi eng muhim bosqichi a'zolik funktsiyasini (FP) tanlashdir. Hozirgi vaqtda FP ning o'nlab turlari mavjud. A'zolik funksiyalarining uchburchak, trapezoidal va Gauss shakllari eng keng tarqalgan. Bir yoki boshqa turdagi FPni tanlash muayyan holatga bog'liq.

Biz trapezoidal a'zolik funksiyasini taklif qilamiz:

$$\mu\left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right) = \begin{cases} 1 - \dfrac{b-x}{b-a}, & a \le x \le b \\ 1, & b < x < c \\ 1 - \dfrac{x-c}{d-c}, & c \le x \le d \end{cases}$$

Tanlov, ushbu a'zolik funktsiyasi 4 bayt parametrlar (ikkilik so'zlar) yordamida tavsiflanganligi bilan bog'liq bo'lib, uni chiqish o'zgaruvchisi o'zgarishining ko'rib chiqilgan maydoniga noyob tarzda o'rnatadi.

Boshqarish jarayonini matematik modellashtirish jarayonida loyqa kontrollerdan foydalanganda vaqtinchalik jarayonning davomiyligi o'zgarishiga befarqlik paydo bo'lishi va bundan tashqari, uni qo'llash sifat ko'rsatkichlarini yaxshilashi aniqlandi. vaqtinchalik jarayon. Boshqaruv tizimlariga moslashish xususiyatini berish uchun boshqaruv tsikliga qo'shimcha ravishda adaptiv identifikatorni kiritish kerak. [24].

Moslashuvchan identifikatsiyaga ega boshqaruv tizimini ishlab chiqishda avtomatlashtirish ob'ektining ba'zi parametrlarini apriori aniqlash kerak, ular differensial tenglamaning chap va o'ng qismlari tartiblarining taxminiy qiymatlarini o'z ichiga oladi;boshqaruv ob'ektini tavsiflash, boshqaruv va bezovta qiluvchi harakatlarning uzatish kanallari orqali kechikish davrlari soni.

Nisbatan oddiy chiziqli bir o'lchovli dinamik tizimning modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'lsin:

$$Ym(n+1) = \sum_{i=1}^{ky} a^n(i) \times Y^{\phi}(n-i+1) + \sum_{i=1}^{ku} b^n(i) \times u(n-i-kz+1) \qquad (4.30)$$

bu erda Ym(n+1) bashorat qilinadi, ya'ni. adaptiv model bilan aniqlanadi, (n + 1) -chi tsikldagi chiqish signalining qiymati; Yf(n-i+1) – (n-i+1)-chi tsikldagi chiqish signalining haqiqiy qiymati; u(ni-kz+1) - (ni-kz+1) -chi tsikldagi boshqaruv o'zgaruvchisining haqiqiy qiymati; an(i), $i=\overline{1,ky}$ *;bn(j),* $j=\overline{1,ku}$ - moslashuv modelining koeffitsientlari, ularni tuzatish oxirgi marta n-siklda amalga oshirilgan; ky - boshqaruv ob'ektini yoki chiqish o'zgaruvchisi bo'yicha xotira hajmini tavsiflovchi differensial tenglamaning tartibi; ku - adaptiv model tomonidan bashorat qilingan chiqish o'zgaruvchisining qiymatlarini aniqlashda hisobga olingan boshqaruv signali bo'yicha xotira miqdori yoki kirish o'zgaruvchisining oldingi qiymatlari soni; kz - boshqaruv signalini uzatish kanalidagi kechikish davrlari soni; keyin ky, ku va kz oldindan aniqlanishi kerak bo'lgan adaptiv modelning strukturaviy parametrlari sifatida ko'rsatilishi mumkin. Ushbu parametrlarni nisbatan aniq bilish adaptiv model koeffitsientlarining yaqinlashish tezligini, uning ishlash samaradorligini va aniqligini oshiradi.

Bunday holda, model koeffitsientlari uchun moslashtiruvchi tuzatish algoritmi sifatida eng oddiy bir bosqichli adaptiv tuzatish algoritmi qo'llaniladi. Tashqi soddaligiga qaramay, ushbu algoritm juda yuqori samaradorlik va konvergentsiya tezligini ko'rsatdi, bu uni moslashuvchan model koeffitsientlarining boshlang'ich qiymatlarini juda taxminiy o'rnatish bilan juda murakkab dinamik jarayonlarni avtomatlashtirishda ishlatishga imkon berdi. Ushbu algoritmning mohiyati quyidagicha:

- modelning strukturaviy parametrlarining boshlang'ich qiymatlari va uning koeffitsientlari o'rnatiladi. Strukturaviy parametrlardan kechikish davrlari soni prognozlashning to'g'riligiga eng katta ta'sir ko'rsatadi.*kz*. Moslashuvchan model koeffitsientlarining boshlang'ich qiymatlari nolga teng bo'lishi mumkin;

- oldingi davrlardagi kirish va chiqish o'zgaruvchilarning ma'lum qiymatlariga ko'ra, (2.30) ifodaga ko'ra, Y chiqish o'zgaruvchisining model qiymati hisoblanadi. $^{m}(n);$

- chiqish o'zgaruvchisining haqiqiy va taxmin qilingan qiymati o'rtasidagi xatolik miqdorini aniqlaydi

$$e(n) = Y^{\phi}(n) - Y^{m}(n) \qquad (2.31)$$

- tuzatish koeffitsientining maxraji qiymati hisoblanadi

$$s = \gamma + \sum_{i=1}^{ky} (Y^{\phi}(n-i))^2 + \sum_{i=1}^{ku} (u(n-i-kz))^2 \qquad (2.32)$$

- tuzatish koeffitsientining qiymati aniqlanadi

$$\alpha = e(n)/s \qquad (2.33)$$

- adaptiv modelning koeffitsientlari o'rnatiladi

$$a^{n}(i) = a^{n-1}(i) + \alpha \times Y^{\phi}(n-i),\ i = \overline{1, ky} \qquad (2,34)$$

$$b^{n}(i) = b^{n-1}(i) + \alpha \times u(n-i-kz),\ i = \overline{1, ku} \qquad (2,35)$$

- butun protsedura haqiqiy o'zgaruvchilarning yangilangan qiymatlari bilan keyingi tsikl uchun takrorlanadi. Parametr qiymati $\gamma$ adaptiv model koeffitsientlarining yaqinlashish tezligini aniqlaydi va o'zgaruvchilarning haqiqiy qiymatlarini o'lchashda shovqin darajasiga bog'liq.

Ta'riflangan algoritm asosida Matlab Simulink dasturiy majmuasi asosida 2.5-rasmda ko'rsatilgan simulyatsiya sxemasi ishlab chiqilgan. Boshqaruv ob'ektining rolini 1-8 bloklar bajaradi. 1 va 2 bloklar nazorat va chiqish o'zgaruvchilarini o'lchashda shovqin ta'sirini hisobga oladi. Buzilishlarning biri tabiatan sof tasodifiy, ikkinchisi esa asta-sekin o'zgaruvchan garmonik signaldir. Integratorlar [13,20,27,33,41] adaptiv model koeffitsientlarining dastlabki va keyin joriy qiymatlarini saqlaydi. Prognoz xatosi signalining qiymati ekranda grafik sifatida ko'rsatiladi. [26].

Tizimning real sharoitlarda ishlashi davomida nazorat sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan ba'zi parametrlarni o'lchash mumkin emas. Shuning uchun yuqori samarali boshqaruv tizimlarini yaratishda ushbu o'lchovsiz

koordinatalarning qiymatlarini tiklash zarur bo'ladi.

Tizimning ishlashi davomida o'lchovsiz koordinatalarni aniqlash masalasini ko'rib chiqaylik. O'simlikning differensial tenglamalari berilsin, tashqi tebranishlar va boshqaruv vektorlarining ketma-ketligi ma'lum. Sensorlar yordamida o'lchanadi m>n tizimning chiqish vektorining koordinatalari. Chiqish vektorining o'lchanmagan koordinatalari ketma-ketligini (ma'lum bir minimal miqdordagi diskret qadamlarda) aniqlash uchun algoritmni topish talab qilinadi. Avval diskret qadamlarning kerakli dastlabki sonini topamiz $k_{ш.д}$ .

k = ,1,2,3... uchun holat parametrlari tenglamalar tizimini yozamiz. $k_{ш.д}$ *:*

$$y[T] = W(T)\{y[0] + A_1(T)u[0] + C_1(T)\, f[0]\};$$

$$y[2T] = W(T)\{y[T] + A_1(T)u[T] + C_1(T)\, f[T]\};$$

……

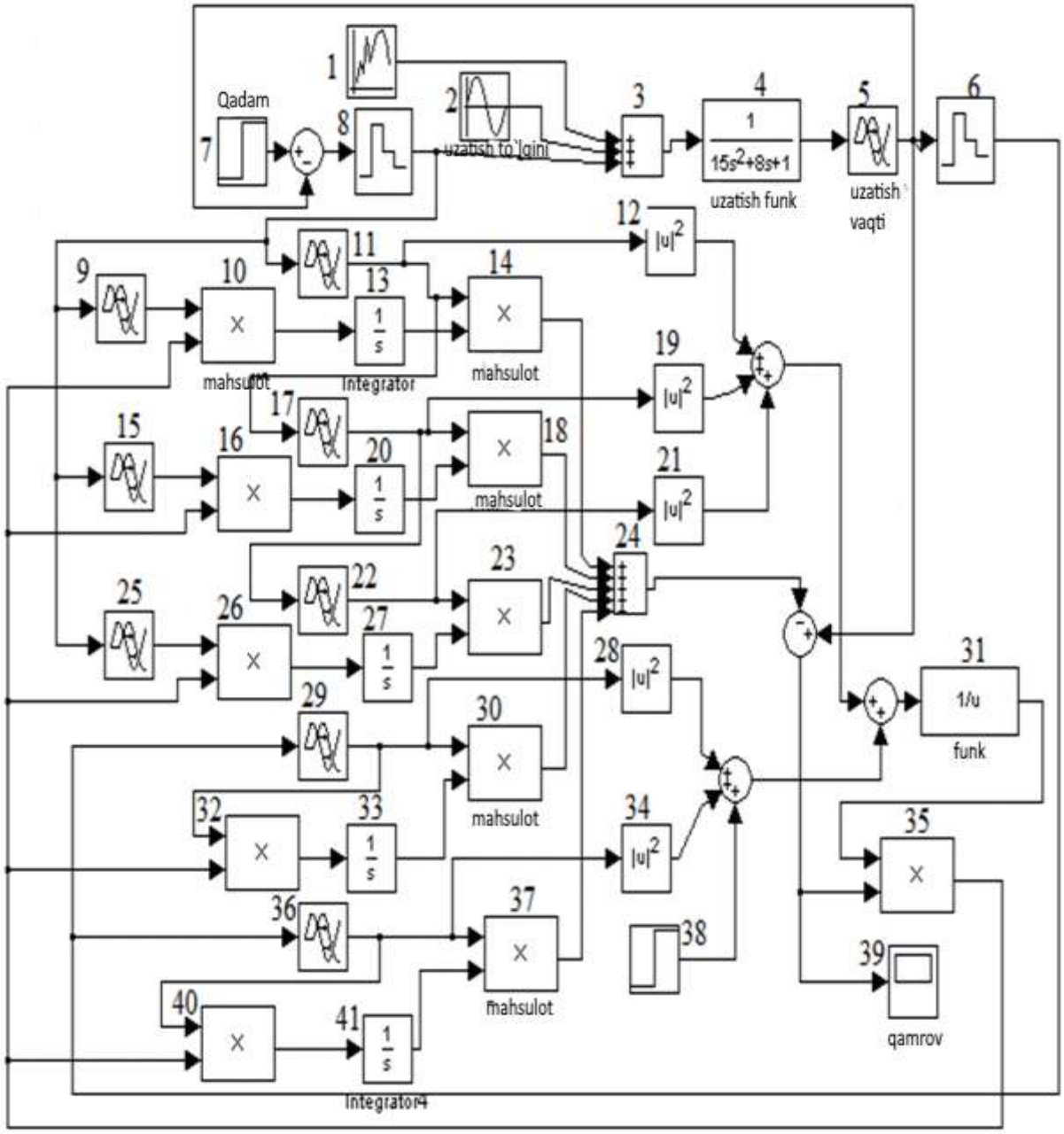
$$y[k_{ш.д}T] = W(T)\{y[(k_{ш.д} - 1)T] + A_1(T)u[(k_{ш.д} - 1)T] + C_1(T)\, f[(k_{ш.д} - 1)T]\}.$$

(2,36)

Tenglamalar sistemasi ma'lum W(T), A1(T), S1(T) matritsalari va u(kT) va f[kT] ma'lum ketma-ketliklarni o'z ichiga oladi.

Biz y(kT) sistemaning chiqish vektorini ikkita vektorga ajratamiz: o'lchangan chiqish koordinatalari vektori yI[kT], unga datchiklar tomonidan o'lchangan barcha m koordinatalar va o'lchovsiz koordinatalar vektori yN[kT] kiradi. qolgan barcha nm koordinatalarini o'z ichiga olamiz. Tizimning birinchi tenglamasida noma'lum chiqish koordinatalari soni 2 (nm) bo'ladi. Barcha keyingilarida $k_{ш.д}$ *-bir)*tenglamalar, noma'lum koordinatalar soni ( $k_{ш.д}$ *-bir)*(nm). Shunday qilib, noma'lumlarning umumiy soni formula bo'yicha aniqlanadi

$$g = (k_{ш.д} - 1)(n - m)$$




Rasm 2.5. Moslashuvchan identifikatsiya tizimining simulyatsiya modeli

Ularni aniqlash uchun tenglamalar soni $k_{ш.э}$ $n$bundan tashqari, g0 < n tenglamalarning ba'zi soni ortiqcha bo'lib chiqishi mumkin. G noma'lumlarni aniqlash uchun kerakli diskret qadamlar soni tenglikdan aniqlanadi

$$k_{ш.э} - g_0 = (k_{ш.э} + 1)(n - m) \qquad (2,37)$$

qayerda

$$k_{ш.э} = \frac{n - m + g_0}{m}. \qquad (2,38)$$

Kerakli sonli diskret qadamlarni aniqlash uchun siz formuladan ham foydalanishingiz mumkin

$$k_{ш.д} \geq \frac{n-m}{m}. \qquad (2.39)$$

Agar raqam bo'lsa $\frac{n-m}{m}$ kasr, keyin eng yaqin katta butun son olinadi $k_{ш.д}$. Qo'shimcha tenglamalar soni g0 = ( formulasi bo'yicha hisoblanadi. $k_{ш.д}$ + 1) nm.

Boshlanish raqamidan keyin $k_{ш.д}$ har bir bosqichda keyingi bosqich uchun noma’lumlar soni har doim ularni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin bo‘lgan tenglamalar sonidan kam bo‘ladi, chunki m < n. Shuning uchun, faqat qadamlarning dastlabki soni uchun $k_{ш.д} \geq 1$. Sanoqsiz koordinatalarni hisoblash formulalarini topamiz. (2.36) tenglamalar tizimini o'zgartirib, olamiz

$$y[T] - H(T)u[0] - \Gamma(T)\, f[0] = W(T)\, y[0];$$

$$y[2T] - H(T)u[T] - \Gamma(T)\, f[T] = W(T)\, y[T];$$

……..

$$y[k_{ø.ä}T] - H(T)u[(k_{ø.ä}-1)T] - \tilde{A}(T)\, f[(k_{ø.ä}-1)T] = W(T)\, y[(k_{ø.ä}-1)T]. \qquad (2.40)$$

Ko'rib chiqilayotgan submatritsalarga W(T) matritsasidan quyidagi qoida bo'yicha olinadigan Wi(T) va Wn(T) kiritamiz. Wu(T) submatritsasi W(T) matritsasidan o‘lchanmagan koordinatalar soniga mos keladigan barcha j-ustunlarni yo‘q qilish yo‘li bilan olinadi. Chiqarilgan ustunlar Wn(T) kesilgan matritsani tashkil qiladi. Shunday qilib, ifoda:

$$W(T)\, y[kT] \qquad (2.41)$$

vektorning bo'linishini hisobga olgan holda $y[kT]$ Ikki vektorni quyidagicha yozish mumkin:

$$W(T)\, y[kT] = W_u(T)\, y_u[kT] + W_H(T)\, y[kT] \qquad (2.42)$$

Biz nxn tipidagi E identifikatsiya matritsasi uchun xuddi shunday operatsiyani bajaramiz va bizda bo'ladi

$$Ey[kT] = E_H\, y_H[kT] + E_H\, y_H[kT] \qquad (2,43)$$

(4.42) va (4.43) formulalarni hisobga olgan holda (4.40) sistemaning k tenglamasi uchun quyidagi shakldagi ifodani olamiz:

$$E_H y_H[(k+1)T] - W_H(T) y_H[kT] - H(T)u[kT] - \Gamma(T) f[kT] = \\ = W_H(T) y_H[kT] - E_H y_H[(k+1)T] \qquad (2,44)$$

Vektorlarning koordinatalarini birlashtirish $y_H[kT]$ va $y_H[(k+1)T]$ bitta vektorga

$$y_H^k = (y_f[kT], y_f[(k+1)T])^T,$$

olamiz $E_H y_H[(k+1)T] - W_H y_H[kT] - H(T)u[kT] - \Gamma(T) f[kT] = L_K y_H^k$,

(2,45)

$(k = 0,1,2,3...k_{ш.ә} - 1)$

Bu erda LK ikkita hujayra matritsasidan iborat matritsani bildiradi:

*LK = (WH(T)-EH).*

(4.45) tenglamalar to'plamini quyidagicha yozish mumkin:

$$\theta_0 = L_{H0} y_H, \qquad (2,46)$$

qayerda $\theta_0 = \begin{Vmatrix} E_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[T] - W_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[0] - H(T)u[0] - \tilde{A}(T) f[0] \\ E_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[2T] - W_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[T] - H(T)u[T] - \tilde{A}(T) f[T] \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ E_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[k_{ø.ä}T] - W_{\dot{E}} y_{\dot{E}}[(k_{ø.ä}) - T] - H(T)u[(k_{ø.ä}) - T] - \tilde{A}(T) f[(k_{ø.ä}) - T] \end{Vmatrix}$,

(2,47)

va $L_{H0} = \begin{Vmatrix} W_H & -E_H & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & W_H(T) & -E_H & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & W_H(T) & -E_H \end{Vmatrix}$, (2,48)

$$y_H = (y_H[0] y_H[T] \ldots y_H[(k_{ø.ä} - 1)T])^T \qquad (2,49)$$

## Ikkinchi bob bo'yicha xulosa

Agar a $g_0 \neq 0$, keyin matritsalar qatorlarining qo'shimcha soni $\theta_0$ va $L_{H0}$ tizim, son jihatdan qiymatga teng $g_0$, matritsaning darajasi bo'lishi uchun chiqarib tashlanadi $L_H$, qatorlarni yo'q qilgandan so'ng olingan, noma'lum noma'lumlar soniga teng edi. Keling, yangi tizimni olamiz

$$\theta = L_H y_H, \qquad (2,50)$$

qayerda $\theta$ va $L_H$ - mos ravishda vektor va istisno natijasida hosil bo'lgan matritsa $g_0$ chiziqlar. Tizimning yechimini shaklda yozamiz

$$y_H = L_H^{-1}\theta. \qquad (2,51)$$

Diskretlikning keyingi bosqichlari uchun holat parametrlarining tenglamasi shaklga ega bo'ladi

$$y[(k_{ш.э}+i)T] = W(T)y[(k_{ш.э}+i-1)T] + H(T)u[(k_{ш.э}+i-1)T] + \Gamma(T)\,f[(k_{ш.э}+i-1)T] \qquad (2,52)$$
$$(i = 1,2,3,...).$$

(4.51) formulani hisobga olgan holda, o'zgarishlardan keyin biz olamiz

$$E_H y_H[(k_{ш.э}+i)T] = W(T)y[(k_{ш.э}+i-1)T] - E_H y_H(T) + \\ + H(T)u[(k_{ш.э}+i-1)T] + \Gamma(T)\,f[(k_{ш.э}+i-1)T] \qquad (2,53)$$

(2.52) tenglamalar tizimidan biz FN matritsasi nollarni o'z ichiga olgan qatorlarni chiqarib tashlaymiz, keyin o'lchanmaydigan koordinatalarni hisoblash uchun takroriy tenglamalar tizimini olamiz:

$$y_H[(k_{ш.э}+i)T] = W_y(T)y[(k_{ш.э}+i-1)T] + H_y(T)u[(k_{ш.э}+i-1)T] + \\ + \Gamma_y(T)\,f[(k_{ш.э}+i-1)T] \qquad (i = 1,2,3,...), \qquad (2,54)$$

qayerdan orqali $W_y(T), H_y(T), u$ $\Gamma_y(T)$ kesilgan matritsalar belgilanadi. Ular matritsalar qatorlarini hisobga olmaganda olinadi $W(T), H(T), u$ $\Gamma(T)$, ular EH matritsasining nol qatorlariga mos keladi.

Shunday qilib, yuqoridagi tahlil natijasida tizimning o'lchovsiz chiqish koordinatalarini va tizimning ishlashi paytida tashqi buzilishlarni aniqlash algoritmlari topildi. Kerakli minimal boshlang'ich qadamlar soni (4.52), umumlashtirilgan vektorni aniqlash algoritmi (2.54) formula bilan berilgan.

# III-BOB. KO'P O'LCHOVLI STATSIONAR BO'LMAGAN OB'EKTLAR UCHUN BOSHQARUV TIZIMINING KONTUR SINTEZIGA MOSLASHUVI

## 3.1. Boshqarish ob'ektini joriy identifikatsiya qilish algoritmini tanlash

Joriy identifikatsiya usulini tanlashning asosiy mezonlari natijalarni olishning aniqligi va tezligidir. Adabiyotlarni tahlil qilishdan ma'lum bo'lishicha, mavjudlar orasida barcha sifat ko'rsatkichlari bo'yicha boshqa algoritmlardan ustun turadigan usul yo'q. Tadqiqot jarayonida usullarning har biri biror narsada eng yaxshi bo'lib, boshqa mezonlarga ko'ra boshqalardan past ekanligi aniqlandi. Shuning uchun har bir aniq vaziyatda, berilgan sifat mezoni bo'yicha eng yaxshi natijaga erishish uchun unga qo'yiladigan talablarni hisobga olgan holda joriy identifikatsiya usulini tanlash talab etiladi. [23].

Hozirgi vaqtda mavjud adabiyotlarda asosan ikkita usuldan foydalanish tavsiya etiladi: RMNK (va uning hosilalari) va MCA (MON). Ulardan birinchisi eng yuqori konvergentsiyaga ega [51]. Biroq, MCA aniqroqdir [157].

Moslashuvchan tizimning eng muhim xarakteristikalari aniqlik va tezlik bo'lganligi sababli, ushbu algoritmlarning har qandayidan foydalanish ulardan birining yaxshilanishiga, ikkinchisining yomonlashishiga olib keladi. Shunday qilib, joriy identifikatsiya usulini tanlash (ishlab chiqish) vazifasi ushbu ko'rsatkichlar qiymatlarining yanada maqbul kombinatsiyasini olishdir, ya'ni. ulardan birining qiymati bir xil bo'lsa, ikkinchisi mavjud usullardan yomonroq bo'lmasligini ta'minlash talab qilinadi. [6].

### 3.1.1.Taklif etilayotgan joriy identifikatsiya algoritmining matematik tavsifini ishlab chiqish

Dinamik modeli vektor ko'rinishida yozilgan farq tenglamasi (2.5) bilan ifodalangan boshqaruv ob'ektini ko'rib chiqaylik.

Ob'ektning statsionar emasligining eng oddiy varianti birining o'zgarishi bilan bog'liq(har qanday) model parametrlari (skaler holat). [23].

F ni joriy identifikatsiya qilish mezoni sifatida qaramlik (2.6) yoki (3.1) ishlatilishi mumkin:

$$\Phi(\theta_н) = (y_i^э - y_i)^2 \rightarrow \min_{\theta_н} \quad (3.1)$$

bu yerda vektorning statsionar bo'lmagan parametrini bildiruvchi o'zgaruvchi$\theta_н\theta$

(2.8) ga asoslangan (2.6) va (3.1) ifodalar statsionar bo‘lmagan parametrga nisbatan pastdan chegaralangan kvadratik funksiyalardir va shuning uchun ularni quyidagi belgilar bilan ifodalash mumkin:$\theta$

$$F(n) = f.ng+b.n+y,\theta\ \theta\ \theta \quad (3.2)$$

Bu erda a, b, g - bu boshqariladigan o'zgaruvchining eksperimental qiymatlari va boshqaruv harakati, shuningdek, OS modelining statsionar parametrlarining qiymatlari bilan aniqlangan koeffitsientlar.

Joriy identifikatsiyaning har bir bosqichida boshqariladigan o'zgaruvchining eksperimental qiymatlari matritsasining elementlari va (2.8) dagi nazorat harakati aniqlanadi va o'rnatiladi, keyin ulardan tashkil topgan a koeffitsientlari va OTning statsionar parametrlari. model,$\Psi^э$ b, g - bu vaqtning momentlarida doimiylar.

(3.2) dan F mezonning hosilasi I ga nisbatan chiziqli funksiya ekanligi kelib chiqadi:$\theta$

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н) = 2\alpha \cdot \theta_н + \beta . \quad (3.3)$$

Belgilangan parametr n ekstremum nuqta va o'sish yig'indisi sifatida ifodalanishi mumkin:$\theta\theta^*_н\Delta\theta_н$

$$\theta_н = \theta_н^* + \Delta\theta_н.$$ *(3.4)*

(3.4) ifodani (3.3) ga almashtirib, biz quyidagilarni olamiz:

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н) = 2\alpha \cdot (\theta_н^* + \Delta\theta_н) + \beta = 2\alpha \cdot \theta_н^* + 2\alpha \cdot \Delta\theta_н + \beta.$$

. (3.5)

Chunki$\theta_н^*$ekstremum nuqta, keyin:

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^*) = 2\alpha \cdot \theta_н^* + \beta = 0.$$

(3.6)

Bu yerdan:

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н) = \Phi'(\Delta\theta_н) = 2\alpha \cdot \Delta\theta_н.$$

(3.7)

Yuqoridagi bog'liqliklarga ega bo'lgan holda, biz aniqlangan parametrning ekstremum nuqtasini hisoblash uchun ikkita variantni taklif qilishimiz mumkin. Variant 1.1. a va b parametrlarining ma'lum qiymatlari uchun ekstremum nuqtasini (3.6) ifodadan topish mumkin. Buning zaruriy sharti (2.8) dan (2.6) va (3.1) (bilan) mezonlari uchun a va b ni hisoblash uchun mos formulalarni olishdir, buning muhim kamchiliklari va shuning uchun umuman variant. , ularning OC ning model turiga (2.5) bog'liqligi (farq tenglamasi tartibi), bu ob'ekt modeli o'zgarganda ularni qayta chiqarish zaruriyatiga olib keladi, ya'ni. qo'shimcha murakkablik va xarajat.$\theta_н\theta_н^*N_0 = 1$

Variant 1.2. Taklif etilayotgan yondashuv ni topish uchun (3.7), (3.4) bog'liqliklarini ketma-ket qo'llashdan iborat. Uni amalga oshirishning zarur shartlaridan biri ma'lum (berilgan) qiymati uchun qiymatni aniqlash imkoniyati hisoblanadi aniqlangan parametr . Buning uchun tizimning mos ifodasi (2.9) ishlatiladi. Elementlarning qiymatlari va matritsaning o'lchami F mezon turi (OT ning kirish va chiqishlarining eksperimental qiymatlari indekslari va qatorlar soni) va vektorning o'lchami () bilan belgilanadi. ustunlar soni). (2.6) mezon uchun qatorlar soni N0, (3.1) ko'rinishdagi mezon uchun esa bitta. Ikkinchi zaruriy shart - bu oldingi versiyadagi kabi amalga oshiriladigan a parametrini hisoblash.$\theta_н^*\Phi_{\theta_н}(\theta_н)\theta_н\Psi^э\theta$

OC modelining turiga qarab faqat bitta ifodaning mavjudligi (a ni

hisoblash uchun) oldingisiga nisbatan ushbu yondashuvning afzalligi hisoblanadi, chunki u ob'ekt aniqlanganda qayta xulosa qilish uchun zarur bo'lgan xarajatlar va vaqtni kamaytirishga imkon beradi. model o'zgarishlari. Shunday qilib, qidiruv algoritmi soddalashtirilgan.$\theta_н^*$

Biroq, a ni hisoblash uchun ifodaning CO modelining turiga bog'liqligi juda muhim kamchilik bo'lib, uni yo'q qilish kerak.

Muammoni hal qilish uchun taklif qilingan II variantni quyidagicha takomillashtirish mumkin.

Ekstremum nuqtaning yig'indisi va mos keladigan o'sishlar bilan ifodalanishi mumkin bo'lgan ikkita ixtiyoriy nuqtani oling va :$\theta_н^{[1]}\theta_н^{[2]}\theta_н^*\Delta\theta_н^{[1]}\Delta\theta_н^{[2]}$

$$\theta_н^{[1]} = \theta_н^* + +\Delta\theta_н^{[1]}, \qquad \theta_н^{[2]} = \theta_н^*\Delta\theta_н^{[2]} \qquad (3.8)$$

*Joriy identifikatsiyaning i-bosqichida koeffitsientlar, a, b, g yuqorida aytib o'tilgan sabablarga ko'ra doimiydir, tanlangan nuqtalarda mezon hosilasi quyidagi qiymatlarni oladi:*$\Phi`_{\theta_н}(\theta_н)$

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[1]}) = 2\alpha\cdot\theta_н^{[1]} + \beta, \quad \Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[2]}) = 2\alpha\cdot\theta_н^{[2]} + \beta. \qquad (3.9)$$

(3.8) ifodani mos ravishda (3.9) ga almashtirib, (3.6) ni hisobga olsak, biz quyidagilarni olamiz:

$$\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[1]}) = \Phi'_{\theta_н}(\Delta\theta_н^{[1]}) = 2\alpha\cdot\Delta\theta_н^{[1]}, \quad \Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[2]}) = \Phi'_{\theta_н}(\Delta\theta_н^{[2]}) = 2\alpha\cdot\Delta\theta_н^{[2]}. \qquad (3.10)$$

O'sishlar nisbatidan va ekstremum nuqtani ifodalang$\Delta\theta_н^{[1]}\ \Delta\theta_н^{[2]}\theta_н^*$:

$$\frac{\Delta\theta_н^{[1]}}{\Delta\theta_н^{[2]}} = \frac{\theta_н^{[1]} - \theta_н^*}{\theta_н^{[2]} - \theta_н^*}, \qquad (3.11)$$

$$\theta_н^* = \frac{\theta_н^{[1]}\cdot\Delta\theta_н^{[2]} - \theta_н^{[2]}\cdot\Delta\theta_н^{[1]}}{\Delta\theta_н^{[2]} - \Delta\theta_н^{[1]}}. \qquad (3.12)$$

(3.10) ifodalardan foydalanib, munosabatni ko'rib chiqing va:$\Phi`_{\theta_н}(\theta_н^{[1]})\Phi`_{\theta_н}(\theta_н^{[2]})$

$$\frac{\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[1]})}{\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[2]})} = \frac{\Phi'_{\theta_н}(\Delta\theta_н^{[1]})}{\Phi'_{\theta_н}(\Delta\theta_н^{[2]})} = \frac{2\alpha \cdot \Delta\theta_н^{[1]}}{2\alpha \cdot \Delta\theta_н^{[2]}} = \frac{\Delta\theta_н^{[1]}}{\Delta\theta_н^{[2]}}.$$

(3.13)

Keyin (3.11) ni argumentning o'sish nisbati o'rniga (3.13) asosida tanlangan nuqtalardagi hosilalarning nisbati va (3.12) bilan birgalikda ekstremum nuqtani hisoblash uchun yana bitta ifodani olamiz:$\theta_н^{[1]}\theta_н^{[2]}\theta_н^*$

$$\theta_н^* = \frac{\theta_н^{[1]} \cdot \Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[2]}) - \theta_н^{[2]} \cdot \Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[1]})}{\Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[2]}) - \Phi'_{\theta_н}(\theta_н^{[1]})}.$$

(3.14)

(3.12), (3.14) ifodalar asosida ekstremum nuqtani hisoblashning yana ikkita algoritmini taklif qilish mumkin.$\theta_н^*$

Variant 1.3. U (3.10), (3.12) bog'liqliklarni ketma-ket qo'llashdan iborat. Ushbu algoritmni amalga oshirish uchun afzalliklar va zarur shartlar avvalgisiga to'g'ri keladi. Ko'proq hisob-kitoblarni amalga oshirish zaruratidan iborat bo'lgan 1.2-variantdan yagona va asosiy farq - bu tavsiflangan yondashuvning kamchiliklari. Shunday qilib, skalyar nostatsionarlik sharoitida tavsiya etilgan algoritmdan foydalanish 1.2-variantga nisbatan hech qanday afzalliklarni ta'minlamaydi va shuning uchun tavsiya etilmaydi. , bu quyida taqdim etiladi.

Variant 1.4. (3.14) ifodadan foydalanish asosida. Amalga oshirish uchun zaruriy shart - aniqlangan parametrning ma'lum (berilgan) qiymati uchun lotin qiymatini aniqlash qobiliyati .. Muammoni hal qilish 1.2-variantlarda tasvirlanganga o'xshash. va 1.3. Ko'rib chiqilayotgan algoritmning afzalligi OC modelining turiga qarab a va b ni hisoblash uchun ifodalarning yo'qligi bo'lib, bu avvalgi ikkitasiga nisbatan ularni qayta xulosa qilish uchun zarur bo'lgan xarajatlar va vaqtni yanada kamaytiradi. OC modelidagi o'zgarishlar. Bundan tashqari, ushbu yondashuvning asosiy afzalligi, avvalgi holatda bo'lgani kabi, vektorning statsionar bo'lmaganligi va mezon (3.1) mavjudligida joriy identifikatsiyani o'tkazish imkoniyatidir.$\Phi`(\theta_н)\theta_н$

Shunday qilib, taklif qilingan algoritm eng keng qamrovga ega va qidiruv jarayonini iloji boricha soddalashtirishga imkon beradi.$\theta_н^*$ [23].

Dinamik modelning (2.5) ikki yoki undan ortiq (barchasi chegarasida)

parametrlarining o'zgarishiga olib keladigan boshqaruv ob'ektining statsionar bo'lmasligi taklif qilingan joriy identifikatsiya algoritmlarini tuzatish zarurligini keltirib chiqaradi. [23].

Joriy identifikatsiya mezoni sifatida foydalaniladigan qaramlik (3.1) quyidagi shaklda bo'ladi:

$$\Phi(\theta_н) = (y_i^э - y_i)^2 \to \min_{\theta_н},$$

(3.15)

bu erda elementlari statsionar bo'lmagan parametrlar bo'lgan vektor - statsionar bo'lmagan vektor parametrini belgilash uchun ishlatiladigan vektor elementi , - statsionar bo'lmagan parametrlar soni, $.\theta_н = (\theta_{н[1]}, \theta_{н[2]}\ \theta_{н[3]}, \dots, \theta_{н[m_н]})^T\theta$, $m_н$, $\theta_{н[i]}\theta_н\theta i = \overline{1, m_н}$; $m_н m_н \le n_0 + k_0 + 1$

Mezon$f()\theta_н$parametrlarning o'zgaruvchan vektoriga nisbatan kvadratik funksiya bo'lib, shuning uchun quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\Phi(\theta_н) = \theta_н^T \cdot \alpha \cdot \theta_н + \beta \cdot \theta_н + \varsigma,$$

*(3.16)*

Funksiyaning kvadrat shaklidagi koeffitsientlar matritsasi qayerda;$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{[1][1]} & \cdots & \alpha_{[1][m_н]} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{[m_н][1]} & \cdots & \alpha_{[m_н][m_н]} \end{bmatrix}$

$\beta = [\beta_{[1]}, \dots, \beta_{m_н}$ matritsa-funksiyaning chiziqli qismi koeffitsientlari qatori; ς - erkin omil.

Joriy identifikatsiyaning har bir bosqichida matritsalar elementlari$a$, $b$va erkin koeffitsientςskaler nostatsionarlik holatlaridagi kabi sabablarga ko'ra doimiylardir.

(3.16) ga asoslanib, mezonning qisman hosilalariF() statsionar bo'lmagan parametrlar bilan chiziqli funktsiyalar tizimi bilan ifodalanishi mumkin:$\boldsymbol{\theta}_н\theta_н$

$$\Phi'(\theta_н) = 2 \cdot \alpha \cdot \theta_н + \beta^T,$$

(3.17)

qayerda- qismanhosilalarningvektori,

t n . $\Phi`(\theta_{н}) = \left[\frac{\partial\Phi(\theta_{н})}{\partial\theta_{н[1]}}, \frac{\partial\Phi(\theta_{н})}{\partial\theta_{н[2]}}, \dots, \frac{\partial\Phi(\theta_{н})}{\partial\theta_{н[m_n]}}\right]^T$

Identifikatsiya qilinadigan parametrlar vektorini ekstremum nuqta va o'sish yig'indisi sifatida ifodalaymiz.$\theta_{н}\theta_n^*\Delta\theta_{н}$:

$$\theta_н = \theta_н^* + \Delta\theta_н, \quad (3.18)$$

qayerda$\theta_{н} = (\theta_{н[1]}, \ \theta_{н[2]} \ \theta_{н[3]}, \dots, \theta_{н[m_{н}]})^{T}$ - minimal nuqta (mezon bo'yicha optimal vektorOS modelining aniqlangan parametrlarining LSM qiymatlari),$tn$;$\Delta\theta_{н} = (\Delta\theta_{н[1]}, \ \Delta\theta_{н[2]} \ \Delta\theta_{н[3]}, \dots, \Delta\theta_{н[m_{н}]})^{T}$- o'sish vektori,$tn$.

(3.18) ifodani (3.17) ga almashtiramiz:

$$\Phi'(\theta_н) = 2\cdot\alpha\cdot(\theta_н^* + \Delta\theta_н) + \beta^T. \quad (3.19)$$

qavslarni kengaytirish va quyidagini hisobga olgan holda:

$$\Phi'(\theta_н^*) = 2\cdot\alpha\cdot\theta_н^* + \beta^T = 0, \quad (3.20)$$

(3.19) ifoda quyidagi shaklni oladi:

$$\Phi'(\theta_н) = 2\cdot\alpha\cdot\Delta\theta_н. \quad (3.21)$$

Olingan iboralarni tahlil qilish diskret ob'ekt modeli parametrlarining vektor statsionar bo'lmagan holatlari uchun joriy identifikatsiyaga taklif qilingan yondashuvlarning xususiyatlarini ochib berishga imkon beradi, bu ularning tavsifida aks ettirilishi kerak.

Variant II. 1. Mezondan boshlab$f()\theta_{н}$chiziqli fazoda pastdan chegaralangan kvadratik funktsiya bilan ifodalanadi, u holda minimal nuqta mavjud bo'ladi va chiziqli tenglamalar tizimining yechimi bo'ladi [99]:$\mathcal{R}^{m_{н}}$

$$2\cdot\alpha\cdot\theta_н = \beta^T \quad (3.22)$$

Agar matritsa$a$degenerativ emas, u holda joriy identifikatsiya jarayonining yaqinlashishini ta'minlaydigan yagona yechim bo'ladi. Bunda (2.6) va (3.15) mezonlari uchun (2.8) ga asoslangan hosila zaruriy shartdir (bu holda,$N0=1$),matritsa elementlarini hisoblash uchun mos formulalar$a$va b CO modelining turiga qarab. Bu holat sezilarli kamchilikdir, chunki u OS modeli o'zgarganda qayta xulosa qilish zarurligiga olib keladi, ya'ni. bu muammoni hal

qilish uchun zarur bo'lgan xarajatlar va vaqtni sezilarli darajada oshirish.

Chiziqli tenglamalar tizimini yechish ham ushbu algoritmning katta kamchiligi hisoblanadi, chunki u hisob-kitoblar miqdorini bir necha barobar ortishiga olib keladi.

(3.15) mezondan foydalanilganda (3.22) sistema bir xil turdagi chiziqli tenglamalardan iborat bo'lib, u izchil, lekin cheksiz sonli yechimga ega ekanligini bildiradi. Bu holat divergent joriy identifikatsiya jarayoniga olib kelishi mumkin. Ushbu algoritmdan foydalangan holda simulyatsiyaga asoslangan tajribalar ushbu taxminni tasdiqladi, bu ko'rib chiqilgan yondashuvning uchinchi muhim kamchiligidir.

Variant II.2. Taklif etilayotgan yondashuv (3.21), (3.18) ni topish uchun bog'liqliklarni ketma-ket qo'llashdan iborat.$\theta_{н}$.Uni amalga oshirishning zarur shartlaridan biri bu qadriyatlarni aniqlash qobiliyatidir$f'()\theta_{н}$identifikatsiya qilinadigan parametrlar vektorining ma'lum (berilgan) qiymati uchun. Buning uchun tizimning (2.9) mos ifodalari qo'llaniladi. Elementlarning qiymatlari va matritsaning o'lchami Ψ* mezon turiga qarab belgilanadi$\theta_{н}F$(OTning kirish va chiqishlarining eksperimental qiymatlari indekslari va qatorlar soni) va vektorning o'lchami (ustunlar soni). (2.6) mezon uchun qatorlar soni$\theta N0,$va (3.15) shakl mezoni uchun - bitta. Ikkinchi zarur shart - matritsa elementlarini hisoblash$a,$ bitta oldingi II variantdagi kabi amalga oshiriladi.. [23].

OC modelining turiga qarab, b matritsasining elementlarini hisoblash uchun formulalarni olish zarurati yo'qligi ushbu yondashuvning oldingisiga nisbatan muhim afzalligi hisoblanadi, chunki u xarajatlar va vaqtni sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. ob'ekt modeli o'zgarganda qayta xulosa chiqarish. Shunday qilib, qidiruv algoritmi soddalashtirilgan$\theta_{н}^{*}$.

Biroq, matritsa elementlarini hisoblash uchun ifodalarning bog'liqligi$a$CO modelining turi bo'yicha, chiziqli tenglamalar tizimini (3.22) echish zarurati va eksperimental tasdiqlangan mezondan (3.15) foydalanganda divergent oqim identifikatsiyalash jarayonining mavjudligi juda muhim kamchiliklardir, ular e'tiborga olinishi kerak. bartaraf etildi.

Vazifaning yechimi vektorning statsionar bo'lmasligi shartlarini hisobga olgan holda o'zgartirilgan 1.3 va 1.4 variantlardan foydalanishdir.

Identifikatsiya qilinadigan parametrlar vektorining ikkita qiymatini (dastlabki taxminiy) olaylik:

$$\theta_н^{[1]} = (\theta_{н[1]}^{[1]}, \theta_{н[2]}^{[1]}, \theta_{н[3]}^{[1]}, ..., \theta_{н[m_x]}^{[1]})^T, \quad \theta_н^{[2]} = (\theta_{н[1]}^{[2]}, \theta_{н[2]}^{[2]}, \theta_{н[3]}^{[2]}, ..., \theta_{н[m_x]}^{[2]})^T \tag{3.23}$$

Skayar nostatsionarlik holati uchun bajarilgan (3.8) - (3.12) o'zgarishlar parametr vektorining har bir elementi uchun amal qiladi (vektorlarning tegishli koordinatalari va . Bu bizga ifodani vektor-matritsa ko'rinishida hisoblash imkonini beradi. vektorning statsionar emasligi holati uchun ekstremum nuqta:$\theta_н \theta_н^{[1]} \theta_н^{[2]} \theta_н^*$

$$\Theta_н^* = (\Theta_н^{[1]} \cdot \Delta\Theta_н^{[2]} - \Theta_н^{[2]} \cdot \Delta\Theta_н^{[1]}) \cdot (\Delta\Theta_н^{[2]} - \Delta\Theta_н^{[1]})^{-1}, \tag{3.24}$$

diagonal matritsalar qayerda$\Theta_n^{[j]}$, $\Delta\Theta_n^{[j]}$***tn; diag*** $\Theta_n^{[j]} = \theta_n^{[j]}$; diag $\Delta\Theta_n^{[j]} = \Delta\theta_n^{[j]}$; j = $\overline{1,2}$.

Qabul qilinganlar asosida 1.3-variantga quyidagi o'zgartirishlar kiritiladi.

Variant II.3 Bog'liqlarni ketma-ket qo'llashdan iborat (3.21) (har bir vektor uchun $\theta_н^{[1]}$va ), (3.24). Ushbu algoritmni amalga oshirish uchun afzalliklar va zarur shartlar avvalgisiga to'g'ri keladi. Bunday holda, F'() va a matritsalari elementlarining qiymatlarini ikki marta hisoblash va chiziqli tenglamalar tizimini (3.21) ikki marta (har bir vektor uchun va kattaroq hisob-kitoblarga olib keladi) echish zarurati tug'iladi. tasvirlangan yondashuvning kamchiligi hisoblanadi.$\theta_н^{[2]} \theta_н \theta_н^{[1]} \theta_н^{[2]}$

Biroq, simulyatsiyaga asoslangan tajribalar shuni ko'rsatdiki, (3.15) shakl mezonidan foydalanganda, ko'rib chiqilayotgan yondashuvning oldingi ikkitasida mavjud bo'lmagan asosiy afzalligi namoyon bo'ladi, bu joriy identifikatsiya jarayonini olishdan iborat. OC modeli parametrlarining haqiqiy qiymatlariga yaqinlashish.

Ta'riflangan barcha algoritmlarning asosiy umumiy kamchiligi chiziqli tenglamalar tizimini echish zarurati (va II.3 versiyada ikki marta), bu hajmni sezilarli darajada oshiradi va bajarilgan hisob-kitoblarning ko'p qismini tashkil

qiladi. Statsionar bo'lmagan boshqaruv ob'ektining yuqori ko'p o'lchovliligi sharoitida, joriy identifikatsiyalash paytida uning modelining sezilarli miqdordagi parametrlarini aniqlashni talab qiladi, bu holat asosiy ko'rsatkichlardan birining sezilarli darajada yomonlashishiga olib kelishi mumkin. ADCS - tezlik.

Variant II.4. Taklif etilayotgan yondashuv bu kamchilikka ega emas (chiziqli tenglamalar tizimini echish) va shuning uchun agar u qo'llanilsa, AdCSS ning yuqori tezligini ta'minlashga imkon beradi. Vektor statsionar bo'lmagan taqdirda ob'ekt modelining parametrlarini hisoblash (3.14) ga o'xshash vektor-matritsa shaklida yozilgan (3.25) ifoda yordamida amalga oshiriladi:

$$\Theta_n^* = (\Theta_n^{[1]} \cdot \Phi'(\Theta_n^{[2]}) - \Theta_n^{[2]} \cdot \Phi'(\Theta_n^{[1]})) \cdot (\Phi'(\Theta_n^{[2]}) - \Phi'(\Theta_n^{[1]}))^{-1}, \quad (3.25)$$

qayerda$F`$ - ti o'lchamning diagonal matritsasi; diag $F'()=F'(); j = .\Theta_n^{[j]}\ \Theta_n^{[j]}\theta_n^{[j]}\overline{1,2}$

Amalga oshirishning zaruriy sharti qadriyatlarning ma'nosini aniqlash qobiliyatidir $F'()$ vektorning ma'lum (berilgan) qiymati uchun$\Theta_n^{[j]}\theta_{\text{н}}$identifikatsiya qilinadigan parametrlar. Muammoni hal qilish 11.2 va 11.3 variantlarda tasvirlanganga o'xshaydi. [26].

Shu bilan birga, ko'rib chiqilayotgan algoritmning yana bir afzalligi - OC modelining turiga qarab a va b matritsalari elementlarini hisoblash uchun ifodalarning yo'qligi, bu avvalgi ikkitasiga nisbatan xarajatlar va vaqtni yanada kamaytiradi. OC modeli o'zgargan taqdirda ularni qayta xulosa qilish uchun talab qilinadi. Bundan tashqari, ushbu yondashuvning asosiy afzalligi, avvalgi holatda bo'lgani kabi (II.3 variant), (3.15) mezon mavjud bo'lganda joriy identifikatsiyani o'tkazish imkoniyatidir. Modellashtirish asosida o'tkazilgan tajribalar joriy identifikatsiya jarayonining OT modeli parametrlarining haqiqiy qiymatlariga yaqinlashishini tasdiqladi.

Ushbu bog'liqliklardan foydalanish vektorning har qanday qiymati uchun qisman hosilalarning vektorini aniqlash mumkinligini nazarda

tutadi.$\theta_{н}$F'. ($\theta_{н}$)

Tahlil (3.21) shuni ko'rsatadiki, boshqaruv ob'ekti statsionar bo'lmaganda, bu (2.5) ko'rinishdagi farq tenglamalarining ikki yoki undan ortiq parametrlarining o'zgarishida namoyon bo'ladi, bir va bir nechta qiymatlar uchun hisoblangan qisman hosilalarning nisbati. vektorning umumiy holatda, o'sish nisbatiga teng emas. Ya'ni, (3.13) tenglik umumiy holatda to'g'ri emas (u amal qilmaydi).$\theta_{н}$

$$\frac{\frac{\partial \Phi(\theta_{н}^{[i]})}{\partial \theta_{н[l]}}}{\frac{\partial \Phi(\theta_{н}^{[v]})}{\partial \theta_{н[x]}}} \neq \frac{\Delta \theta_{н[j]}^{[1]}}{\Delta \theta_{н[j]}^{[2]}},$$

(3 26)

qaerda l,$x$, $j = \overline{1, m_{n}}$- indekslar; i, v=- indekslari.$\overline{1,2}$

Shu sababli, ekstremum nuqtaning olingan qiymatlari ba'zi xatolarga ega bo'lishi mumkin. Biroq, bu holatga qaramay, taklif qilingan algoritm (II.4-variant) yordamida tezlik (bajarilgan tsikllar soni) va natijalarni olishning aniqligi ko'pincha eng mashhur usul - LMNCni qo'llashdan yuqori bo'ladi, bu natijalar bilan tasdiqlangan. simulyatsiyaga asoslangan tajribalar.$\theta_{н}^{*}$

Shunday qilib, barcha olingan natijalar va xulosalarni umumlashtirib, taklif qilingan algoritm (II.4 variant) eng keng qamrovga ega, maksimal tezlikka ega va qidiruv jarayonini iloji boricha soddalashtirishga imkon beradi degan xulosaga kelishimiz mumkin.

### 3.1.2.Joriy identifikatsiya algoritmini ishlab chiqish

3.1.1-bo'limning natijalari va xulosalariga asoslanib, biz ko'p o'lchovli ob'ektning kanallarini joriy identifikatsiya qilish algoritmini ishlab chiqish uchun asos sifatida qabul qilingan to'rtinchi variant eng maqbul deb xulosa qilishimiz mumkin (3.1-rasm).

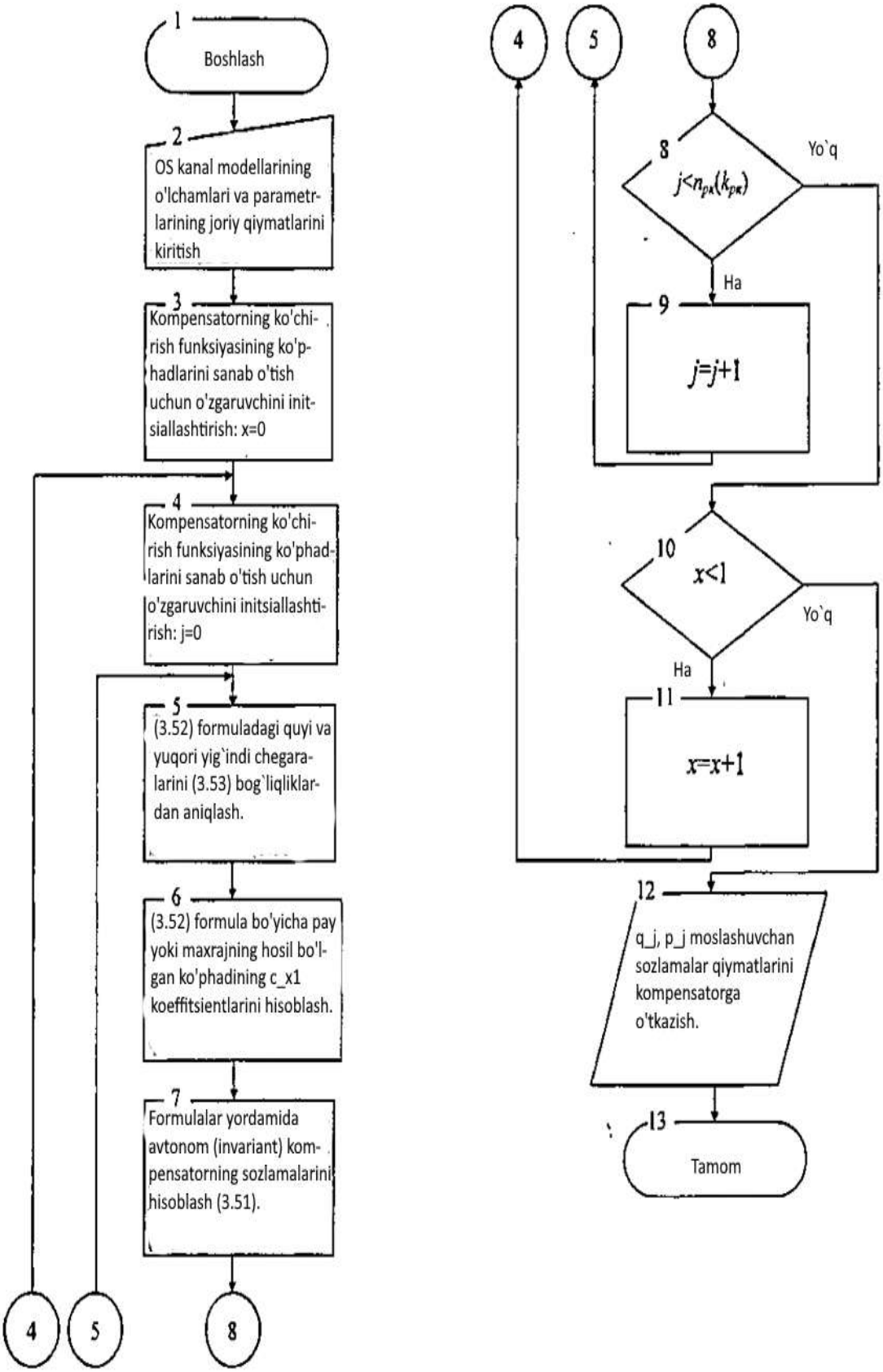
Birinchi bosqich (2-blok) DTC xotirasiga joriy identifikatsiyani talab qiluvchi ob'ektning o'ziga xos statsionar bo'lmagan kanalining diskret modeli parametrlari vektorining ikkita boshlang'ich qiymatini tanlash va xotiraga

kiritishdan iborat.

Ikkinchi bosqich (3-blok) nazorat harakatlarining qiymatlarini va onlayn rejimda olingan ob'ektning boshqariladigan qiymatlarini joriy identifikatsiya blokiga o'lchash va o'tkazishdan iborat.

Ko'p o'lchovli ob'ektni takroriy identifikatsiya qilish algoritmi va bir o'lchovli o'rtasidagi muhim farq uchinchi bosqichning mavjudligi (blok No 4). Uni amalga oshirish zaruratining sabablari shundan iboratki, o'lchash jarayonida olingan nazorat qilinadigan miqdorlarning qiymatlari CO ning asosiy, o'zaro faoliyat va tebranish kanallarining chiqishlari yig'indisi bo'lib, buning natijasida ular qoniqmaydi. zarur shartlar (1.4.4-band). Shu sababli, bu signallarni statsionar bo'lmagan kanallar modellarining parametrlarini hisoblash uchun ishlatib bo'lmaydi, chunki ular asosida olingan baholar noaniq bo'ladi. Boshqa tomondan, qiymatlari ularning modellari parametrlarini takroriy baholash uchun ishlatilishi kerak bo'lgan asosiy, o'zaro faoliyat va tebranish kanallarining chiqishlarini o'lchash deyarli mumkin emas. Yuqoridagilardan ob'ektning statsionar bo'lmagan kanalining chiqishi qiymatini aniqlash vazifasi kelib chiqadi,$y^{\{i\}}$

Hujjat muammoni hal qilish uchun quyidagi yo'lni taklif qiladi. Boshqarish signallari{x} $y^{u}\{j\}$ kanal chiqishlarini hisoblash uchun ishlatiladibirinchi ifoda (2.4) bo'yicha buzilishlarning {j}{x} o'zaro bog'lanishi. Olingan qiymatlarni va o'lchangan qiymatlarni ikkinchi tenglamaga (2.4) almashtirib, biz statsionar bo'lmagan kanalning kerakli chiqishini aniqlashimiz mumkin:$y^{f}y^{\{x\}}$




3.1-rasm. Taklif etilayotgan joriy identifikatsiya algoritmining blok diagrammasi.

$$y_i^{u[k][x]} = y_i^{[x]} - \sum_{j=1, j\neq k}^{r} y_i^{u[j][x]}, \quad (3.27)$$

$$y_i^{u[k][x]} = y_i^{[x]} - \sum_{j=1, j\neq k}^{r} y_i^{u[j][x]} - \sum_{j=1}^{w} y_i^{f[j][x]}, \quad y_i^{f[k][x]} = y_i^{[x]} - \sum_{j=1}^{r} y_i^{u[j][x]} - \sum_{j=1, j\neq k}^{w} y_i^{f[j][x]} \quad (3,28)$$

Berilgan bog'liqliklarni amalga oshirish ko'rib chiqilayotgan algoritmning uchinchi bosqichining mohiyatidir.

Taklif etilayotgan yondashuvni tahlil qilish uni qo'llashda qo'yilgan cheklovni aniqlash imkonini beradi. Bu bir vaqtning o'zida bir nechta kanalning ma'lum bir boshqariladigan qiymatga ta'sir qiladigan statsionarlikka duchor bo'lishi mumkin emasligidadir.

To'rtinchi bosqich (blok № 5) taxminiy parametrlar vektorining har bir nuqtasida joriy identifikatsiya mezonining hosilasining raqamli qiymatlarini hisoblashdan iborat va bu holda eng muhim nuqtalardan biri bu mezonni tanlashdir. o'zi, bu asosan butun algoritmning xususiyatlarini aniqlaydi$\theta_н^{\{1\}}$ $\theta_н^{\{2\}}$umuman olganda va yakuniy natijalarni olishning aniqligi va tezligiga ta'sir qiladi. Shu munosabat bilan biz (3.15) va (2.6) mezonlarning ikki turini taklif qilamiz.

Birinchi bog'liqlikning o'ziga xos xususiyati (3.15) joriy identifikatsiyalash uchun foydalaniladigan ma'lumotlarni avtomatik ravishda yangilash, har bir kvantlash siklida amalga oshiriladi. Bu algoritmning (PA-3) tizimning ishlashi jarayonida sodir bo'ladigan ob'ektdagi turli xil o'zgarishlarga yuqori sezgirligining sababidir. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, PA-3 algoritmini OS kanallarining dinamik xususiyatlarining doimiy siljishi bilan, davom etayotgan o'zgarishlarni ko'rsatadigan belgi bo'lmasa yoki amalga oshirish qiyin bo'lganda foydalanish tavsiya etiladi. Bu ushbu vaziyatda model parametrlarining eng aniq baholarini olishga olib kelishi kerak.

Shu bilan birga, yuqori sezuvchanlik ham algoritmning zaif shovqin immunitetini keltirib chiqaradi. Yuqori darajadagi nazoratsiz shovqinning mavjudligi olingan natijalarning past aniqligi va yuqori tarqalishiga olib kelishi mumkin, bu PA-3 ning shubhasiz kamchiligidir.

Ikkinchi takroriy identifikatsiya mezonidan foydalanish (2.6) qarama-qarshi afzallik va kamchiliklarga ega bo'lgan algoritmga (PA-4) olib keladi. Ko'p sonli boshqaruv xatosi qiymatlarining yig'indisi (uzluksiz tizimlarda integratsiyaga teng) algoritmning shovqin immunitetini sezilarli darajada oshiradigan filtr rolini o'ynagan shovqinni bostirishga imkon beradi. Shuning uchun PA-4 ni nazoratsiz normal taqsimlangan shovqin mavjud bo'lganda foydalanish tavsiya etiladi, bu aniqlikning oshishiga va model parametrlarining olingan baholarining farqlanishining pasayishiga olib keladi. Biroq, kanal dinamikasining doimiy siljishi sharoitida, buni ko'rsatuvchi belgi bo'lmasa, PA-4 dan foydalanish eskirgan ma'lumotlarni hisobga olishga va yangi ma'lumotlarni o'rtacha hisoblashga olib keladi, bu esa o'z navbatida noto'g'ri,

Ushbu kamchilikni bartaraf etish usullaridan biri dinamik xususiyatlarning o'zgarishini ko'rsatadigan belgini kiritish va hozirgi vaqtda maqsad funktsiyasining qiymatini tiklashdir. [25].

Mezonning hosilalarini hisoblash uchun bog'liqlikning chap tomoni (2.9) dan foydalanish mumkin. Birinchi holda, i N0 dan N0 ga o'zgaradi (Ψ` matritsa bitta qatorni o'z ichiga oladi), ikkinchisida esa in+1 dan N0 ga (Ψ` matritsa N0 qatorni o'z ichiga oladi).

Rekursiv baholash algoritmining bosqichlaridan biri bajarilgan hisob-kitoblarni tugatish shartini tekshirishdan iborat. Chiqish sharti uchun uchta variant taklif etiladi, ularning tekshiruvi beshinchi bosqichda (blok No 6) amalga oshiriladi.

Birinchi variant - maqsad funktsiyasining har bir qisman hosilasini o'zining chegara qiymati bilan solishtirish:

$$\Phi'(\theta_n) \leq \varepsilon_{\theta_n}, \tag{3.29}$$

bu erda har bir aniqlangan parametrga nisbatan qisman hosilalar uchun chegara qiymatlari vektori bo'lib, natijada olingan parametr baholarining to'g'riligini aniqlaydi. $\varepsilon_{\theta_n} = \left[\varepsilon_{\theta_{n[1]}}, \dots, \varepsilon_{\theta_{n[m_n]}}\right]^T$

Ikkinchi variant tengsizlikni tekshirishni o'z ichiga oladi:

$$|grad\ \Phi| \leq \varepsilon_{\Phi},$$

***(3.30)***

bu yerda Ɛf - natijada olingan parametr baholarining to'g'riligini belgilovchi qiymat.

Uchinchi variant har bir kvantlash siklida Fisher mezonini hisoblash va olingan qiymatni ishlab chiquvchi tomonidan belgilangan jadval yoki undan kattaroq qiymat bilan solishtirishga qisqartiriladi (2.13).

Birinchi ikkita variantda chegara qiymatini pasaytirish Ɛf yoki uchinchisida Fset ni oshirish aniqlangan kanal modelining parametrlarini hisoblashning aniqligini oshirishga imkon beradi, lekin ayni paytda joriy identifikatsiya vaqtining oshishiga olib keladi. Qarama-qarshi harakatlar teskari natijalarga olib keladi. $\varepsilon_{\theta_n}$

Oltinchi bosqich (blok No 7), chiqish holatini tekshirishning salbiy natijasi mavjud bo'lgan taqdirda amalga oshiriladi (Shaxsiy yo'q), aniqlangan kanalning diskret modeli parametrlari vektorining qiymatini to'g'ridan-to'g'ri hisoblashdan iborat. formula (3.25). Olingan hisob-kitoblar keyingi bosqichda ekstremum nuqtasiga yangi yaqinlashishni hisoblash uchun ishlatiladi. Shu tarzda amalga oshirilgan iterativ protsedura asta-sekin parametrlarning haqiqiy qiymatlariga yaqinlashadigan raqamli ketma-ketlikni olish imkonini beradi.

Ishlab chiqilgan algoritmlarni dastur ko'rinishida taqdim etish ba'zi o'zgaruvchilar qiymatlarini qayta tayinlash bilan bog'liq:

$$\theta_n^{[1]} = \theta_n^{[2]}, \quad \theta_n^{[2]} = \theta_n^{*}. \qquad (3.31)$$

Amalga oshirish (3.31) ettinchi bosqichda (blok No 8), shuningdek, chiqish holatini tekshirishning salbiy natijasi bo'lgan taqdirda ham amalga oshiriladi (Shoxal yo'q).

Chiqish holatini tekshirishning ijobiy natijasi bo'lgan taqdirda amalga oshiriladigan oxirgi, sakkizinchi bosqich (No 9 blok) (filial Ha) bo'lmaganlarning diskret dinamik modeli parametrlarining hisoblangan baholarini uzatish bilan bog'liq. -obyektning asosiy regulyatorlar va

kompensatorlarning moslashish bloklariga statsionar kanali.

Joriy identifikatsiya paytida aniqlangan ob'ekt modeli parametrlarining qiymatlariga ko'ra, tizimning boshqaruv qismi moslashtiriladi. O'rganilgan adabiyotlar tahlili avtonom va o'zgarmas kompensatorlarni (shu jumladan ekvivalent op amperlarni) moslashtirishga yondashuvlar yo'qligini va uni ishlab chiqish zarurligini ko'rsatdi. [25].

## 3.2. Avtonom va o'zgarmas kompensatorlar va ekvivalent ob'ektlar uchun moslashish algoritmining sintezi

JSO boshqaruv qismini moslashtirish raqamli hisoblash uskunalari tomonidan dastur buyruqlarini bajarish jarayonida amalga oshiriladi

Demak, raqamli EHMning ishlash prinsipiga asoslanib, ko‘rsatilgan amaliy dasturiy ta’minotni ishlab chiqish uchun asos bo‘lgan algoritm quyidagi talablarga javob beradigan matematik bog‘liqliklarni o‘z ichiga olishi kerak:

**1.** Dasturiy ta'minotni amalga oshirish imkoniyatiga ega bo'lish, ya'ni. Ushbu muayyan vaziyatda qo'llaniladigan yuqori yoki past darajadagi til vositalari (buyruqlar va funktsiya chaqiruvlari) orqali dasturlashtirilishi mumkin. Bu esa qo‘llaniladigan matematik formulalarni arifmetik belgilar (+, -, *, /) bilan bog‘langan operandlar (doimiylar, o‘zgaruvchilar, funksiya chaqiruvlari) yig‘indisi bo‘lgan elementar arifmetik ifodalar ketma-ketligiga aylantirish kerakligini anglatadi. [26].

**2**. Berilgan bog'liqliklarga muvofiq bajariladigan harakatlar hisoblash xarakteriga ega bo'lishi kerak. Bu shuni anglatadiki, hisoblash vaqtida barcha operandlar aniqlanishi kerak (ma'lum bir raqamli qiymatga ega). Shu bilan birga, amalga oshirilayotgan hisob-kitoblar jarayonida olingan natija ham raqam bo'lishi kerak.

(2.20), (2.75), (2.86), (2.88), (2.89), (2.93) - (2.95) va (2.99) - (2.101) iboralar avtonom va o‘zgarmas kompensatorlarni (OC ga ekvivalent) hisoblashda qo‘llanilmaydi. bu talabni qondiradi. Bu bog`liqliklar bo`yicha bajariladigan amallar analitik o`zgarishlar xarakterida bo`lib, ular jarayonida olingan natija analitik kasr-ratsional ifoda hisoblanadi. Bundan tashqari, kompensatorlarning o'ziga xos sozlash parametrlarining qiymatlari ishlab chiquvchi tomonidan olingan ifodani tahlil qilish jarayonida belgilanadi.

Shuning uchun algoritmni ishlab chiqishda birinchi qadam nafaqat sozlashlarni, balki dasturiy ta'minotda amalga oshirilishi mumkin bo'lgan tegishli boshqaruv qonunlari tuzilishini qayta hisoblash uchun matematik tavsifni olishdir.

Ushbu muammoni hal qilishning bir necha yo'li mavjud. Birinchisi, ob'ektning matematik modelini ishlab chiqqandan so'ng va uning asosiy va o'zaro faoliyat kanallarining diskret uzatish funktsiyalarini ramziy koeffitsientlarga ega bo'lgan holda, ishlab chiquvchi sintez bosqichida (2.20), (2.75), (2.86) ifodasini ishlatadi. , va hokazo. muayyan tuzilmalar (cheklangan son va turdagi) kompensatorlarining sozlashlarini qayta hisoblash uchun zarur algebraik ifodalarni qabul qilishi va dasturlashi mumkin. Belgilar o'rniga ulardagi raqamli qiymatlarni almashtirib, kerakli sozlamalarni hisoblashingiz mumkin.

Ushbu yondashuvning kamchiligi shundaki, uni faqat parametrik statsionarlik holatlarida qo'llash mumkin. Kompensator sozlamalarini hisoblash uchun iboralar turi va soni OS modelining farq tenglamalarining o'lchamlariga bog'liq bo'lganligi sababli, strukturaning statsionar bo'lmaganligi mavjudligi eski bog'liqliklarga muvofiq moslashish jarayonida noto'g'ri natijalarga olib kelishi mumkin.

Bundan tashqari (2.20), (2.75), (2.86) iboralar tahlilidan. Bundan kelib chiqadiki, ob'ektning o'lchami (topologiyasi) va jismoniy ulanishlarining tuzilishi avtonom va o'zgarmas kompensatorlarning (op ampga ekvivalent) uzatish funktsiyalari tuzilishiga va shuning uchun ularni qayta hisoblash uchun ifodalarning turi va soniga ham ta'sir qiladi. sozlamalar. Shunday qilib, CO strukturasini o'zgartirish ko'rib chiqilayotgan kompensatorlarni hisoblash (moslashtirish) uchun bog'liqliklarni qayta olish zarurligiga olib keladi, bu ham kamchilikdir.

(2.20), (2.75), (2.86) iboralar tahlilidan. Bundan tashqari, OC o'lchamining oshishi bilan amalga oshirilgan analitik transformatsiyalar hajmi keskin oshib boradi, bu esa masalani qo'lda hal qilishning sezilarli

darajada murakkablashishiga olib keladi (mehnat va vaqt xarajatlarining oshishiga). Bundan tashqari, zarur bog'liqliklar katta hajmdagi ish natijasida olingan bo'lsa ham, iboralarning noqulayligi tufayli ulardan foydalanish qiyin bo'ladi.

Qo'shimcha kamchiliklar - ko'p sonli qayta hisoblash formulalarining mavjudligi, ularning har biri faqat bitta aniq sozlamalarni hisoblash uchun ishlatiladi va bunday muammoni hal qilishda har bir aniq holatda yangi yuqori ixtisoslashgan bog'liqliklarni olish zarurati, bu printsipial jihatdan juda mos keladi. mashaqqatli vazifa.

Muammoni hal qilishning ikkinchi usuli - mos keladigan ob'ekt kanallari modellarining koeffitsientlari orqali va ularning buyurtmalaridan qat'i nazar, turli xil raqamli avtonom va o'zgarmas kompensatorlarning har qanday parametrlarini (CO ga ekvivalent) qayta hisoblash uchun yagona universal formulani ishlab chiqish. Yondashuvning birinchisiga nisbatan afzalligi shundaki, hatto OS kanallarining strukturaviy statsionar bo'lmagan taqdirda ham, buning natijasida kompensatorlarning o'zlari tuzilishi o'zgaradi (ularning sozlamalari soni o'zgaradi), ularni moslashtirish. yangi sharoitlarda avtonomiya va o'zgarmaslik shartlarining bajarilishini ta'minlovchi universal qaramlik hali ham amalga oshiriladi. Vazifani hal qilish - avtonom va o'zgarmas kompensatorlarni (CO ga ekvivalent) moslashtirish algoritmini ishlab chiqishni ikki o'lchovli bog'langan misol yordamida ko'rib chiqish taklif etiladi (2.3-rasm)

### 3.2.1. Avtonom va o'zgarmas kompensatorlar va ekvivalent ob'ektlar uchun moslashish algoritmining matematik tavsifini ishlab chiqish

Muammoni hal qilish uchun biz (2.20) yordamida olingan iboralarning birinchisini ko'rib chiqamiz (1-misolga qarang), bu ikki o'lchovli CSO uchun avtonomiya shartini amalga oshiradi:

$$\frac{Q^{u[1][2]}(z^{-1})}{P^{u[1][2]}(z^{-1})}=\frac{\frac{B^{u[1][2]}(z^{-1})}{A^{u[1][2]}(z^{-1})}\cdot z^{-d_o^{u[1][2]}}}{\frac{B^{u[2][2]}(z^{-1})}{A^{u[2][2]}(z^{-1})}\cdot z^{-d_o^{u[2][2]}}}=\frac{A^{u[2][2]}(z^{-1})\cdot B^{u[1][2]}(z^{-1})}{A^{u[1][2]}(z^{-1})\cdot B^{u[2][2]}(z^{-1})}\cdot z^{-d_o^{u[1][2]}+d_o^{u[2][2]}},$$

(3.32)

$$\frac{q_0^{u[1][2]}+q_1^{u[1][2]}\cdot z^{-1}+...+q_{k_{pe}^{u[1][2]}}^{u[1][2]}\cdot z^{-k_{pe}^{u[1][2]}}}{1-p_1^{u[1][2]}\cdot z^{-1}-...-p_{n_{pe}^{u[1][2]}}^{u[1][2]}\cdot z^{-n_{pe}^{u[1][2]}}}\cdot z^{-d_{pe}^{u[1][2]}}=\frac{b_0^{u[1][2]}\cdot z^0+b_1^{u[1][2]}\cdot z^{-1}+...+b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}\cdot z^{-(k_o^{u[1][2]}+1)}}{b_0^{u[2][2]}\cdot z^0+b_1^{u[2][2]}\cdot z^{-1}+...+b_{k_o^{u[2][2]}+1}^{u[2][2]}\cdot z^{-(k_o^{u[2][2]}+1)}}\cdot$$

$$\cdot\frac{a_0^{u[2][2]}\cdot z^0-a_1^{u[2][2]}\cdot z^{-1}-...-a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}\cdot z^{-n_o^{u[2][2]}}}{a_0^{u[1][2]}\cdot z^0-a_1^{u[1][2]}\cdot z^{-1}-...-a_{n_o^{u[1][2]}}^{u[1][2]}\cdot z^{-n_o^{u[1][2]}}}\cdot z^{-d_o^{u[1][2]}+d_o^{u[2][2]}},$$

(3,33)

qayerda $b_0^{u[1][2]}=b_0^{u[2][2]}=0,\ a_0^{u[1][2]}=a_0^{u[2][2]}=1.$

(3.33) dan ko’rinib turibdiki, o’zaro bog’lovchi kompensatorning ko’chirish funksiyasining pay va maxrajining ko’phadlari ixtiyoriy darajali umumiy holatda boshqa ikkita ko’phadning ko’paytmasi hisoblanadi.$\mathbf{n_0^{u[2][2]}}$va($\mathbf{k_0^{u[1][2]}+1}$), ular OT ning asosiy va o'zaro faoliyat kanallarini uzatish funktsiyalarining hisoblagichlari va maxrajlari hisoblanadi. Shu sababli, kerakli bog'liqliklarni olish jarayonida hal qilinishi kerak bo'lgan asosiy vazifalardan biri, qolgan ikkitasini ko'paytirish natijasida olingan ko'phadning koeffitsientlarini hisoblash formulalarini ishlab chiqishdir. Bundan kelib chiqqan holda, biz (3.33) tenglamaning o'ng tomonining hisoblagichini ko'rib chiqamiz, bu koeffitsientlar belgisi ostida parametrlar oldiga minus kiritiladi:$\mathbf{a_j^{u[2][2]}}$ $\left(\mathbf{j=\overline{1,n_0^{u[2][2]}}}\right)$,

$$\left(b_0^{u[1][2]}\cdot z^0+b_1^{u[1][2]}\cdot z^{-1}+...+b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}\cdot z^{-(k_o^{u[1][2]}+1)}\right)\cdot\left(a_0^{u[2][2]}\cdot z^0+a_1^{u[2][2]}\cdot z^{-1}+...+a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}\cdot z^{-n_o^{u[2][2]}}\right)=$$

$$=\left(b_0^{u[1][2]}\cdot z^0+...+b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}\cdot z^{-(k_o^{u[1][2]}+1)}\right)\cdot a_0^{u[2][2]}z^0+...+\left(b_0^{u[1][2]}\cdot z^0+...+b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}\cdot z^{-(k_o^{u[1][2]}+1)}\right)\cdot a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}z^{-n_o^{u[2][2]}}=$$

$$=\left(a_0^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}z^0+..+a_0^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}z^{-(k_o^{u[1][2]}+1)}\right)+..+\left(a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}z^{-n_o^{u[2][2]}}+..+a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}z^{-n_o^{u[2][2]}-k_o^{u[1][2]}-1}\right).$$

*(3,3*

*4)*

Ko'rib chiqish qulayligi uchun mulohazalarning asosliligini yo'qotmasdan, ko'rsatkichlar modullariga o'tamiz. Miqdorlar manfiy bo'lmagani uchun (3.34) ifodaning o'ng tomoni quyidagi shaklni oladi:$n_0^{u[2][2]} k_0^{u[1][2]}$

$$(a_0^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^0 + .. + a_0^{u[2][2]} b_{k_a^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{k_a^{u[2][2]}+1}) + .. + (a_{n_a^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^{n_a^{u[2][2]}} + .. + a_{n_a^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_{k_a^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{k_a^{u[1][2]}+n_a^{u[2][2]}+1})$$

(3,35)

z ga siljish operatorining bir xil vakolatlari bilan o'xshash atamalarni keltirish

(3,35), hosil bo'lgan ko'phadning koeffitsientlarini olamiz. Uning har bir koeffitsientificients , (3.35) dan ko'rinib turibdiki, quyidagi formula bilan hisoblanadi.$C_{1,j}^{u[1][2]} (j = \overline{0, n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 1})$

$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum a^{u[2][2]} \cdot b^{u[1][2]} .$$

(3,36)

Shunday qilib, yakuniy shaklda (3.35) asosida olingan ko'phadning koeffitsientlarini hisoblash imkonini beradigan universal bog'liqlikni olish, ikkita vazifa bilan bog'liq:

**1.** Shaklning shartlar sonini aniqlash usulini topish ();$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$

**2.** Polinom omillari koeffitsientlari mahsuloti bo'lgan har bir atamaning tuzilishini aniqlash usulini ishlab chiqish, ya'ni. koeffitsientlar indekslarining qiymatlarini aniqlash va .$a^{u[2][2]} b^{u[1][2]}$

Biz kerakli qonuniyatlarni topishga imkon beruvchi bir qator xususiyatlarni (3.35) ko'rsatamiz:

**1.** (3.35) ifoda - siljish operatori z ga nisbatan ko'phadlar yig'indisi bo'lib, ularning soni ko'phad darajasidan birga katta, ya'ni. teng.$A^{u[2][2]}(z^{-1}), n_0^{u[2][2]} + 1$

**2.** Har bir ko'phad o'zgartirish operatorining z manfiy bo'lmagan butun son darajalarining yig'indisi bo'lib, () haddan iborat, ya'ni. polinom

darajasidan bir kattaroq.$k_0^{u[1][2]} + 2B^{u[1][2]}(z^{-1})$

**3.** (3.35) ifodaning i-ko‘phadining () siljish operatori z ko‘rsatkichi diapazonda o‘zgarib, natural qator hosil qiladi.$\boldsymbol{i} = \overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}\boldsymbol{\iota}, (\boldsymbol{\iota} + \boldsymbol{k_0^{u[1][2]}} + \mathbf{1}}$

**4.** Polinomlar ko'rsatkichlarining eng kichik qiymatlari (3.35) diapazonda o'zgarib turadigan tabiiy qatorni tashkil qiladi.$\overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}}$

**5.** Polinomlar ko'rsatkichlarining eng katta qiymatlari (3.35) diapazonda o'zgarib turadigan tabiiy qatorni ham tashkil qiladi.$\overline{(\boldsymbol{k_0^{u[1][2]}} + \mathbf{1}), (n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 1}$

**6.** Quvvatlardagi koeffitsientlarzi-chi ko'phadda va parametrlarining ko'paytmasi. Bu holda j=i, x= va indekslar yig'indisi$a_j^{u[2][2]} b_x^{u[1][2]} \overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{k_0^{u[1][2]}} + 1} j$va x koeffitsient tegishli bo'lgan z ko'rsatkichiga teng.

Ushbu xususiyatlardan foydalanib, biz uchta holatni ko'rib chiqamiz.

Birinchi holat: .$k_0^{u[1][2]} + 1 > \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}$

Aniqlik va tahlilni osonlashtirish uchun 3.1-jadval tuzilgan.

**3.1-jadval. (3.35) ifodaning ko`p nomli hadlari xarakteristikasi.**

| № полинома | Наименьшее значение показателя степени | Наибольшее значение показателя степени | Вид полиномов-слагаемых |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $k_o^{u[1][2]}+1$ | $a_0^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^0 + .. + a_0^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{k_o^{u[1][2]}+1}$ |
| 1 | 1 | $k_o^{u[1][2]}+2$ | $a_1^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^1 + .. + a_1^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{k_o^{u[1][2]}+2}$ |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| $i$-ый | $i$ | $k_o^{u[1][2]}+1+i$ | $a_i^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^i + .. + a_i^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{k_o^{u[1][2]}+1+i}$ |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| $n_o^{u[2][2]}$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $n_o^{u[2][2]} + k_o^{u[1][2]} + 1$ | $a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]} z^{n_o^{u[2][2]}} + .. + a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]} z^{n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1}$ |

3.1-jadvalga asoslanib, hosil bo'lgan ko'phadning barcha koeffitsientlarini ularni hisoblashda qo'llaniladigan () shaklning hadlari

soniga qarab uch guruhga bo'lish mumkin.$C_{1,j}^{u[1][2]} a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$

Birinchi guruh indeksi (eksponent z) dan kichik bo'lgan koeffitsientlarni o'z ichiga oladi, ya'ni. j<. 3÷5 xossalariga ko‘ra, faqat 0-dan boshlanib, j-chi bilan tugaydigan ko‘phadlarning har birida berilgan z darajali bir haddan iborat bo‘ladi. Shuning uchun hisoblash uchun atamalar soni (j + 1) ga teng bo'ladi.$C_{1,j}^{u[1][2]} \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} C_{1,j}^{u[1][2]}$

Ikkinchi guruhga indeksi (z ko‘rsatkichi) diapazonda o‘zgarib turadigan a’zolar kiradi. Chunki va , demak, ushbu shart va xossalarga muvofiq 3÷5, barcha ko'phadlar ko'rib chiqilayotgan diapazondan istalgan darajadagi bitta haddan iborat bo'ladi. Shuning uchun, ikkinchi guruhga tegishli koeffitsientlarni hisoblash uchun () shaklining shartlari soni ga teng bo'ladi.$C_{1,j}^{u[1][2]} \boldsymbol{j} = \overline{\boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}, k_0^{u[1][2]} + 1\boldsymbol{j}} \geq \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} \boldsymbol{j} \leq k_0^{u[1][2]} + 1 a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]} C_{1,j}^{u[1][2]} (\boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} + 1)$

Uchinchi guruhga indeksi (z ko'rsatkichi) diapazonda o'zgarib turadigan a'zolar kiradi$C_{1,j}^{u[1][2]}$. Ko'rib chiqilgan diapazondan berilgan j darajasining shartlari faqat raqamlari ( ) oralig'ida qiymatlarni qabul qiladigan ko'phadlarni o'z ichiga oladi, chunki ularning maksimal darajasi j dan oshadi va minimal daraja j dan kichik. Boshqa barcha ko'phadlar xossalariga muvofiq 3÷5, j dan kichik z darajalarini o'z ichiga oladi.Shuning uchun shaklning hadlari soni$j = \overline{k_0^{u[1][2]} + 2, n_0^{u[2][2]}} + \overline{k_0^{u[1][2]} + 1J - k_0^{u[1][2]} - 1, n_0^{u[2][2]}}(), a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$uchinchi guruhga tegishli koeffitsientlarni hisoblash uchun teng bo'ladi.$C_{1,j}^{u[1][2]} (n_0^{u[2][2]} - \left(j - k_0^{u[1][2]} - 1\right) + 1 = n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 2 - j)$

Shunday qilib, birinchi muammo hal qilindi - shaklning shartlari sonini aniqlash usuli topildi(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$koeffitsientlarini hisoblash uchun foydalaniladi.$C_{1,j}^{u[1][2]}$

Ikkinchi masalani yechish oltinchi xususiyatdan foydalanishga va

ko‘phadning soni unda yuzaga kelgan au[2]{2] koeffitsienti indeksiga to‘g‘ri kelishiga asoslanadi. Keyin birinchi guruhning koeffitsientlarini hisoblash uchun shaklning bir muddati olinadi$C_{1,j}^{u[1][2]}$ ($j = \overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} - 1}$(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$soni intervalga tegishli bo'lgan har bir ko'phaddan. Bunday holda, au{2][2] koeffitsienti indeksi diapazondan qiymatlarni oladi va koeffitsient indeksi$\overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{j}}\overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{j}}b^{u[1][2]}$,- *doiradan tashqarida*.$\overline{0, j}$

Ikkinchi guruh koeffitsientlarini hisoblash uchun shaklning bir atamasi olinadi$C_{1,j}^{u[1][2]}$ ($j = \overline{n_0^{u[2][2]}, k_0^{u[1][2]} + 1}$)()$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$har bir polinomdan. Bunday holda, koeffitsient indeksi qiymatlarni diapazondan, koeffitsient indeksi esa oltita xususiyatga ko'ra, diapazondan oladi.$a^{u[2][2]}\overline{\mathbf{0}, \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}}b^{u[1][2]}\overline{J, J \backsim \boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}}$

Uchinchi guruh koeffitsientlarini hisoblash uchun$C_{1,j}^{u[1][2]}$ $j = \overline{k_0^{u[1][2]} + 2, n_0^{u[2][2]} +}\ \overline{k_0^{u[1][2]} + 1}$shaklning bir muddati olinadi(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$soni intervalga tegishli bo'lgan har bir ko'phaddan. Bunday holda, koeffitsient indeksi diapazondan qiymatlarni oladi va koeffitsient indeksi oltinchi xususiyatga ko'ra, k*[x]{2] +1 ,y-l"[2][21 diapazonidan olinadi. $.j - k_0^{u[1][2]} - 1, n_0^{u[2][2]} a^{u[2][2]} j - k_0^{u[1][2]} - 1, n_0^{u[2][2]} b^{u[1][2]} k_0^{u[1][2]} + 1, j - n_0^{u[2][2]}$

Shakl atamalarining soni va tuzilishining vizual tasviri(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$hisoblash uchun foydalaniladi 3.2-jadval.$C_{1,j}^{u[1][2]}$

3.2-jadval. Atamalar turi(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$hisoblash uchun ishlatiladi$C_{1,j}^{u[1][2]}$

| Номер рассчитываемого коэффициента (значение показателя соответствующей степени $z$) $c_{1,j}^{u[1][2]}$ | Количество слагаемых | Структура слагаемых | Номера полиномов, содержащие соответствующие слагаемые |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | $a_0^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}$ | 0 |
| 1 | 2 | $a_0^{u[2][2]}b_1^{u[1][2]}, a_1^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div 1$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $n_o^{u[2][2]}-1$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $a_0^{u[2][2]}b_{n_o^{u[2][2]}-1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}-1}^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div (n_o^{u[2][2]}-1)$ |
| $n_o^{u[2][2]}$ | $n_o^{u[2][2]}+1$ | $a_0^{u[2][2]}b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $k_o^{u[1][2]}+1$ | $n_o^{u[2][2]}+1$ | $a_0^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1-n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}$ | $0 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| $k_o^{u[1][2]}+2$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $a_1^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+2-n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}$ | $1 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1$ | 1 | $a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}$, | $n_o^{u[2][2]}$ |

Olingan ko'phadning koeffitsientlarini va parametrlari orqali hisoblash ifodasi$C_{1,j}^{u[1][2]}a^{u[2][2]}b^{u[1][2]}$,ko'paytmali ko'phadlar shaklini oladi

Birinchi guruh uchun:
$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=0}^{j} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{0, n_o^{u[2][2]}-1}.$$
(3,37)

Ikkinchi guruh uchun:
$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=0}^{n_o^{u[2][2]}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{n_o^{u[2][2]}, k_o^{u[1][2]}+1}.$$
(3,38)

Uchinchi guruh uchun:
$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=j-k_o^{u[1][2]}-1}^{n_o^{u[2][2]}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{k_o^{u[1][2]}+2, n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1}.$$
(3,39)

Ikkinchi holat:
$$k_o^{u[1][2]}+1=n_o^{u[2][2]}.$$

Aniqlik va tahlilni osonlashtirish uchun biz 3.3-jadvalni tuzamiz. 3.3-jadval. (3.35) ifodaning ko`pnomli hadlari xarakteristikasi.

| № полинома | Наименьшее значение показателя степени | Наибольшее значение показателя степени | Вид полиномов-слагаемых |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $n_o^{u[2][2]}$ | $a_0^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}z^0 + .. + a_0^{u[2][2]}b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}z^{n_o^{u[2][2]}}$ |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| $i$-ый | $i$ | $n_o^{u[2][2]}+i$ | $a_i^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}z^i + .. + a_i^{u[2][2]}b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}z^{n_o^{u[2][2]}+i}$ |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| $n_o^{u[2][2]}$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $2n_o^{u[2][2]}$ | $a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_0^{u[1][2]}z^{n_o^{u[2][2]}} + .. + a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]}b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}z^{2n_o^{u[2][2]}}$ |

Hosil bo‘lgan ko‘phadning koeffitsientlarini shakl hadlari soniga ko‘ra uch guruhga ajratamiz$C_{1,j}^{u[1][2]}$ (),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$ularni hisoblash uchun ishlatiladi.

Birinchi guruh indeksi (eksponent z) dan kichik bo'lgan koeffitsientlarni o'z ichiga oladi, ya'ni.$C_{1,j}^{u[1][2]}\boldsymbol{n_0^{u[2][2]}}$. j=0,$\boldsymbol{n_0^{u[2][2]}} - 1$. Ikkinchi guruh, oldingi holatdan farqli o'laroq, indeksi (z ko'rsatkichi) ga teng bo'lgan bitta a'zodan iborat bo'ladi. Uchinchi guruh indekslari (z ko'rsatkichlari) diapazonda qiymatlarni qabul qiladigan a'zolardan iborat.$C_{1,j}^{u[1][2]}j = n_0^{u[2][2]}C_{1,j}^{u[1][2]}j = \overline{n_0^{u[2][2]} + 1,2n_0^{u[2][2]}}$

Birinchi vazifa bo'yicha fikr yuritish - shakl shartlari sonini aniqlash(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$hisoblash uchun ishlatiladi, ikkinchi vazifa esa shakl shartlarining tuzilishini aniqlashdir$C_{1,j}^{u[1][2]}$(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$Yuqorida aytilganlar ushbu vaziyatda o'z kuchini saqlab qoladi.

Shakl atamalarining soni va tuzilishining vizual tasviri(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$koeffitsientlarni hisoblash uchun foydalaniladi, 3.4-jadvalni beradi.$C_{1,j}^{u[1][2]}$

3.4-jadval. Atamalar turi $()$ , $a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$ hisoblash uchun ishlatiladi $C_{1,j}^{u[1][2]}$

| Номер рассчитываемого коэффициента (значение показателя соответствующей степени z) $c_{1,j}^{u[1][2]}$ | Количество слагаемых | Структура слагаемых | Номера полиномов, содержащие соответствующие слагаемые |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | $a_0^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | 0 |
| 1 | 2 | $a_0^{u[2][2]} b_1^{u[1][2]}, a_1^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div 1$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $n_o^{u[2][2]} - 1$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $a_0^{u[2][2]} b_{n_o^{u[2][2]}-1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}-1}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div (n_o^{u[2][2]} - 1)$ |
| $n_o^{u[2][2]}$ | $n_o^{u[2][2]} + 1$ | $a_0^{u[2][2]} b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| $n_o^{u[2][2]} + 1$ | $n_o^{u[2][2]}$ | $a_1^{u[2][2]} b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_1^{u[1][2]}$ | $1 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $2n_o^{u[2][2]}$ | 1 | $a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_{n_o^{u[2][2]}}^{u[1][2]}$ | $n_o^{u[2][2]}$ |

Hosil bo'lgan ko'phadning koeffitsientlarini parametrlar orqali hisoblash imkonini beruvchi ifodalar $C_{1,j}^{u[1][2]}$ () $a^{u[2][2]} * b^{u[1][2\ ]}$ko'paytmali ko'phadlar shaklini oladi

$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=0}^{j} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j = \overline{0, n_o^{u[2][2]} - 1}.$$

Birinchi guruh uchun: (3.40)

$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=0}^{n_o^{u[2][2]}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j = \overline{n_o^{u[2][2]}, n_o^{u[2][2]}}.$$

Ikkinchi guruh uchun: (3.41)

$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=j-n_o^{u[2][2]}}^{n_o^{u[2][2]}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j = \overline{n_o^{u[2][2]} + 1, 2n_o^{u[2][2]}}.$$

Uchinchi guruh uchun: (3.42)

Aniqlik va tahlilni osonlashtirish uchun biz 3.1-jadvaldan foydalanamiz.

Hosil bo‘lgan ko‘phadning koeffitsientlarini shakl hadlari soniga ko‘ra uch guruhga ajratamiz$C_{1,j}^{u[1][2]}$ (),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$ularni hisoblash uchun ishlatiladi.

Birinchi guruhga indeksi (ko'rsatkich z) dan kichik bo'lgan koeffitsientlar kiradi $C_{1,j}^{u[1][2]} k_{\mathbf{0}}^{\boldsymbol{u[1][2]}} + 1,$

bular.. j=$\overline{0,k_0^{u[1][2]}}$. Raqamlari oraliqda o‘zgarib turadigan ko‘p nomlilar shu darajadagi bitta hadni o‘z ichiga oladi, chunki faqat ular uchun 4 va 5 xossalarga ko‘ra j qiymati minimal darajadan katta va maksimaldan kichikdir. Raqamlari j dan katta bo'lgan ko'p nomlilar xossalariga ko'ra 3÷5 daraja katta qiymatlarga ega. Shuning uchun, shaklning shartlari soni$\overline{0,j}$(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$(j+1) ga teng birinchi guruhga tegishli koeffitsientlarni hisoblash.$C_{1,j}^{u[1][2]}$ '

Ikkinchi guruhga indeksi (z ko‘rsatkichi) diapazonda o‘zgarib turadigan a’zolar kiradi. Raqamlari turlicha bo'lgan polinomlar$C_{1,j}^{u[1][2]} j = \overline{k_0^{u[1][2]} + 1, n_0^{u[2][2]}}$j-$(k_0^{u[1][2]} + 1)$j ga qadar har birida ma'lum darajadagi bitta had mavjud, chunki faqat ular uchun 4 va 5 xossalarga ko'ra j qiymati minimal darajadan katta va maksimaldan kichikdir. 3÷5 xossalariga ko'ra raqamlari kichik bo'lgan ko'phadlarj-$(k_0^{u[1][2]} + 1)$va j dan katta bo'lsa, ko'rib chiqilayotgan vakolatlarni o'z ichiga olmaydi. Shuning uchun, shaklning shartlari soni(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$koeffitsientlarni hisoblash uchun $C_{1,j}^{u[1][2]}$ ikkinchi guruhga mansub, ga teng.$(k_0^{u[1][2]} + 2)$

Uchinchi guruh a'zolaridan iborat$C_{1,j}^{u[1][2]}$ indekslari (z ko'rsatkichlari) diapazonda qiymatlarni qabul qiladigan natijaviy polinom. Raqamlari intervalda o'zgarib turadigan ko'p nomlilar$j = \overline{n_0^{u[2][2]} + 1, n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 1}$j-$\overline{k_0^{u[1][2]} - 1 n_0^{u[2][2]}}$, har birida berilgan darajaning bitta hadi mavjud, chunki 4 va 5 xossalarga ko'ra j qiymati ular uchun minimal darajadan katta va maksimaldan kichikdir. Raqamlari kichik bo'lgan polinomlarj-$k_0^{u[1][2]} - 1$, xususiyatlariga ko'ra 3÷5 daraja kichikroq qiymatlarga ega. Shuning uchun, shaklning shartlari soni(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$uchinchi guruhga tegishli koeffitsientlarni hisoblash uchun teng bo'ladi.$C_{1,j}^{u[1][2]}(n_0^{u[2][2]} - (j - k_0^{u[1][2]} - 1) + 1 = n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 2 - j)$

Shunday qilib, uchinchi holat uchun birinchi muammo hal qilinadi -

shakl shartlari sonini aniqlash imkonini beruvchi usul taklif etiladi.(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$har qanday koeffitsientni hisoblash uchun ishlatiladi$C_{1,j}^{u[1][2]}$ olingan polinom.

Ikkinchi masalani yechish oltinchi xususiyatdan foydalanishga va ko‘phadning soni koeffitsient indeksiga to‘g‘ri kelishiga asoslanadi.$a^{u[2][2]}$.Keyin birinchi guruhning koeffitsientlarini hisoblash uchun$C_{1,j}^{u[1][2]}$(j=0, $n_0^{u[2][2]} - 1$ shaklning bir muddati olinadi(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$oraliqdagi har bir polinomdan. Shu bilan birga, koeffitsient indeksi$\overline{0,j}a^{u[2][2]}$,diapazondan va koeffitsient indeksidan qiymatlarni oladi$\overline{0,j}b^{u[1][2]}$,mulk olti ko'ra, qatordan$\overline{0,j}$.

Ikkinchi guruh koeffitsientlarini hisoblash uchun shaklning bir atamasi olinadi$(j = \overline{k_0^{u[1][2]} + 1, n_0^{u[2][2]}})$(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$oraliqdagi har bir polinomdan Bu holda, koeffitsient indeksi diapazondan qiymatlarni oladi va koeffitsient indeksi oltita xususiyatga ko'ra, diapazondan.

$\overline{j - (k_0^{u[1][2]} + 1), j}.\ a^{u[2][2]}\overline{j - (k_0^{u[1][2]} + 1), j}b^{u[1][2]}\overline{k_0^{u[1][2]} + 1,0}$

Uchinchi guruh koeffitsientlarini hisoblash uchun shaklning bir muddati olinadi$C_{1,j}^{u[1][2]}$ $(j = \overline{n_0^{u[2][2]} + 1, n_0^{u[2][2]} + k_0^{u[1][2]} + 1})$(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$oraliqdagi har bir polinomdan. Bunday holda, koeffitsient indeksi qiymatlarni diapazondan va koeffitsient indeksini, oltita xususiyatga ko'ra, diapazondan

oladi.

$\overline{j - k_0^{u[1][2]} - 1, n_0^{u[2][2]}}a^{u[2][2]}\ \overline{j - k_0^{u[1][2]} - 1), n_0^{u[2][2]}}b^{u[1][2]}\overline{k_0^{u[1][2]} + 1), j - n_0^{u[2][2]}}$

Shakl atamalarining soni va tuzilishining vizual tasviri(),$a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$koeffitsientlarni hisoblash uchun foydalaniladi, 3.5-jadvalni beradi. $C_{1,j}^{u[1][2]}$

3.5-jadval.

Atamalar turi$(), a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$**h**isoblash uchun ishlatiladi $C_{1,j}^{u[1][2]}$

| Номер рассчитываемого коэффициента (значение показателя соответствующей степени $z$) $c_{1,j}^{u[1][2]}$ | Количество слагаемых | Структура слагаемых | Номера полиномов, содержащие соответствующие слагаемые |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | $a_0^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | 0 |
| 1 | 2 | $a_0^{u[2][2]} b_1^{u[1][2]}, a_1^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div 1$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $k_o^{u[1][2]}$ | $k_o^{u[1][2]}+1$ | $a_0^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}}^{u[1][2]}, \ldots, a_{k_o^{u[1][2]}}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div k_o^{u[1][2]}$ |
| $k_o^{u[1][2]}+1$ | $k_o^{u[1][2]}+2$ | $a_0^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $0 \div k_o^{u[1][2]}+1$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $n_o^{u[2][2]}$ | $k_o^{u[1][2]}+2$ | $a_{n_o^{u[2][2]}-k_o^{u[1][2]}-1}^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_0^{u[1][2]}$ | $n_o^{u[2][2]} - k_o^{u[1][2]} - 1 \div n_o^{u[2][2]}$ |
| $n_o^{u[2][2]}+1$ | $k_o^{u[1][2]}+1$ | $a_{n_o^{u[2][2]}-k_o^{u[1][2]}}^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]}, \ldots, a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_1^{u[1][2]}$ | $n_o^{u[2][2]} - k_o^{u[1][2]} \div n_o^{u[2][2]}$ |
| ... | ... | ... | ... |
| $n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1$ | 1 | $a_{n_o^{u[2][2]}}^{u[2][2]} b_{k_o^{u[1][2]}+1}^{u[1][2]},$ | $n_o^{u[2][2]}$ |

Hosil bo'lgan ko'phadning koeffitsientlarini hisoblash imkonini beruvchi ifodalar$C_{1,j}^{u[1][2]}$ parametrlar orqali$()a^{u[2][2]} * b^{u[1][2]}$ko'paytmali ko'phadlar shaklini oladi

Birinchi guruh uchun: $c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=0}^{j} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{0, k_o^{u[1][2]}}.$

(3,43)

Ikkinchi guruh uchun: $c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=j-k_o^{u[1][2]}-1}^{j} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{k_o^{u[1][2]}+1, n_o^{u[2][2]}}$ (3,44)

Uchinchi guruh uchun: $c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=j-k_o^{u[1][2]}-1}^{n_o^{u[2][2]}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{n_o^{u[2][2]}+1, n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1}.$

(3,45)

Olingan natijalarga asoslanib, barcha holatlar uchun (3.37) - (3.45) bog'liqliklarini tahlil qilgandan so'ng, biz (3.35) ko'phadning koeffitsientlarini hisoblash imkonini beruvchi algoritmni olamiz:

$$c_{1,j}^{u[1][2]} = \sum_{i=s_{1,j}}^{r_{1,j}} a_i^{u[2][2]} \cdot b_{j-i}^{u[1][2]}, j=\overline{0, n_o^{u[2][2]}+k_o^{u[1][2]}+1};$$

(3,46)

$$r_{1,j}=\begin{cases} n_o^{u[2][2]}, j-n_o^{u[2][2]}\geq 0, \\ j, j-n_o^{u[2][2]}<0, \end{cases} \qquad s_{1,j}=\begin{cases} 0, j-k_o^{u[1][2]}<0, \\ j-k_o^{u[1][2]}, j-k_o^{u[1][2]}\geq 0, \end{cases} \tag{3,47}$$

Ushbu algoritm (3.46) - (3.47) CVT vositalaridan foydalangan holda avtonom va o'zgarmas kompensatorlarning (op-amplarga ekvivalent) tuzilmalari va sozlamalarini avtomatik hisoblashni tashkil qilish imkonini beruvchi kerakli qonuniyatlarning eng muhim qismidir.

Biz birinchi navbatda ikkita o'lchovli bog'langan va bir o'lchovli birlashtirilgan CBS ning avtonom va o'zgarmas kompensatorlarini moslashtirish algoritmini ishlab chiqishda keyinroq qo'llaniladigan izohni beramiz.

Muayyan turdagi ob'ekt kanal modellaridan foydalanish tufayli koeffitsientlar nolga teng. Shu sababli, avtonom (o'zgarmas) kompensatorning ko'chirish funksiyasining maxraj ko'phadning c0,0 va ayiruvchi ko'phadning c1,0 koeffitsientlari ham nolga teng. Keyin (3.38) ifoda quyidagi shaklni oladi: $\boldsymbol{b_0^{u[i][j]}}$ $\left(\boldsymbol{b_0^{f[i][j]}}\right)$

$$\frac{q_0+q_1\cdot z^{-1}+\ldots+q_{k_{pr}}\cdot z^{-k_{pr}}}{1-p_1\cdot z^{-1}-\ldots-p_{n_{pr}}\cdot z^{-n_{pr}}}\cdot z^{-d_{pr}}=\frac{b_0^{[2]}\cdot z^0+b_1^{[2]}\cdot z^{-1}+\ldots+b_{k_o^{[2]}+1}^{[2]}\cdot z^{-(k_o^{[2]}+1)}}{b_0^{[1]}\cdot z^0+b_1^{[1]}\cdot z^{-1}+\ldots+b_{k_o^{[1]}+1}^{[1]}\cdot z^{-(k_o^{[1]}+1)}}\cdot$$

$$\cdot\frac{a_0^{[1]}\cdot z^0-a_1^{[1]}\cdot z^{-1}-\ldots-a_{n_o^{[1]}}^{[1]}\cdot z^{-n_o^{[1]}}}{a_0^{[2]}\cdot z^0-a_1^{[2]}\cdot z^{-1}-\ldots-a_{n_o^{[2]}}^{[2]}\cdot z^{-n_o^{[2]}}}\cdot z^{-d_o^{[2]}+d_o^{[1]}}=\frac{c_{1,1}\cdot z^{-1}+\ldots+c_{1,n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1)}}{c_{0,1}\cdot z^{-1}+\ldots+c_{0,n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1)}}\cdot\cdot z^{-d_o^{[2]}+d_o^{[1]}} \tag{3,48}$$

kompensatorlarning o'tkazish funktsiyalarining maxrajlari va numeratorlarining tartiblarini belgilash uchun ishlatiladigan o'zgaruvchilar, shuningdek, hisoblash uchun ishlatiladigan ob'ektning asosiy, o'zaro faoliyat va tebranish kanallarining uzatish funktsiyalarining maxrajlari va numeratorlari tartiblari qayerda? bu; - kompensatorlarning sozlamalarini belgilash uchun ishlatiladigan o'zgaruvchilar, - ma'lum bir kompensatorni hisoblash uchun ishlatiladigan asosiy, o'zaro faoliyat va ob'ekt buzilish kanallari modellari parametrlarini belgilash uchun foydalaniladigan o'zgaruvchilar; $\boldsymbol{n_{pk}}, \boldsymbol{k_{pk}}, \boldsymbol{n_0^{[1]}}, \boldsymbol{k_0^{[1]}}, \boldsymbol{n_0^{[2]}}, \boldsymbol{k_0^{[2]}}$ $p_j, q_i j = \overline{1, n_{pk}}, i =$

$\overline{0, k_{pk}}$ ; $a_j^{[1]}, b_i^{[1]}, a_x^{[2]}, b_y^{[2]}$ $j = \overline{0, n_0^{[1]}}, i = \overline{0, k_0^{[1]}}$ ; $x = \overline{0, n_0^{[2]}}, v = \overline{0, k_0^{[2]}}$ ; $c_{0.j}, c_{1.j}$ - kompensatorlarning ko'chirish funktsiyasining ko'phad-hisoblagich va ko'phad-maxraj koeffitsientlarini belgilash uchun ishlatiladigan o'zgaruvchilar, ; (3.48) ning o'ng tomonining pay va maxrajini z ga ko'paytirsak, biz quyidagilarga erishamiz: $\boldsymbol{j} = \overline{0, n_0^{[2]} + k_0^{[1]} + 1}, i = \overline{0, n_0^{[1]} + k_0^{[2]} + 1}$

$$-\frac{c_{1,1}\cdot z^{-1}+\ldots+c_{1,n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1)}}{c_{0,1}\cdot z^{-1}+\ldots+c_{0,n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1)}}\cdot\frac{z}{z}\cdot z^{-d_o^{[2]}+d_o^{[1]}}=$$

$$=-\frac{c_{1,1}\cdot z^{0}+\ldots+c_{1,n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[1]}+k_o^{[2]})}}{c_{0,1}\cdot z^{0}+\ldots+c_{0,n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1}\cdot z^{-(n_o^{[2]}+k_o^{[1]})}}\cdot z^{-d_o^{[2]}+d_o^{[1]}}.$$

(3,49)

(3.49) ning o‘ng tomonining pay va maxrajini c0.1 ga bo‘ling va hosil bo‘lgan ifodani (3.48) ning chap tomoni bilan solishtiring:

$$\frac{q_0+q_1\cdot z^{-1}+\ldots+q_{k_{pc}}\cdot z^{-k_{pc}}}{1-p_1\cdot z^{-1}-\ldots-p_{n_{pc}}\cdot z^{-n_{pc}}}\cdot z^{-d_{pc}}=\frac{\frac{c_{1,1}}{c_{0,1}}+\ldots+\frac{c_{1,n_o^{[1]}+k_o^{[2]}+1}}{c_{0,1}}\cdot z^{-(n_o^{[1]}+k_o^{[2]})}}{1+\ldots+\frac{c_{0,n_o^{[2]}+k_o^{[1]}+1}}{c_{0,1}}\cdot z^{-(n_o^{[2]}+k_o^{[1]})}}\cdot z^{-d_o^{[2]}+d_o^{[1]}}.$$

(3,50)

(3.50) dan kelib chiqadiki, avtonom (invariant) kompensatorlarni CVT vositalariga avtomatik moslashtirishni tashkil qilish uchun ikkita tsiklni o'rnatish kerak: birinchi (tashqi), polinomni (hisoblagich yoki maxraj), parametrlarni belgilaydi. hisoblangan, ikkinchisi (ichki) ma'lum bir hisoblangan koeffitsientning sonini aniqlaydi. Bundan tashqari, koeffitsientlardan beri maxraj ko'phadning c0,0 va c1,0 ko'phad va ayiruvchi ko'phadning mos ravishda nolga teng ekanligi ma'lum bo'lsa, birinchi elementlardan boshlab hisoblashni amalga oshirish maqsadga muvofiqdir. Oxirgi qadam kompensatorning uzatish funktsiyasining hisoblagichi va maxrajini c0.1 ga bo'lishdir.

(3.46) - (3.47) va (3.50) dan kelib chiqqan holda, avtonom (invariant) kompensatorlarni CVT vositalariga moslashtirishni yakuniy shaklda amalga

oshirishni ta'minlaydigan kerakli algoritm quyidagi shaklni oladi:

$$p_j(q_j) = -\frac{c_{x,j+1}}{c_{0,1}},\ j=\overline{0,n_{px}(k_{px})},\ n_{px}=n_o^{[2]}+k_o^{[1]},\ k_{px}=n_o^{[1]}+k_o^{[2]},\ x=\begin{cases}0, npu\ p_j,\\ 1, npu\ q_j,\end{cases} \quad (3,51)$$

$$c_{x,j}=\sum_{i=r_{x,j}}^{r_{x,j}} a_i^{[2-x]}\cdot b_{j-i}^{[1+x]}, \quad (3,52)$$

$$r_{x,j}=\begin{cases}n_o^{[2-x]}, j-n_o^{[2-x]}\geq 0,\\ j, j-n_o^{[2-x]}<0,\end{cases} \qquad s_{x,j}=\begin{cases}0, j-k_o^{[1+x]}<0,\\ j-k_o^{[1+x]}, j-k_o^{[1+x]}\geq 0,\end{cases} \quad (3,53)$$

Olingan algoritmga qaramay (3.51) - (3.52), bu CVT vositalaridan foydalangan holda ikki o'lchovli AVCSS va bir o'lchovli kombinatsiyalangan avtonom va o'zgarmas kompensatorlarni moslashtirishni amalga oshirishga imkon beradi, eng muhim natijani olishdir. algoritmi (3.46) - (3.47), undan ketma-ket takroran foydalanish kompensatorlarni moslashtirish va har qanday o'lchamdagi AvInTsSU da har xil murakkablikdagi kontrollerlarni moslashtirish uchun ekvivalent op-amplarning uzatish funktsiyalarini hisoblashni amalga oshirish imkonini beradi.

Shunday qilib, AVInCSU kompensatorlarini ko'p o'lchovli statsionar bo'lmagan ob'ekt tomonidan moslashtirishning to'liq algoritmi ikkita asosiy bosqichni o'z ichiga oladi:

**1.** Olingan bog'liqliklar bo'yicha hisoblash (2.20), (2.75), (2.86) va boshqalar. ADCS ning yuqori darajasida (ish stantsiyasi, kompyuter) matematik dasturiy paketlar (MathCad, MathLab, Maple) yordamida moslashtiriluvchi kompensatorlar va ekvivalent op-amplarning funksiyalarini kasrli ratsional ifodalar shaklida o'tkazish, ularning soni va maxrajlarining ko'phadlari buzilishlarning asosiy, ko'ndalang va kanallari, o'zaro bog'lanishlar kompensatorlari va regulyatorlarning o'tkazuvchanlik funktsiyalarining sonlari va maxrajlari ko'phadlari ko'paytmalari yig'indisi;

**2.** Moslashuvchan kompensatorlar sozlamalari va regulyatorlarni moslashtirish uchun ekvivalent ob'ektlar parametrlarining (3.46) - (3.47) algoritmidan takroran foydalanish hisobiga ADCS (PMC) ning quyi

darajasida hisoblash.

### *3.2.2.* Avtonom va invariant kompensatorlar uchun moslashish algoritmi

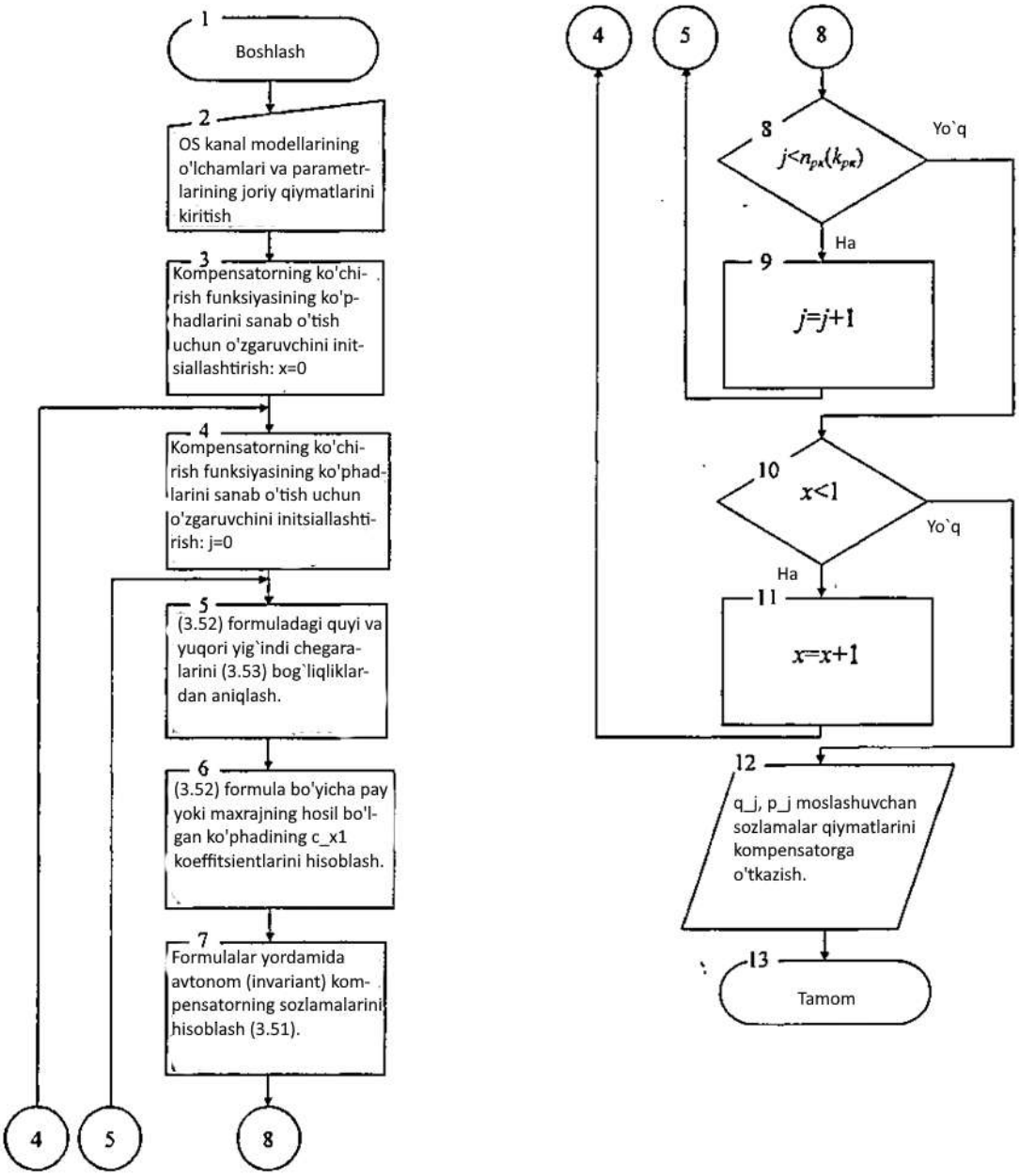
Bog'liqlardan foydalanishga asoslangan algoritm (3.2-rasm) (3.51) - (3.53) ikki o'lchovli boshqaruv tizimining avtonom kompensatorlarini (2.3-rasm) yoki birlashtirilgan tizimning o'zgarmas kompensatorlarini moslashtirishda harakatlar ketma-ketligini tavsiflaydi.

Birinchi bosqich (blok № 2) CO ni joriy identifikatsiyalash paytida aniqlangan va hisoblangan ma'lumotlarni (boshqaruv kanallari yoki buzilishlar modellarining buyurtmalari va parametrlarining qiymatlari) mos keladigan blokdan kompensator moslashuv blokiga o'tkazishdan iborat.

Parametrik statsionar bo'lmagan taqdirda, ob'ektning boshqaruv kanali modellari parametrlarining qiymatlari uzatiladigan ma'lumotlar sifatida ishlaydi. Keyinchalik muhimroq, strukturaviy statsionar bo'lmagan taqdirda, ko'rsatilganlarga qo'shimcha ravishda, CO kanallarini tavsiflovchi farq tenglamalarining tartiblari qiymatlari ham uzatiladi.

№ 3 va 4 bloklar x va j o'zgaruvchilarga boshlang'ich qiymatlarni belgilash uchun mo'ljallangan bo'lib, ular o'tkazish funktsiyasi bo'lgan hosil bo'lgan kasr-ratsional ifodaning mos ravishda pay va maxraj polinomlari ustida aylanishlarni tashkil qiladi. kompensator va har bir polinomning koeffitsientlari.

Keyingi bosqichda (blok № 5) ob'ektning asosiy, o'zaro faoliyat va tebranish kanallarining farq tenglamalari tartiblari qiymatlaridan foydalangan holda (3.52) dan pastki Sxj va yuqori rxj yig'ish chegaralari aniqlanadi. (3.53). Kerakli




3.2-rasm. Avtonom va invariant kompensatorlar uchun moslashish algoritmi sxemasi.

Shuni esda tutingki, bu protsedura kompensator ko'chirish funktsiyasining maxraj ko'phadning ham, ayiruvchi ko'phadning har bir koeffitsientini hisoblashda amalga oshiriladi.

6-sonli blokning bajarilishi jarayonda olingan ob'ektning statsionar bo'lmagan kanallari parametrlari bo'yicha moslashtiriluvchi kompensatorning o'tkazish funktsiyasining hisoblagichi yoki maxrajining ko'phadining cxj koeffitsientini to'g'ridan-to'g'ri hisoblash bilan bog'liq. joriy identifikatsiya va OTning statsionar kanallari modellarining ma'lum (berilgan) doimiy parametrlari. Ushbu amalni bajarish uchun ishlab

chiqilgan bog'liqlik (3.52) qo'llaniladi.

Kompensatorning o'tkazish funktsiyasining numeratori va maxrajining polinomlari koeffitsientlarining hisoblangan qiymatlari oltinchi bosqichda (blok № 7) bajariladigan formulalar (3.51) bo'yicha uning sozlamalarini hisoblash uchun ishlatiladi.

Algoritmning yettinchi bosqichida (blok No8) hisoblovchi ko‘phad yoki maxraj ko‘phadning koeffitsientlarini (sozlamalarini) hisoblashni yakunlash sharti tekshiriladi.

Tekshirilgan shartning bajarilishi keyingi bosqichga (blok No 9) o'tishga olib keladi, bunda j o'zgaruvchining qiymati bittaga ortadi. Shunday qilib, moslashuvchan kompensatorning uzatish funktsiyasining keyingi qayta hisoblangan koeffitsientiga o'tish amalga oshiriladi. Shunday qilib, moslashuv jarayonida qayta hisoblangan kompensatorning o'tkazish funktsiyasining pay yoki maxrajining ko'phadining barcha koeffitsientlarini sanash amalga oshiriladi.

No8 blokdagi shartni tekshirishda olingan salbiy natija joriy polinomning barcha koeffitsientlari hisoblanganligini ko'rsatadi. Bunday holda, to'qqizinchi bosqichga o'tish (blok No 10) amalga oshiriladi, bu erda kompensatorni uzatish funktsiyasining barcha koeffitsientlarini hisoblashni yakunlash shartini tekshirish amalga oshiriladi. Tekshirishning ijobiy natijasi o'ninchi bosqichga (blok No 11) o'tishga olib keladi, bunda l o'zgaruvchining qiymati bir marta ortadi. Shunday qilib, moslashuvchan kompensatorning uzatish funktsiyasining keyingi polinomining (numerator yoki maxraj) koeffitsientlarini qayta hisoblashga o'tish amalga oshiriladi. Shunday qilib, moslashuv vaqtida qayta hisoblangan kompensatorning uzatish funktsiyasining barcha ko'phadlari (hisoblagich va maxraj) koeffitsientlarini sanash amalga oshiriladi.

No10 blokda tekshirilgan shartning bajarilmasligi barcha ko'phadlarning koeffitsientlari (hisoblagich va maxraj) qayta hisoblanganligini va moslashuvchan kompensatorning o'tkazish funktsiyasi

avtonomiya (o'zgarmaslik) tamoyilini qondirishini ko'rsatadi. Shundan so'ng, algoritmning oxirgi bosqichi (12-blok) bajariladi, buning natijasida avtonom (o'zgarmas) kompensatorlar sozlamalarining tuzilishi va sozlangan qiymatlari funktsiyalarni amalga oshiradigan blokga o'tkaziladi. kompensator, bu erda ular yangi sozlash parametrlari sifatida ishlatiladi.

Yuqoridagi algoritmni bajarish jarayonida o'zaro bog'lanish kompensatorlari yoki tebranish kompensatorlarini moslashtirish amalga oshiriladi, buning natijasida tizimning boshqaruv qismi statsionar bo'lmagan sharoitlarda avtonomiya yoki o'zgarmaslik printsipini amalga oshirishni ta'minlaydi. asosiy yoki o'zaro faoliyat (bezovtalanish) OS kanallarining dinamik xususiyatlari.

## Uchinchi bob bo’yicha xulosa

**1.** Joriy identifikatsiya qilish algoritmining tahlili ishlab chiqildi va amalga oshirildi, shu jumladan matematik, algoritmik va amaliy dasturiy ta'minot sintezi, bu statik va / statsionar bo'lmaganligi bilan tavsiflangan ob'ektlarning diskret modellari parametrlarini baholashning aniqligini oshirishga imkon beradi. yoki ko'p o'lchovlilikning mavjudligini hisobga olgan holda dinamik xususiyatlar.

**2.** Moslashuv algoritmi sintez qilindi, jumladan, matematik, algoritmik va amaliy dasturiy ta'minot, avtonom va o'zgarmas kompensatorlar va ekvivalent op-amplarni ishlab chiqish, bu ularning uzatish funktsiyalarini loyihalash bosqichida (of-layn rejimda) ham, ish paytida ham avtomatik hisoblashni ta'minlaydi. boshqaruv tizimining (onlayn rejimda).

**3.** Joriy identifikatsiyalash va moslashtirish uchun taklif qilingan algoritmlardan foydalanish statsionar bo'lmagan statik va/yoki dinamik xususiyatlar sharoitida ko'p ulangan ob'ektni boshqarish sifatini yaxshilaydigan ko'p o'lchovli moslashtirilgan raqamli tizimni sintez qilish imkonini beradi.

## XULOSA

Ishning asosiy natijalarini quyidagi xulosalar sifatida umumlashtirish mumkin.

1. Ko'p ulangan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining sifatini oshirish va funksionalligini kengaytirish uchun ko'p o'lchovli ob'ektlarni joriy identifikatsiyalash, regulyatorlar va o'zaro bog'lanishlar va buzilishlarning kompensatorlarini moslashtirishga yondashuvlar taklif etiladi.

2. Turli tuzilmalarning moslashuvchan ko'p o'lchovli raqamli tizimlarini sintez qilish algoritmi ishlab chiqilgan bo'lib, bu ob'ektlardagi murakkab ichki munosabatlarni hisobga olgan holda uni amalga oshirish bosqichlarini avtomatlashtirish va birlashtirish imkonini beradi.

3. Ob'ekt modellarining parametrlarini baholashning aniqligini oshiradigan joriy identifikatsiya qilish algoritmlari ishlab chiqilgan va o'rganilgan.

4. Raqamli kontrollerlar va ixtiyoriy o'lchamli ko'p o'lchovli tizimlarning o'zaro bog'lanishlari va buzilishlarining kompensatorlarini avtomatik sintez qilish algoritmlari taklif qilingan va o'rganilgan, ular moslashuvchan va moslashtirilmagan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining sintezini ta'minlaydi.

5. Ob'ektni joriy identifikatsiyalash, raqamli kontrollerlar va o'zaro bog'lanishlar va buzilishlarning kompensatorlarini moslashtirish uchun taklif qilingan algoritmlarni amalga oshiradigan dasturiy modullar ishlab chiqilgan bo'lib, ular moslashuvchan va moslashtirilmagan ko'p o'lchovli avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini avtomatlashtirilgan sintez qilish imkonini beradi.

6. Ko'p o'lchovli avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini avtomatlashtirilgan sintez qilish uchun dasturiy ta'minot modullaridan foydalanishda ma'lum usullar bilan solishtirganda nazorat sifati mezonlari yaxshilanganligini ko'rsatadigan hisoblash tajribalari o'tkazildi, bu taklif qilingan metodologiyadan foydalanish samaradorligini tasdiqlaydi.

7. Mashinani simulyatsiya qilish jarayonida ma'lum ko'p o'lchovli avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan taqqoslaganda, joriy identifikatsiyalash va moslashtirish uchun ishlab chiqilgan dasturiy modullarga asoslangan adaptiv avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimidan foydalangan holda statsionar bo'lmagan ob'ektlarni boshqarish uchun sifat mezonlarining yaxshilanishi ko'rsatilgan.

## Foydalanilgan adabiyotlar


1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4. ЮсуфбековН.Р., МуҳаммедовБ.Э., Ғуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. Тошкент. “Ўқитувчи”,1997.-704
5. Алешин Б.С., Веремеенко К.К., Черноморский А.И. Ориентация и навигация подвижных объектов. М., 2006. 424 с.
6. Аникин А.Л., Хованец С.Я., Аксенов С.Ю. Алгоритмы интегральной аппроксимации в задачах тесносвязанного комплексирования приемника спутниковой навигации и инерциальной навигационной системы // Новости навигации. 2009. № 1. С. 36–41.
7. Анучин О.Н., Комарова И.Э., Порфильев Л.Ф. Бортовые системы навигации и ориентации искусственных спутников Земли. СПб.: Изд-во ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2004. С. 80–120.

8. Горбачев С.В., Сырямкин В.И., Рудаков И.Б. Распознавание сложно построенных залежей нефти, газа на основе нейро-нечетких портретов. Saarbrucken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. 173 с.
9. Горбачев С.В., Казтаев А.Ж., Сырямкин В.И. и др. Калибровка детектора рентгеновского цифрового микротомографа на основе нечеткой сети Кохонена // Контроль. Диагностика. 2012. № 13. С. 94–96.
10. Горбачев С.В., Сырямкин В.И., Гафуров А.О. Нейросетевое распознавание в навигационных системах // Материалы XI Международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символов «Распознавание–2012». Курск, 2012. С. 43–44.
11. Горбачев С.В., Абрамова Т.В. Эволюционные алгоритмы адаптивного нейро-нечеткого вывода для многокритериального выбора приоритетных научно-технологических направлений // Материалы III Всероссийской научной конференции «Когнитивный менеджмент – инновационная стратегия управления развитием знания в современном классическом университете». Томск, 2012. С. 13–18.
12. Громаков Ю.А. Технологии определения местоположения абонентов в системах сотовой связи второго и третьего поколений / Ю.А. Громаков, А.В. Поповский // Мобильные системы. 2003. № 12. С. 10–24.
13. Сырямкин В.И., Горбачев С.В. Методы повышения логической прозрачности нейронной сети // Телекоммуникации. М., 2011. № 2. С. 6–10.
14. Сырямкин В.И., Горбачев С.В., Сунцов С.Б. Адаптивные нейросетевые алгоритмы диагностики материалов, оборудования и

радиоэлектронной аппаратуры. Saarbrucken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. 269 с.

15. Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. М., 2005. 256 с.
16. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М., 2006. 1104 с.
17. Рязанцев СВ. Вьвод универсальных формул пересчета параметров дискретных уравнений через коэффициенты аналоговых // Материалы студенческой научной конференции / Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2000. С. 15 - 18.
18. Кудряшов В.С. Адаптивная цифровая система регулирования нестационарных технологических объектов / В.С. Кудряшов, СВ. Рязанцев // Материалы XXXVIII отчетной научной конференции за 1999 год. Часть 2. Воронеж: ВГТА, 2000. С. 150-152.
19. Кудряшов В.С. Выбор метода текущей идентификации моделей объектов при синтезе адаптивной ЦСУ / В.С. Кудряшов, СВ. Рязанцев // Материалы XXXIX отчетной научной конференции за 2000 год. Часть 2. Воронеж: ВГТА, 2001. С. 23;
20. S. Ryazanzev Method selection of the object model current identification // Актуальные проблемы научно-практических исследований и методологий: Материалы научно-практической конферешщи аспирантов и соискателей ВГТА на иностранных языках / Под ред. Е.С Анюшкина; Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2001. С. 20-21.
21. Кудряшов В.С. Синтез цифровой адаптивной комбинированной системы управления / В.С. Кудряшов, В.К. Битюков, СВ. Рязанцев, М.В. Алексеев // Математические методы в технике и технологиях: Сб. трудов XV Межцународ. науч. конф. / Под общ. ред. В.С. Балакирева. Тамбов: Изд-воТамб. гос. техн. ун-та, 2002. С. 174- 175.
22. Рязанцев СВ. Алгоритм текущей идентификации динамических дискретных моделей при синтезе адаптивных цифровых СУ // Математические методы в технике и технологиях: Сб. трудов XV

Межаународ. науч. конф. / Под общ. ред. В.С. Балакирева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. унта, 2002. С. 172 - 174.

23. Битюков В.К. Синтез алгоритмов идеш-ификации дискретных моделей в адаптивных ЦСУ / В.К. Битюков, В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев, СВ. Рязанцев // Материалы XL отчетной научной конференции за 2001 год: В 3 ч. / Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2002. Ч. 2. С. 75-8
24. Кудряшов В.С. Пакет программ синтеза систем цифрового управлении / В.С. Кудряшов, В.К. Битюков, М.В. Алексеев, СВ. Рязанцев // Труды отраслевой конференции по метрологии и автоматизации в нефтехимической и пищевой промьшшенности / Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2002. С. 87-91;
25. Кудряшов В.С. Синтез адаптивной цифровой связанной системы управления двумерным объектом / В.С. Кудряшов, Н.Р. Бобровников, В.IC Битюков, МВ. Алексеев, СВ. Рязанцев, Ю.П Гридин, СВ. Яркин // Приборы и системы. Управлеьше, контроль, диагносшка. 2002. № 12. С. 5 - И .
26. Битюков В.К. Алгоритм синтеза цифровых компенсатсфов многосвязного объекта управления / В.К. Битюков, В.С. Кудряшов, СВ. Рязанцев, М.В. Алексеев // Материалы XLI отчетной научной конференции за 2002 год: В 3 ч. / Воронеж гос. технол. акад. Воронеж, 2003. Ч. 2. С. 42-47;
27. www.gov.uz – Ўзбекистон Республикаси хукумат портали.
28. www.lex.uz–Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.

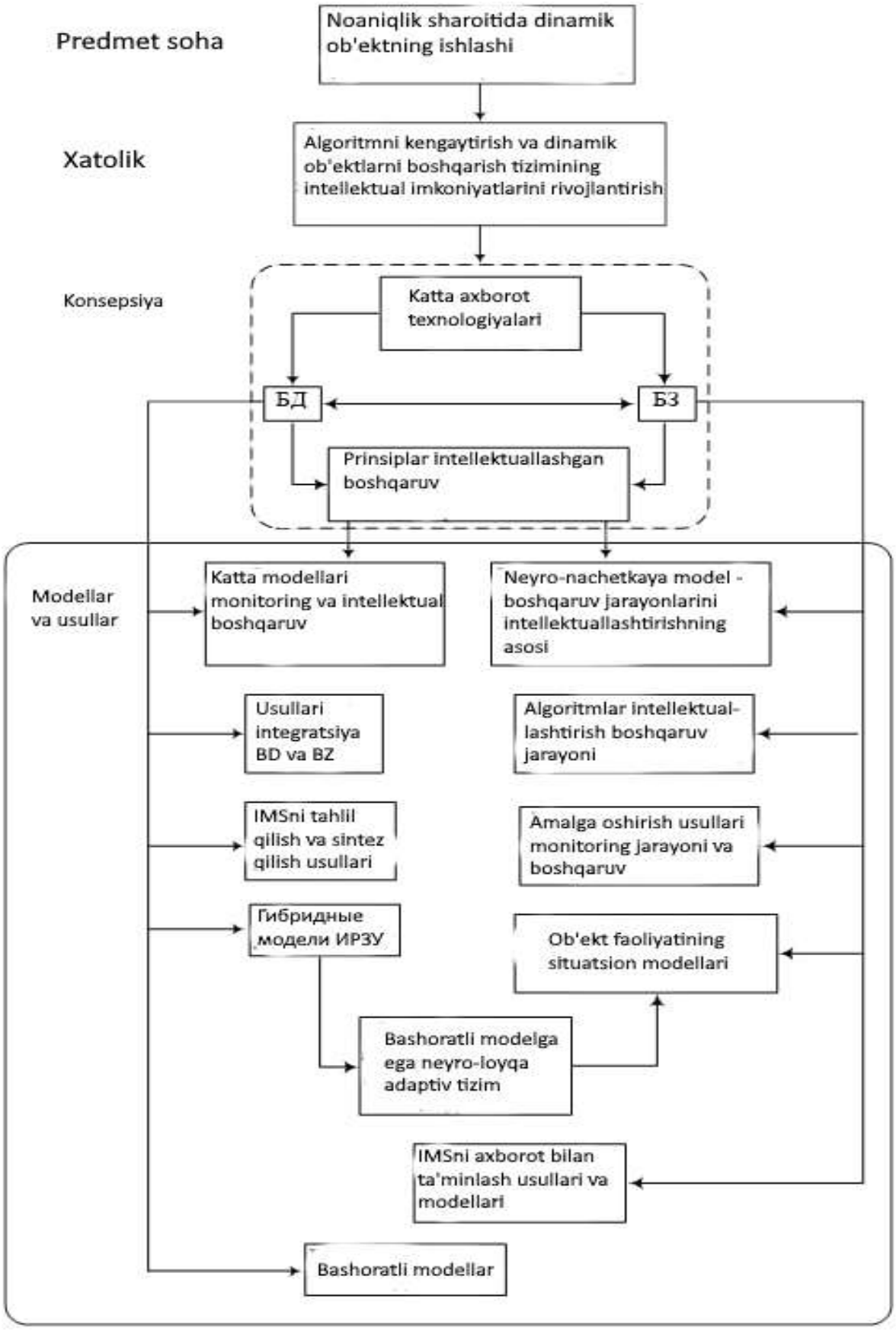
www.ziyonet.uz

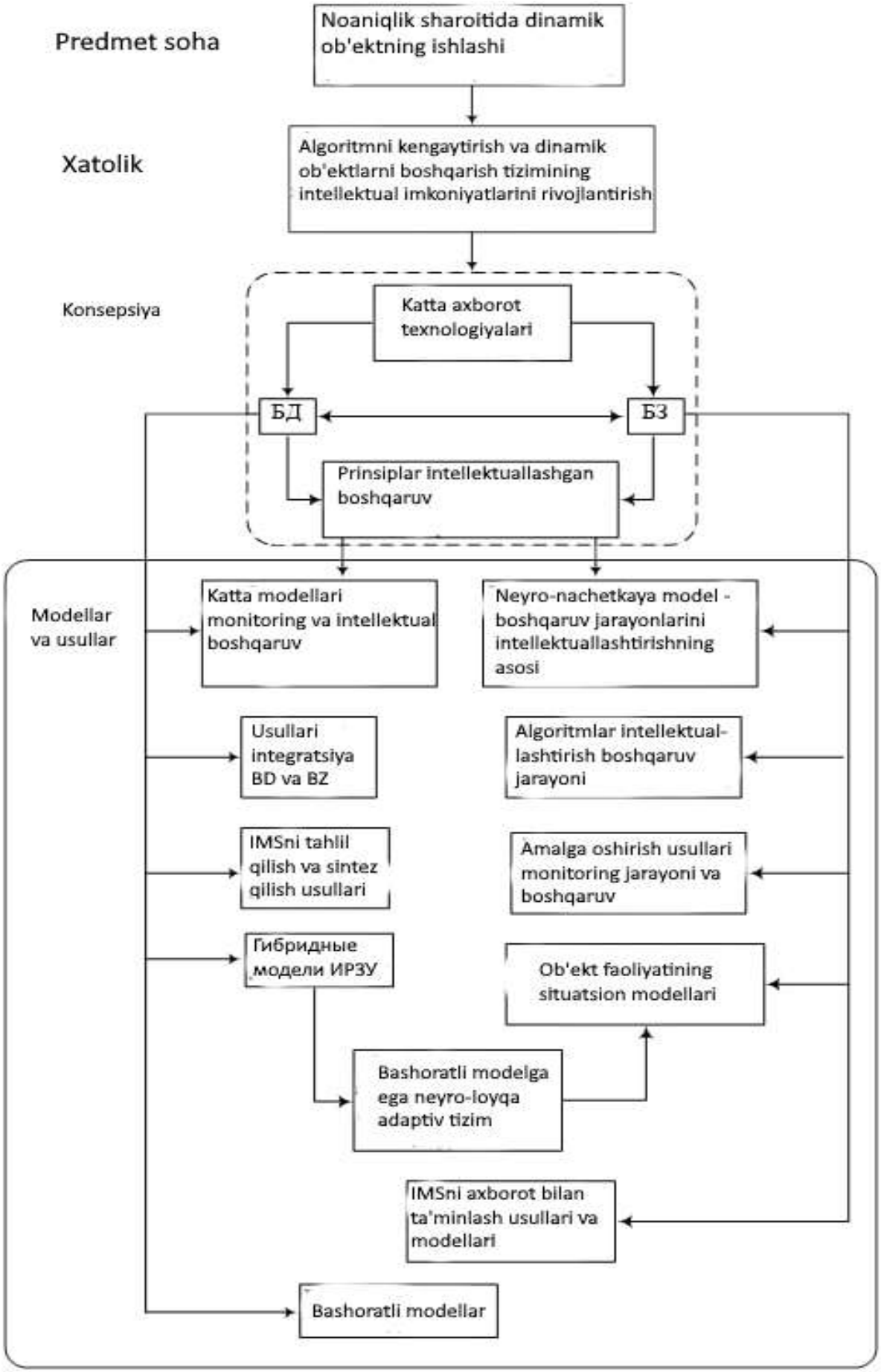
http://www.allbest.ru

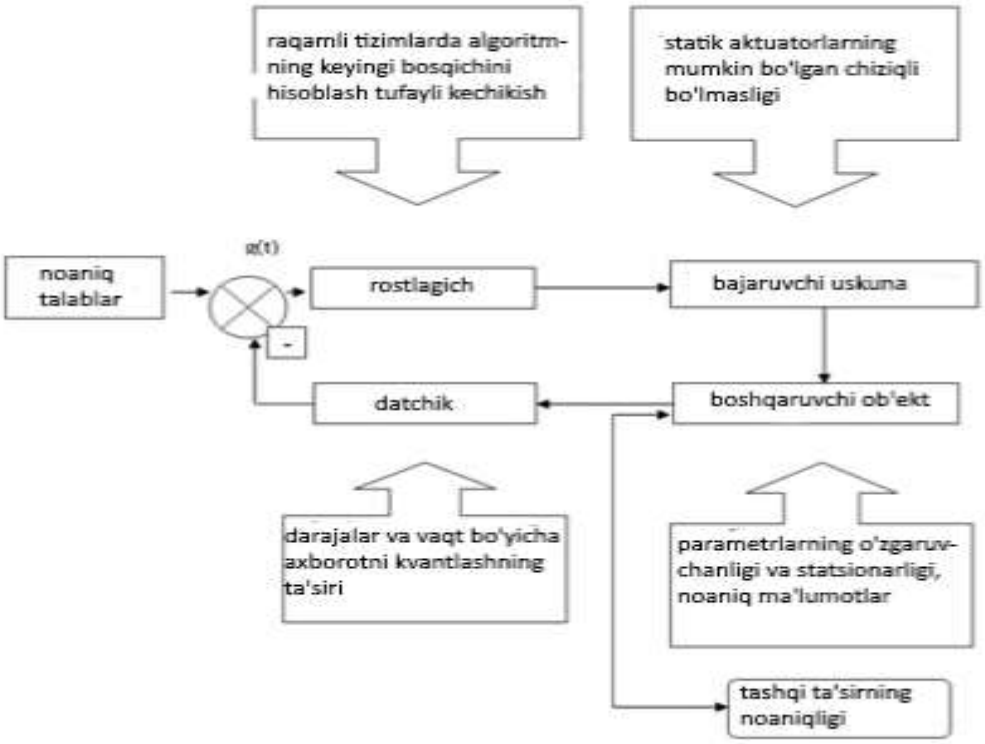
www.knowledge.allbest.ru

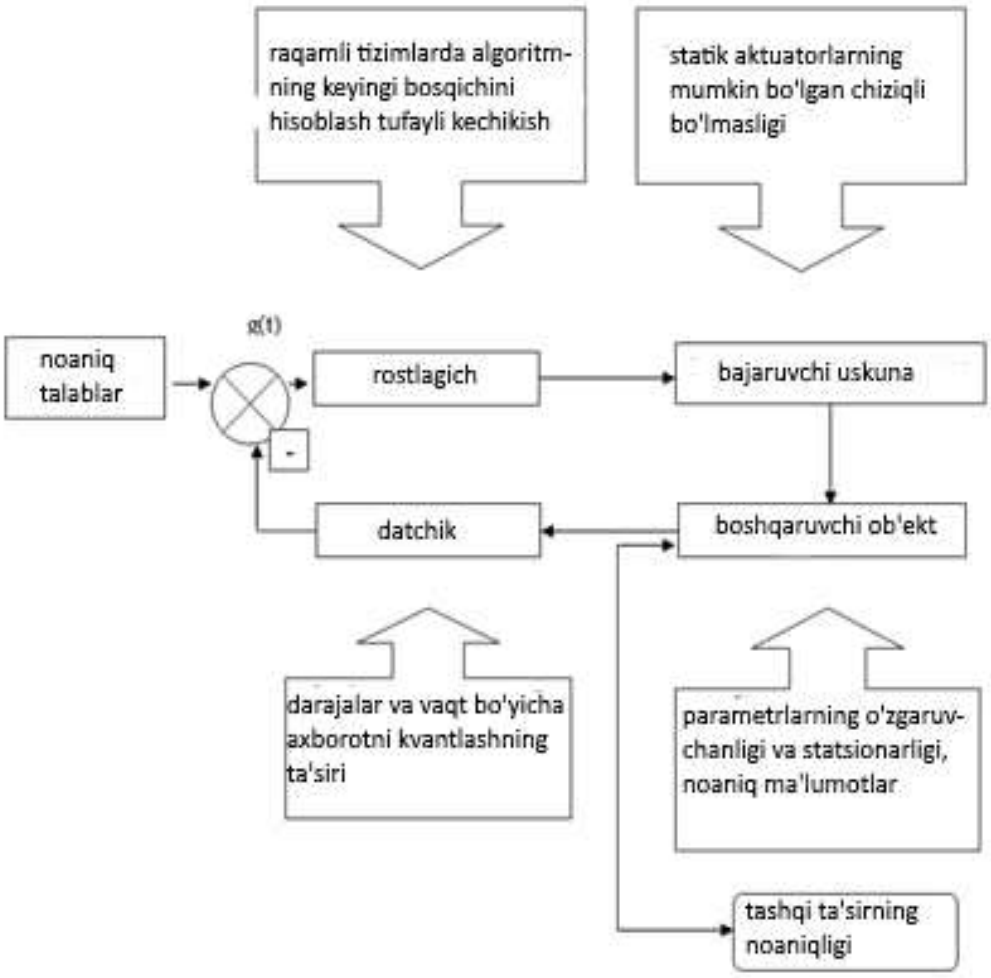
www.e-lib.kemtipp.ru

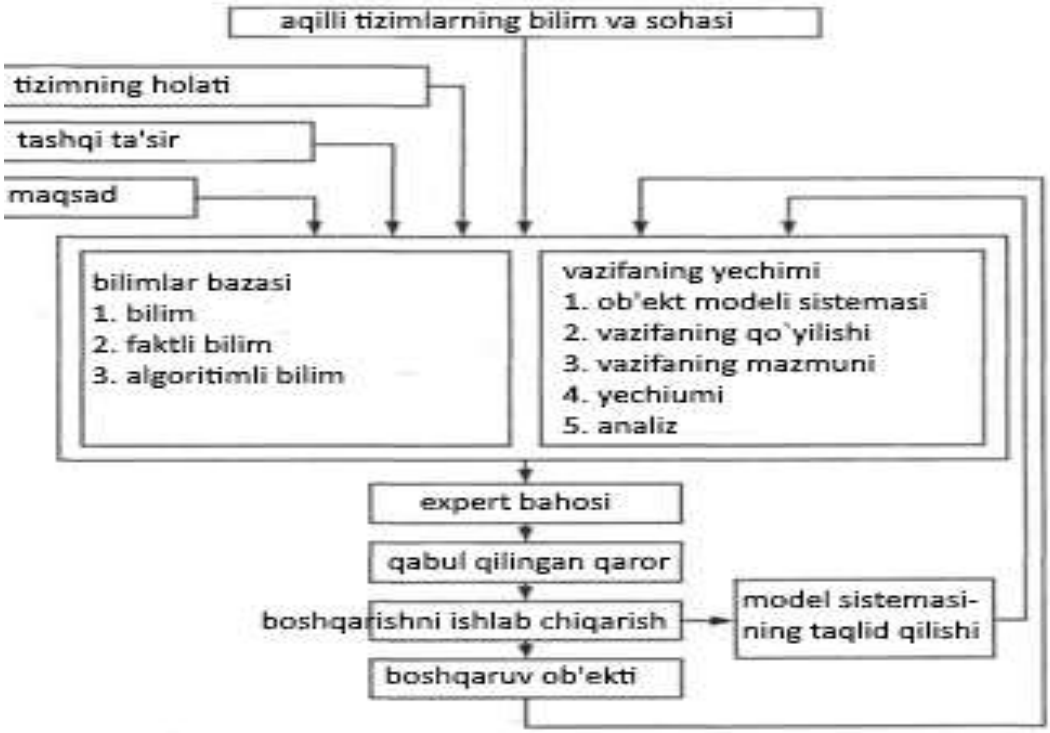
# ILOVA

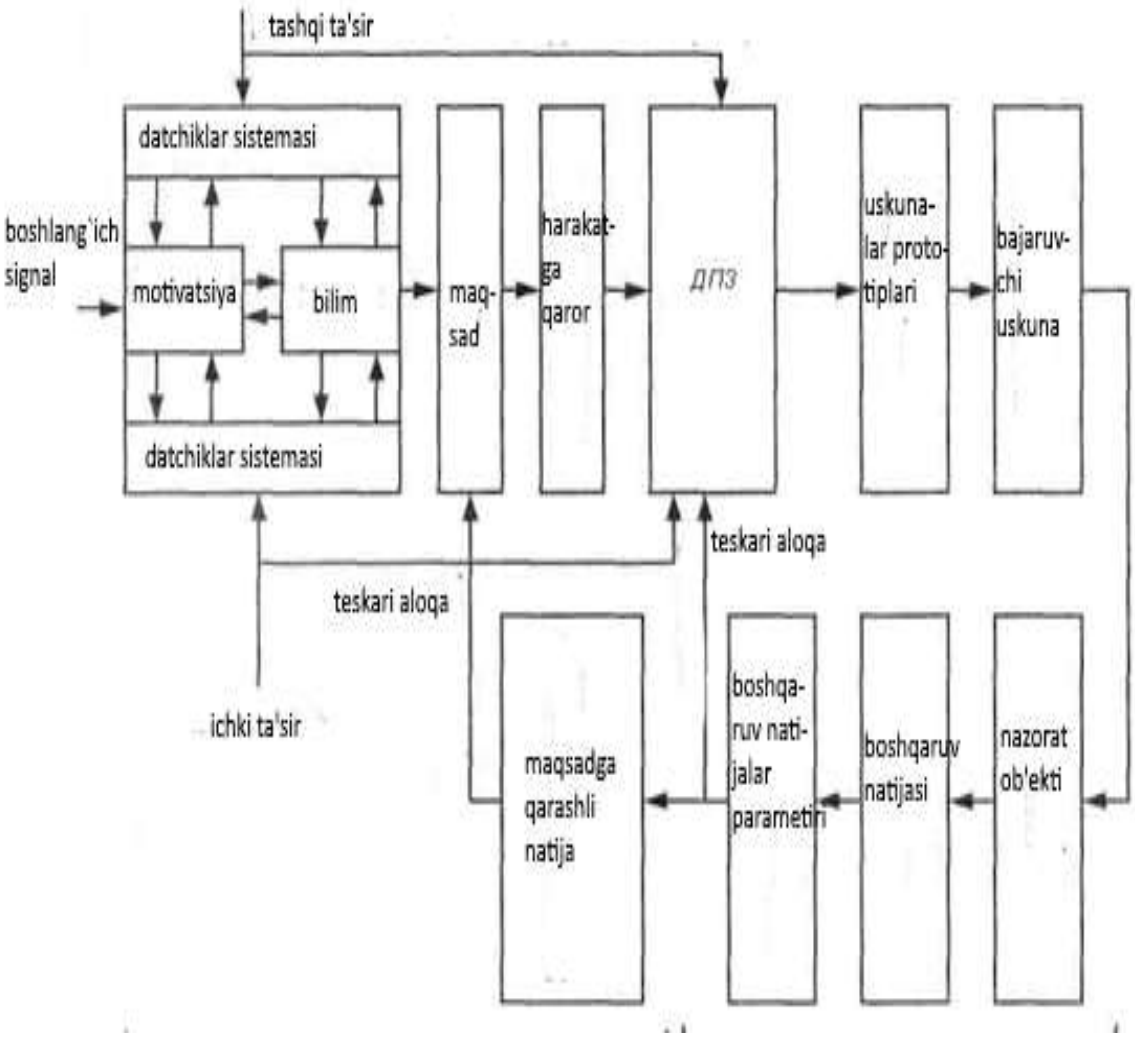

Predmet soha
Noaniqlik sharoitida dinamik ob'ektning ishlashi
Xatolik
Algoritmni kengaytirish va dinamik ob'ektlarni boshqarish tizimining intellektual imkoniyatlarini rivojlantirish
Konsepsiya
Katta axborot texnologiyalari
БД
БЗ
Prinsiplar intellektuallashgan boshqaruv
Modellar va usullar
Katta modellari monitoring va intellektual boshqaruv
Neyro-nachetkaya model - boshqaruv jarayonlarini intellektuallashtirishning asosi
Usullari integratsiya BD va BZ
Algoritmlar intellektual-lashtirish boshqaruv jarayoni
IMSni tahlil qilish va sintez qilish usullari
Amalga oshirish usullari monitoring jarayoni va boshqaruv
Гибридные модели ИРЗУ
Ob'ekt faoliyatining situatsion modellari
Bashoratli modelga ega neyro-loyqa adaptiv tizim
IMSni axborot bilan ta'minlash usullari va modellari
Bashoratli modellar

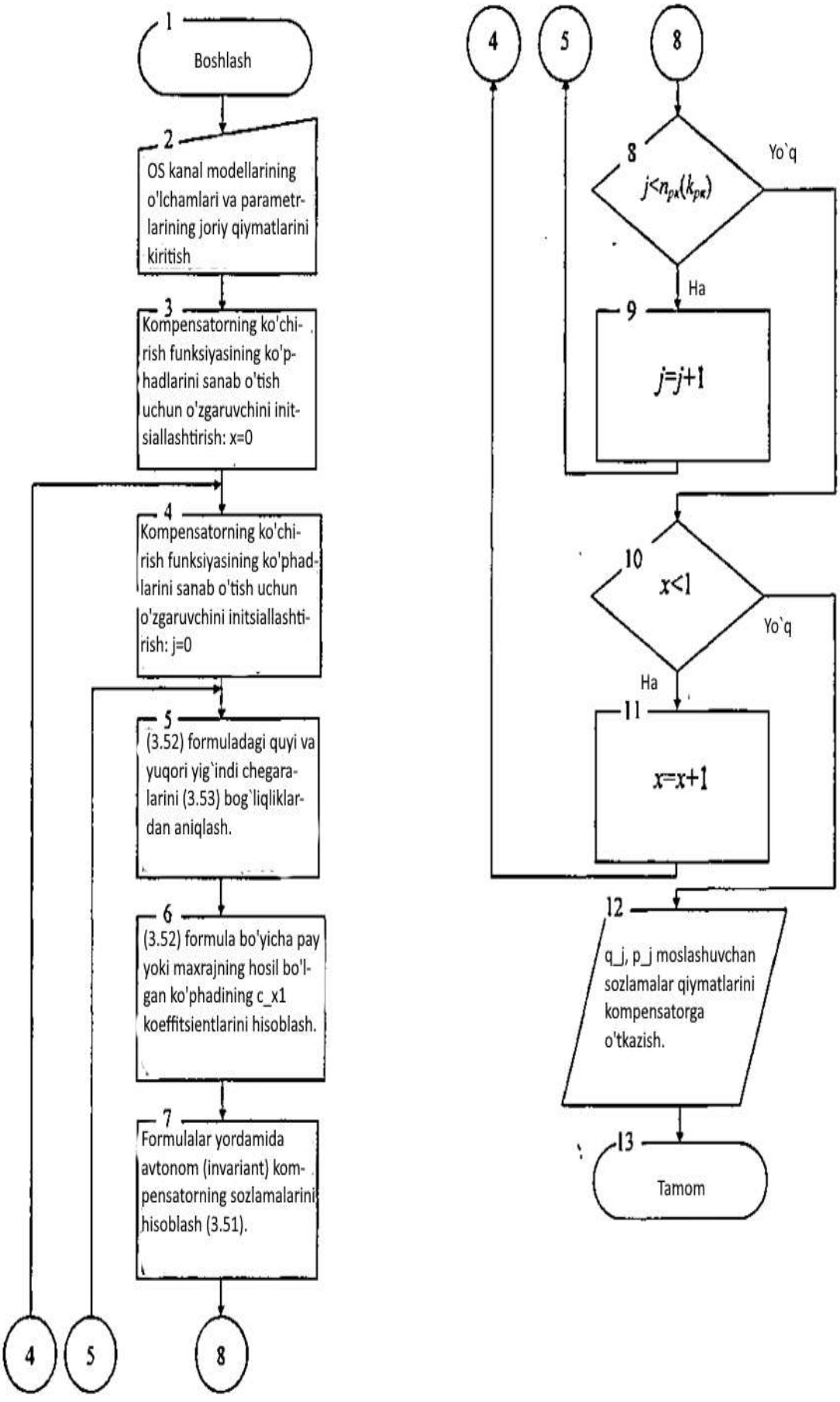

Predmet soha
Noaniqlik sharoitida dinamik ob'ektning ishlashi
Xatolik
Algoritmni kengaytirish va dinamik ob'ektlarni boshqarish tizimining intellektual imkoniyatlarini rivojlantirish
Konsepsiya
Katta axborot texnologiyalari
БД
БЗ
Prinsiplar intellektuallashgan boshqaruv
Modellar va usullar
Katta modellari monitoring va intellektual boshqaruv
Neyro-nachetkaya model - boshqaruv jarayonlarini intellektuallashtirishning asosi
Usullari integratsiya BD va BZ
Algoritmlar intellektual-lashtirish boshqaruv jarayoni
IMSni tahlil qilish va sintez qilish usullari
Amalga oshirish usullari monitoring jarayoni va boshqaruv
Гибридные модели ИРЗУ
Ob'ekt faoliyatining situatsion modellari
Bashoratli modelga ega neyro-loyqa adaptiv tizim
IMSni axborot bilan ta'minlash usullari va modellari
Bashoratli modellar


raqamli tizimlarda algoritm-
ning keyingi bosqichini
hisoblash tufayli kechikish
statik aktuatorlarning
mumkin bo'lgan chiziqli
bo'lmasligi
g(t)
noaniq
talablar
-
rostlagich
bajaruvchi uskuna
datchik
boshqaruvchi ob'ekt
darajalar va vaqt bo'yicha
axborotni kvantlashning
ta'siri
parametrlarning o'zgaruv-
chanligi va statsionarligi,
noaniq ma'lumotlar
tashqi ta'sirning
noaniqligi


raqamli tizimlarda algoritm-
ning keyingi bosqichini
hisoblash tufayli kechikish
statik aktuatorlarning
mumkin bo'lgan chiziqli
bo'lmasligi
g(t)
noaniq
talablar
-
rostlagich
bajaruvchi uskuna
datchik
boshqaruvchi ob'ekt
darajalar va vaqt bo'yicha
axborotni kvantlashning
ta'siri
parametrlarning o'zgaruv-
chanligi va statsionarligi,
noaniq ma'lumotlar
tashqi ta'sirning
noaniqligi


aqilli tizimlarning bilim va sohasi
tizimning holati
tashqi ta'sir
maqsad
bilimlar bazasi
1. bilim
2. faktli bilim
3. algoritimli bilim
vazifaning yechimi
1. ob'ekt modeli sistemasi
2. vazifaning qo`yilishi
3. vazifaning mazmuni
4. yechiumi
5. analiz
expert bahosi
qabul qilingan qaror
boshqarishni ishlab chiqarish
model sistemasi-ning taqlid qilishi
boshqaruv ob'ekti


tashqi ta'sir
datchiklar sistemasi
boshlang'ich signal
motivatsiya
bilim
datchiklar sistemasi
maq-sad
harakat-ga qaror
ДПЗ
uskuna-lar proto-tiplari
bajaruv-chi uskuna
teskari aloqa
teskari aloqa
ichki ta'sir
maqsadga qarashli natija
boshqa-ruv nati-jalar parametri
boshqaruv natijasi
nazorat ob'ekti


1
Boshlash
2
OS kanal modellarining o'lchamlari va parametr-larining joriy qiymatlarini kiritish
3
Kompensatorning ko'chi-rish funksiyasining ko'p-hadlarini sanab o'tish uchun o'zgaruvchini init-siallashtirish: x=0
4
Kompensatorning ko'chi-rish funksiyasining ko'phad-larini sanab o'tish uchun o'zgaruvchini initsiallashti-rish: j=0
5
(3.52) formuladagi quyi va yuqori yig`indi chegara-larini (3.53) bog`liqliklar-dan aniqlash.
6
(3.52) formula bo'yicha pay yoki maxrajning hosil bo'l-gan ko'phadining c_x1 koeffitsientlarini hisoblash.
7
Formulalar yordamida avtonom (invariant) kom-pensatorning sozlamalarini hisoblash (3.51).
4
5
8
8
$j<n_{pk}(k_{pk})$
Yo`q
Ha
9
$j=j+1$
10
$x<1$
Yo`q
Ha
11
$x=x+1$
12
q_j, p_j moslashuvchan sozlamalar qiymatlarini kompensatorga o'tkazish.
13
Tamom

*S.S.Raxmatov, N.H.Musayeva, M.D.Olimova,*
*T.S.Jalolov, A.M.Ahadov*

# NOANIQLIKLAR SHAROITIDA KO'P BOG'LIQLI OB'EKTLARNI ADAPTIV RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMINI TASHKIL ETISH

**MONOGRAFIYA**

*Texnik muharrir:* *G.Samiyeva*
*Musahhih:* *M.Raximov*
*Sahifalovchi:* *M.Arslonov*

Nashriyot litsenziyasi AI № 178. 08.12.2010. Original – maketdan bosishga ruxsat etildi: 23.12.2022. Bichimi 60x84. Kegli 16 shponli. « Palatino Linotype» garn. Ofset bosma usulida. Ofset bosma qog'ozi. Bosma tabog'i 7,25 Adadi 20. Buyurtma № 271.

«Sharq-Buxoro» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro shahar O'zbekiton Mustaqilligi ko'chasi, 70/2 uy.
Tel: 0(365) 222-46-46

Сканировано с CamScanner

ISBN 978-9943-8930-4-7



Сканировано с CamScanner