

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

**Sanoat texnologiyasi fakulteti 5523800-Texnologik jarayonlar va islab chiqarishni
avtomatlashtirish (tarmoqlar bo'yicha) bakalavr**

ta'lim yo'nalishi talabasi **Alixonov Yunus Geldiyevichning**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

**Mavzu: Kimyo – texnologik jarayonlarni adaptiv boshqarish
sistemalari sintezida prognozlash usullarini qo'llash**

Rahbar:

Imzo

katta o'qituvchi R.S. Usmonova

ilmiy unvoni, F.I.SH.

Ishni bajaruvchi:

Imzo

Yu.G. Alixonov

F.I.SH.

«*Ximoyaga ruxsat etildi*»

«*Ximoya uchun DAK ga yuborildi*»

Kafedra mudiri:

_____ **dots. A. R. Mallayev**
Imzo ilmiy unvoni, F.I.SH.

Fakultet dekani v.b.:

_____ **R. Yu. Aliqulov**
Imzo ilmiy unvoni, F.I.SH.

«_____» _____ 2014 y.

«_____» _____ 2014 y.

Qarshi 2014 yil

Мундарижа

Кириш	3
1–боб. Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни тезкор бошқаришда башоратлаш муаммоларининг замонавий ҳолати	7
1.1. Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни автоматик бошқариш ва автоматлаштиришнинг хусусиятлари	7
1.2. Башоратлашнинг мавжуд усулларини қиёсий таҳлили	10
1.3. Чизиқли фильтрация ва башоратлаш масалалари	13
1.4. Башоратли баҳолашнинг сифат мезонлари	18
1.5. Мавзуда ёритилишини лозим бўлган мақсадни асослаш	21
2–боб. Динамик фильтрациялаш процедураси асосидаги башоратлаш усулларини ишлаб чиқиш ва тадқиқоти	22
2.1. Башорат қилинувчи филтрлаш усули	22
2.2. Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни математик моделининг априорли беқарор шароитида квазиоптималли башорат қилинувчи филтрлар синтези	24
2.3. Оператив-диспетчерлик бошқаруви тизимларининг ахборот таъминотини ташкил этиш	29
2.4. Бошқарув ва оператив назорат масаларини ечиш	33
2.5. Оператив-бошқарув автоматлашган тизимларининг ахборот таъминотини ташкил этиш	38
Хулоса	43
Адабиётлар	44

КИРИШ

БМИнинг долзарблиги. Замонавий бошқарув тизими параметрик, аддитив ва мультипликатив характерларнинг ички ва ташқи норозилик таъсирли шароитида ишламоқда. Бошқарувнинг асосий масалаларини қуйидаги бешта синфга бўлиш мумкин: детерминациялашган бошқарув масалалари; масалани баҳолаш; эҳтимоллик бошқарув; тавсифномаларни аниқлаш (идентификация) масалалари, адаптив (мослашувчан) масалалари.

Улар ичида **тасодифий сигналлар** алоҳида ўрин тутиб, оптимал баҳолаш ва детерминлашган бошқарувнинг яқдил қарорлари тасодифий таъсирлар шароитидаги оптимал бошқарув имконини беради. Кўрсатиб ўтилган масалаларни ечишнинг йўллари декомпозициянинг маълум принципида “баҳолаш ва детерминлашган бошқарувнинг кетма–кет бирикмали оптимал тузилмаларида оптимал регулятор (ростловчи)” сифатида таништирилади. Декомпозиция принципи баҳолаш ва бошқарувни танлаб олинган мезонлар бўйича бир–бирида мутсақил равишда оптималлаштиришнинг турли усулларида фойдаланиб оптималлаштириш имконини беради.

Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни бошқаришнинг адаптив тизимини куришда динамик фильтрация процедуралари асосида башоратлаш усулларида қўлланилиш масаласи долзарб ҳисобланади.

Мавзунинг ўрганилиш даражаси. Тасодифий таъсирлар таъсири остида жойлашган объектларни бошқариш оптимал (кулай) тизимлари синтези ҳам баҳолаш масалаларини олдиндан ечишга асосланган.

Динамик тизимларни баҳолаш замонавий назарияси экстрополяция усуллари ва интерполяцияли силлиқлаш (яқинлаштириш) математик атамаларида шаклланади. Барча бу усулларда бошланғич ахборотлар ечимни танлашни аниқлаб бериб, фойдали (детерминлашган ёки тасодифий) сигнал ва тасодифий ҳалақит берувчилардан вужудга келиб қарор (ечим)нинг сифатини пасайишига таъсир этади.

Худди мана шу силлиқлаш (яқинлаштириш, текислаш), интерполяция ва огоҳлантириш масалалари ҳамда уларнинг турли хабарлари оптимал бошқарув назариясида ҳам бошланғич математик формулировкани сақлаган ҳолда қўлланилади.

Конкрет физикавий мазмунни ҳисобга олиб, кўрастиб ўтилган баҳолашнинг муаммоларида башоратлаш (огоҳлантириш), филтрлаш ва интерполяция масалаларидаги сингари маълумдир.

ЭХМ дан бошқарувнинг такомиллашган тизимларини амалга оширишнинг ташкил этувчи техник базаси сифатида фойдаланиш уларнинг фаолият кўрсатишидаги самарали алгоритмларни олишга имкон беради.

Математик моделлар ёрдамида формаллашиш жараёнлари учун уларнинг келажакдаги ҳолатини олдиндан айтиш башорат қилишнинг маълум усуллари асосида амалга оширилади. Бироқ масала, яъни олдиндан айтиш, агарки технологик ажараён кўп босқичли бўлиб, ностациялиар ва эҳтимоллик бўлгандагина сезиларли қийинлашади.

ТЖАБТ (АСУТП) нинг кенг қўламли синфлари таҳлили кимёвий, озик–овқат ва аралаш ишлаб чиқаришларда гувоҳлик беришча, технологик тизимларининг самарадорлигини пасайтириш ёки пировард маҳсулотни ўрнатиш ва сифати ёки ярим маҳсулотларда оператив (қисқа муддатли) башоратлашнинг паст ишончилигидан далолат беради.

БМИнинг объекти ва предмети. *Тадқиқот объекти* бўлиб, аммофосли ўғитлар ишлаб чиқаришнинг мураккаб кимёвий–технологик жараёнлари ҳисобланади. *Тақиқот предмети* – кимёвий–технологик тизимларининг боришини қисқа муддатли тезкор (оператив) башоратлаш жараёнлари.

Тадқиқот усуллари. Ишда олдинга қўйилган масалаларни ечиш учун эҳтимоллар назарияси аппарати, математик статистика, бошқарув назарияси, идентификация ва оптимал статистик баҳолаш назариясидан фойдаланилган.

БМИ мақсади бўлиб кимёвий–технологик жараёнларни бошқариш ва баҳолашнинг адаптив тизимларини куришда динамик филтрлашнинг усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишда иборатдир.

Олдинга қўйилган мақсадга эришишда қуйидаги тадқиқот масалари ечимини топиш зарур:

- кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни оператив бошқариш масалаларида башоратлашнинг назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолатини таҳлили;
- дискретли башорат қилиш филътрини корреляцияли синтези;
- дискретли башорат қилиш филътрининг ахборотли хоссасини таҳлили;
- кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларнинг априорли беқарор математик моделлари шароитида квазиоптимал филътрлар синтези;
- кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимлари математик моделарининг ноаниқлиги;
- объектлар модели параметрларининг априорли ноаниқлик ҳолати учун калман типдаги квазиоптимал башоратлаш филътрининг умумлашма шакллариининг ҳулосаси;
- ишлаб чиқилган алгоритмларни экспериментал (тажрибавий) тадқиқ қилиш;
- кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларининг асосий параметрларини бошқариш ва баҳолашнинг адаптив тизимларини амалга ошириш;
- калман филътрлаш усулида бевосита ўлчаш интерпретациясининг масаларини ечиш.

- **БМИ амалий аҳамияти.** Кетма–кетли динамик филътрлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган бўлиб, улар кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларнинг режимли параметрларини тезкор башоратлаш ҳисобига автоматик ва автоматлашган назорат ва бошқарувнинг самарасини оширади ва зарур бўлмаган рад этишларни бартараф этишдан иборат бўлади. Улар башоратли баҳолаш, умумлашган дисперсиянинг мезонлари бўйича генерация (тўплаш)ни таъминлайди. Квазиоптимал олдиндан айтиш объектнинг охириги (пировард) чизикли моделини билишда априор беқарорлик шароитида бирмунча афзал кўрилади.

Тавсия этилаётган усуллар ва алгоритмлар кимёвий ва аралаш ишлаб чиқаришларда ТЖАБТ (АСУТП) ни яратишдаги харажатларни иммитациялаш мақсадидаги дастурий тузилмаларни қуришнинг модулли принципини амалга оширишда типик математик ва дастурий таъминотга кириш учун асос яратиб беради ҳамда сўнггиларининг фуинкциялиаллигини янада чуқурлаштиради.

БМИ доирасида нефтни бирламчи қайта ишлаш технологик жараёнларини бошқаришнинг адаптив тизимларини амалга ошириш шароитида амалий қўллаш учун ҳисоблаб чиқиладиган процедураларни топишнинг алгоритмлари ва усуллари ишлаб чиқилган. Улар спектрофотометрик ўлчаш апартураларининг аниқлигини ошириш масалаларини ечишда ҳамма самаралидир.

БМИнинг натижаларидан олий таълимда ўқув жараёнларида кенг фойдланиш мумкин.

БМИ иши кириш, 2 та боб, ҳаёт фаолияти хавфсизлиги, техник-иқтисодий ҳисоб, атроф-муҳит муҳофазаси, ҳулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат.

Биринчи боб таҳлилий хусусиятга эга бўлиб, унда кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни тезкор бошқарув масаларида башоратлаш муаммоларининг назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати таҳлил этиб берилган. Объектларнинг ажратилган синфларини автоматик ва автоматлашган бошқаришнинг асосий хусусиятлари акс эттирилган.

Танқидий нуқтаи–назардан башоратлашнинг амалдаги усуларининг қиёсий таҳлиллари бажарилган. Башоратли баҳолаш сифатини ошириш усуллари кўриб чиқилган. Корректив кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни бошқариш ва адаптив ўлчашнинг тизимларини амалга ошириш масалалари талқин қилинган. Тадқиқот ишининг асосий масаласининг мазмуний ҳолати берилиб, асосий мақсадига аниқлик киритилган ва асосланганлиги етарли бажарилган.

Иккинчи бобда кетма–кет динамик филътрлаш процедураси асосида башоратлаш усулларини ишлаб чиқиш масалалари келтирилган. Дискретли башоратлаш филътрациясининг корреляцияли синтези ва сўнггисининг ахборот хоссалари тадқиқоти берилган. Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларнинг априор беқарор математик моделлари шароитида квазиоптимал башораланувчи филътрлаш синтезланган.

1–БОБ. КИМЁВИЙ–ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА ТИЗИМЛАРНИ ТЕЗКОР БОШҚАРИШДА БАШОРАТЛАШ МУАММОЛАРИНИНГ ЗАМОНАВИЙ ҲОЛАТИ

1.1. Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни автоматик бошқариш ва автоматлаштиришнинг хусусиятлари

Сўнгги ўн йилликларда ишлаб чиқаришнинг ривожланиши маҳсулотларнинг мураккаблиги ва номенклатураси оша бориб, алоҳида участкаларнинг қувватлари ўсди, технологик жараёнлар интенсивлашиб, участкалар, цехлар ва корхоналар ўртасидаги ўзаро алоқалар қийинлашиб боришида кўзатилмоқда.

Ҳар қандай ишлаб чиқаришни самарали фаолият кўрсатишида нафақат такомиллашган технологияларга, балки бошқарув тизимининг тўхтовсиз яхшиланиб боришига ҳам эга бўлиш зарур. Замонавий ҳисоблаш машиналари ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва БАТ (АСУ) ни ишлаб чиқиш шароитида бошқарув ва моделлаштиришнинг универсал усулларига, масалалар синфларини кенгайтириш ва ишлаб чиқаришни ТЖАБТ (АСУТП) да ҳал этишга томон ўтилаяпти.

Кимёвий–технологик жараёнлар кўп босқичлилиги, катта миқдордаги ўзаро боғлиқ параметрлари, муҳитнинг агрессивлиги ва технологик режимларга турли таъсирлар, объект бошқарувининг мураккаб динамик ҳолати билан изоҳланади.

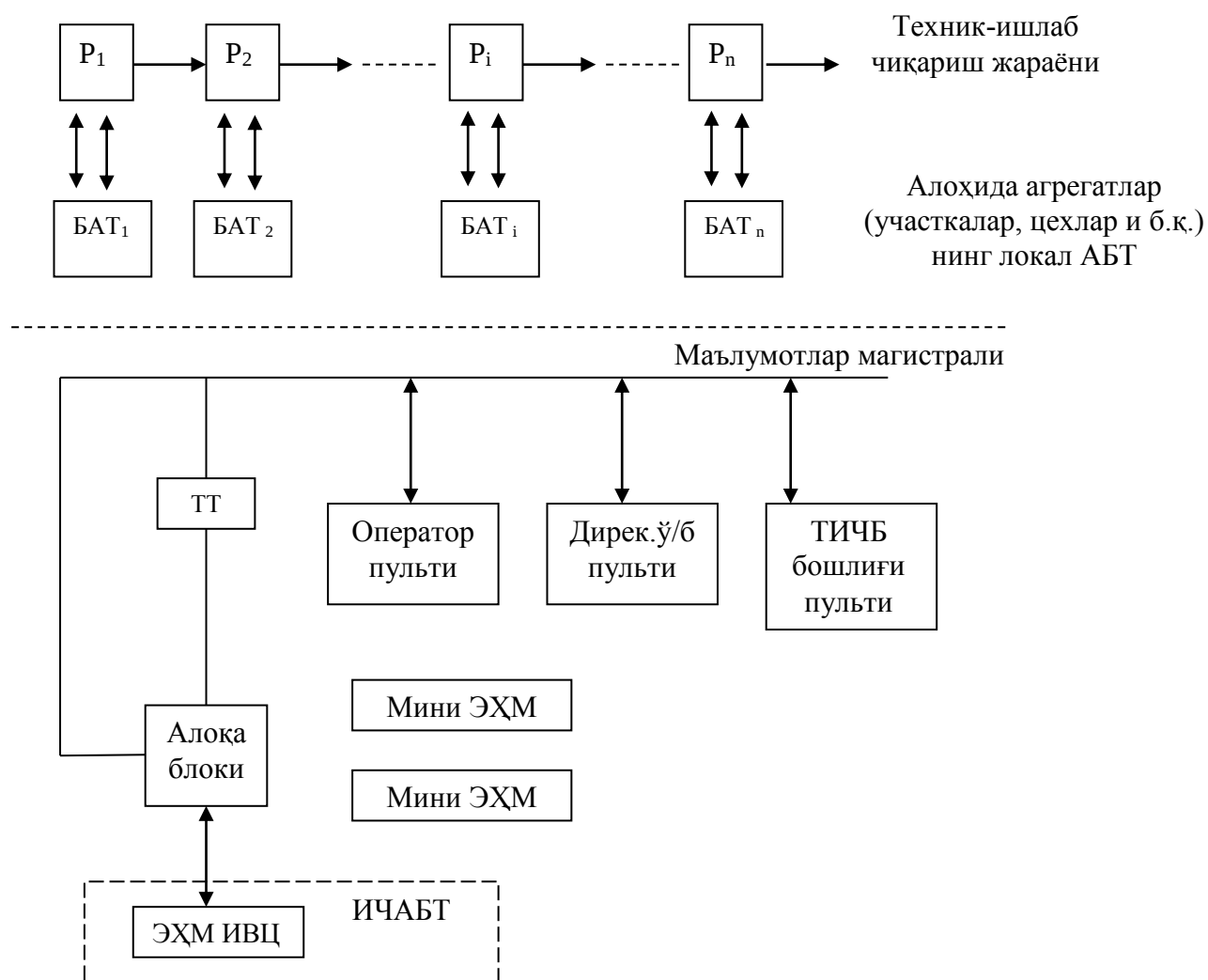
Кимёвий ишлаб чиқаришни юқори иқтисодий самарадорликда бошқарилишини таъминлаш мақсадида БАТ (АСУ) билан ТЖАБТ (АСУТП)ни бошқариш ташкилий–технологик типининг ягона интеграциялашган тизими (БТТТ ЯИТ)га бирлашиб кетиши содир бўлмоқда. БАТ (АСУ ОТ) ёрдамида кимёвий–технологик корхоналарни бошқаришнинг умумий иерархиясида, функциялиал, ахборот, дастурий–техник ва ташкилий интеграцияли вазибаларни бажариб тезкор–диспетчерлик бошқарувининг автоматлашган тизими (ТДБАТ) муҳим бўғин бўлиб ҳисобланади. Айнан, ТДБАТ мураккаб кимёвий–технологик жараёнлар (КТЖ)нинг тезкор бошқарувини таъминлаб, юқори технологик бошқарувни ҳал этади, қарорлар қабул қилувчи шахс (ҚҚШ) башоратланган ахборотга асосланиб таъсирэтувчи бошқарувни самарали амалга ошириш имконига эга бўлади.

Кимёвий ишлаб чиқаришнинг ТДБАТ ни йириклаштирилган тузилмаси расм–1.1.да келтирилган. Ушбу мажмуа иккита мини ЭҲМ дан ва битта телемеханик тизим (ТМТ) дан ҳамда ҳар бир агрегатни бошқарувчи автоматик боқариш (БАБ)нинг локал тизимидан иборат бўлиб, ЭҲМ лар ўртасидаги ахборот лмашмнувини амалга оширувчи ТМТ комплекс апаратуралари ва терминаллари йўққа чиқарадиган алоқа канали (маълумотлар магистрали) қўлланилади. Шундай қилиб, мавжуд ТДБАТ тақсимланган ахборот тизимини акс эттиради. Унда ахборот рақамли шаклда айланиб туради.

Тизим тезкор назорат, ҳисоблаш, башорат қилиш ва бошқарув масалаларини ҳал этиб, таъсир этувчилар ўртасидаги ўртача оралик масоқа режали даврникидан кам бўлади.

Масаларнинг бошқа синфи ишлаб чиқаришнинг техник–иқтисодий кўрсаткичлари (ТИК) ҳисоб–китоби, ускуналар ишининг ҳисоби, жорий ишлаб чиқариш қувватлари б.к. ҳисоб–китоблар масалаларини ташкил қилади. Бу масалаларни ечишдаги ахборотлар бевосита датчиклардан етказиб турилади. Кўрсаткичларни олиш ва уларни кейинги қайта ишланиши реал вақт миқёси (масштаби)да бажарилади.

Тизимнинг математик таъминоти алгоритмлар мажмуаси ва филтрлаш дастурини, чиқувчи сигналлар датчигининг реал вақтдаги жорий баҳоловчи параметрларининг қийматларини ва агрегатлашган ҳамда интеграциялашган сарфларнинг жорий қийматларининг сарф–параметрлари мавжуд қийматларини ҳисоблашнинг ҳақиқийлигини ва уларнинг кейинги қадамни башоратлашни ўз ичига олади.



Расм–1.1 Тезкор–диспетчерлик бошқарувининг автоматлашган тизимининг умумлашма тузилмаси.

Хизмат кўрсатувчи дастурий таъминот пульт диспетчери экранидаги зарур маълумотларни тезкор акс эттиришни таъминлаб кириш—чиқиш ҳамда технологик жараёнларнинг режимли параметрларини корретитировка қилиш (тузатиш)ни амалга оширади.

Кимёвий—технологик жараёнлар (КТЖ) ва кимёвий—технологик тизимлар (КТТ)ни мавжуд бошқариш тизимлари тезкор башоратлаш масалаларини ўта кучсиз тадбиқ этади ёки умуман йўқ бўлади.

Айрим ҳолларда, башорат бажарилганда уни оператор—диспетчер ўз шахсий тажрибаси ва ички сезгиси (интуицияси)га асосланиб амалга оширади ва бу қарор бошқарув қарорлари ичида ҳар доим ҳам тўғрилиги таъминланавермайди.

Худда шу вақтда ТДБАТ да ҳисоблаш техникасининг қўлланилишида бошқарув самарадорлигини оширувчи замонавий математик процедураларнинг амалга оширилиши таъминланади.

Умуман олганда ТДБАТ ўзида одам—машина тизимини акс эттириб, ҳозирги замон бошқаруви ўлчаш ва ҳисоблаш техникасининг воситаларидан ташқари яна бошқарувнинг вена тизими бўлган инсонни ҳам қамраб олади.

Бундай тизимларда жараён ишлаб чиқариш жараёнларини тезкор бошқариш оптимал (танланган мезонлар маъносида яхшироқ)лиги ўзаро ўйғунликдаги қуйидаги ўзвий боғланган босқичларни намоён этади [1, 2]:

- бошқарилаётган жараённинг жорий ҳолати тўғрисидаги ахборотларни таҳлил ва синтез қилиш;
- одам—оператор томонидан бошқарув қарорларининг қабул қилиниши;
- қабул қилинган қарорни бажариш назорати ва яна ҳосил бўлган ишлаб чиқариш вазиятларининг таҳлили;

Иккинчи босқич кичик босқичларга бўлиниб кетади:

- қарорлар (бошқарувчи таъсирлар)нинг вариантлари генерацияси;
- қарорларнинг ҳар бир варианты оқибатларини башоратлаш;
- танланган мезонлар маъносида ҳар бир вариантнинг самарадорлигини баҳолаш;
- қарорларнинг бирмунча самарали вариантларини танлаш.

Автоматлаштирилган тизимларда умумий алгоритмларни оптимал ёки оптималга яқин (тизимнинг хатоликларини ҳисобга олган ҳолда) бошқарув таъсирларини башоратлаш масаларининг ечимларисиз тавсия этиш мумкин бўлмайди.

Ҳар қандай ишлаб чиқариш жараёнига дестабил (номуқим) омиллар таъсир кўрсатади ва улар қуйидагилар:

- ўлчов приборларининг хатоликлари ва технологик жиҳозлар ва агрегатларшидаги оғишлар;
- ишлаб чиқаришдаги яроқсизлик (брак)лар, ҳисоб ва назоратда хатолар;
- ускуналарнинг ишдан чиқиши;
- хом ашёлар, материаллар, ярим тайёр маҳсулотлар, бутловчи буюмлар ва б.қ. етказиб берилишидаги бузилишлар;
- маҳсулот ишлаб чиқаришдаги тезкор режаларнинг кўзда тутилмаган ўзгаришлари;
- ҳалокатлар турли хил ташкилий—техникавий носозликлар. Юқорида келтирилган омилларнинг ўйғунлашган ҳаракати ишлаб чиқариш тўғрисидаги ахборотларнинг катта қисми эҳтимоллик ва ишлаб чиқаришни бошқариш беқарор характердалигини касб этиб тўлиғинча стохастик (эҳтимолли) бўлади.

Стохастик жараёнлар детерминлашганларидан фарқли равишда, статистик (эҳтимоллик) моделларида тасвирланади. Кириш сигналлари ва жараённинг динамик хоссасининг статистик хусусиятлари маълум бўлса, бошқарув жараён и статистик маънода етарли даражада барқарор бўлади.

Амалиётда кириш сигналлари ва жараённинг динамик хоссалари ҳақидаги статистик ахборотлар кўпинча кириш сигналининг аниқлигини белгилаш учун етарли бўлмайди. Бу ҳолда ушбу БМИда ёритилган кимёвий—технологик жараёнлар ва тизимлари статистик

беқарорликда ўзига хос бўлади.

Натижада КТЖ ва КТТ нинг куйи даражалари бошқаруви тизимлари учун технологик жараёнларни автоматик бошқариш тизими ТЖАБТ (АСУТП) ҳам ташқи таъсирлар, ҳам ички халақит қилувчилар тизимнинг алоҳида бўғинларида амалда тақсимот қонунини аниқ тақлиф қила олмайдилар. Шу билан бирга бошқарув сифатининг статистик мезонлари (аввало–аниқлик мезони) эҳтимоллик тавсифларининг ҳисобининг тўлиқ юритилишини зарурлигига, жараённинг ҳолати параметрларини ҳамда бошқарув тизимнинг мавжуд барча номувофиклик параметрлари олиб келади.

Стохастик жараённинг математик моделининг умуми кўринишида башорат объекти ҳисобланиб, куйидаги кўринишда ёзилади

$$y = f(\bar{a}, \bar{x}) + \varphi(\bar{b}, \bar{x})\eta, \quad (1.1)$$

бу ерда, $f(\bar{a}, \bar{x})$ ва $\varphi(\bar{b}, \bar{x})$ – айрим детерминлашган функциялар;

$\bar{x}$ – айрим маълум параметрлар вектори, уларни ташкил этувчилардан бири вақт t ;

y – башоарт қилнувчи катталиқ;

$\bar{a}, \bar{b}$ – номаълум параметрлар вектори, аниқланишга тегишли бўлган;

η – нуллик математик эҳтимолликнинг таосдифий жараёни («оқ шовқин» бўлиши мумкин).

Бироқ ЭХМ нинг рақамли тизимларидаги узлуксиз жараёнлари дискретлашининг оқибати бошқарув контурида узлуксиз шаклда (1.1) умуман ноқулайдир. Амалий иловаларда дискрет стохастик жараён шакли бирмунча кўпроқ қўлланилади:

$$y_{i+1} = A_{i+1,i} \cdot Y_i + \eta_i, \quad (1.2)$$

бу ерда $A_{i+1,i}$ – ўтиш матрицаси, жараёнинг динамик хоссасини изоҳлайди;

η_i – аддитив халақит қилувчи.

Қисман бундай стохастик жараёнлар масаласининг амалий ечими экстрополяцияси муваффақияти Y_i жараёни фойдали компонентлари ва шовқин («сигнал–шовқин»)нинг мутаносиблигига боғлиқ.

Мураккаб кўп босқичли КТЖ ларни бошқаришга оид масаланинг умумий қўйилишини ҳосил қилсак, расм–1.2 даги келтирилган бошқарувнинг соддалштирилган тузилмавий схемасини кўриб чиқиш мумкин бўлади.

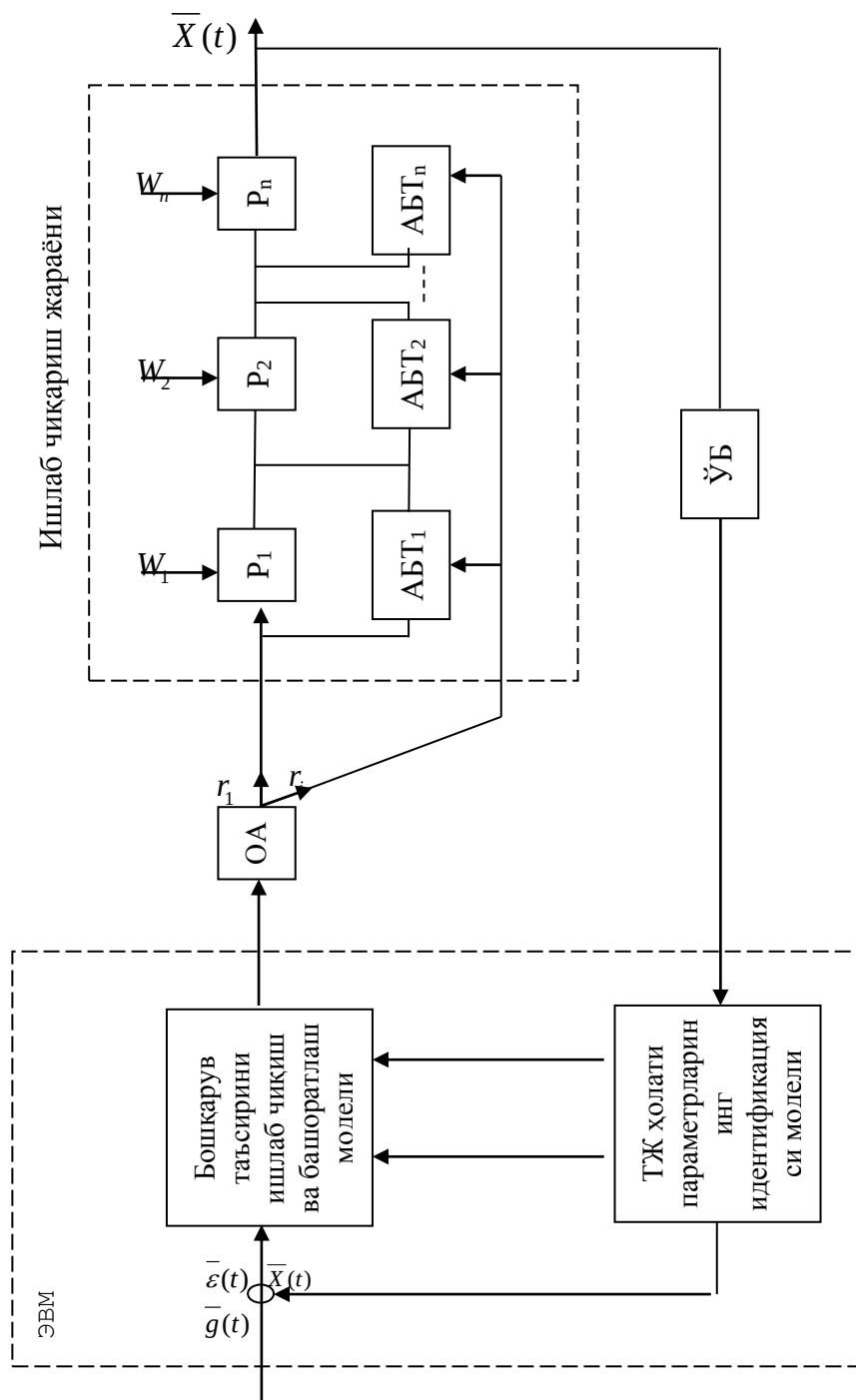
Бу ерда $P_1 - P_n$ – КТЖ босқичлари;

АБЛТ₁ – АБЛТ_n – автоматик бошқарувнинг локал тизимлари;

ЎБ – ўлчаш блоки ва КТЖ параметрлари назорати;

ОАҚ – ЭХМ нинг объектлар билан алоқа қурилмалари;

$W_1 - W_2$ – ташқи номувофикликлар.



Расм-1.2. Мураккаб технологик жараён (ТЖ)ларни бошқаришнинг соддаштирилган тўзилмаси.

ЭХМ га юкланган алгоритмлар ва дастурлар, берилган ўлчамлар бўйича технологик жараённинг фактик ҳолатининг вақтнинг дескрет моментидида етказилишидаги идентификацияси умумий ҳолдаги масаласини ечиб бериб, уни берилганлари билан таққослаб, бошқарилувчи таъсир остида хатоликларини топиш асосида бажаради.

Умумий ҳолатда самарали бошқрувни таъминлаш бошқарувдаги хатолар $\bar{\varepsilon}(t)$ ни турли хилдаги бошқарилувчи таъсирлар шароитида топишни ўз ичига олади:

$$\eta_n \in R, \quad i = \overline{1, m}. \quad (1.3)$$

Ҳар бир бошқарилувчи таъсирнинг амалага оширилиши $\bar{\eta}_i = \{\eta_i^1, \dots, \eta_i^m\}$ муайян турдаги ресурсларнинг сарф-харажатлари $\bar{C}_i = \{C_i^1, \dots, C_i^m\}$ (моддий, вақтли, меҳнат ва б.к.) билан боғлиқ бўлиб, айримларига чекловлар қуйидаги кўринишида бўлади:

$$\sum_{j=1}^n C^j \leq C^o, \quad (1.4)$$

бу ерда, C^o – ресурслар бошланғиқ катталиги, бошқарилувчи таъсирларни амалга оширишга ажратилдиган.

Бошқарув хатолигининг вектори (вектор рассогласования) тенг:

$$\bar{\varepsilon}(t) = \bar{g}(t) - \bar{x}(t), \quad (1.5)$$

где бу ерда $\bar{g}(t)$ – жараён идеал ҳолатининг вектори (мақсад вектори);

$\bar{x}(t)$ – жараён фактик (ҳақиқий) ҳолатининг вектори.

Функциялиал кўринишнинг кўриб чиқамиз:

$$Q[\bar{\varepsilon}(t)] = Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = F(\bar{\eta}_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (1.6)$$

бу ерда Q – функциялиални белгиловчи функция.

У ҳолда бошқарувнинг мақсади шундай бошқарув $\bar{\eta}_i$ ни топишдан иборатки, у функциялиал хатоларининг минимал қиймати $\bar{\varepsilon}(t)$ ни (1.3), (1.4) да берилган чекловлар шоритида таъминлайди, яъни.

$$\min Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = \min Q[\bar{\varepsilon}(t)]. \quad (1.7)$$

Бошқарув хатолигининг вектори қанчалик кичик бўлса, бошқарув самаралироқ бўлади (1.7).

Равшан бўлдики, мураккаб стохастик жараёнларни бошқаришда оператив башоратлашдан фойдаланиш, КТЖ ва КТТ ни кўриб чиқилишида намоён бўлувчи, берилган қийматларнинг режимли параметрларидан ихтиёрсиз оғишни тезкор баратараф этиб, бошқарувни “олдинга” силжитади ва функциялиалнинг аҳамиятини сезиларли равишда камайтиради (1.7).

Айнан бошқариладиган жараённинг жорий ҳолатини тезкор башорат қилиш бирмунча яхши (оптималь) бошқариш тактикасини танлашга ёрдам бериб, маҳсулот сифати ва ишлаб чиқариш ҳажмининг оширилишини таъминлайди.

1.2. Башоратлашнинг мавжуд усуллари қиёсий таҳлили.

Ҳозирги вақтда ватанимиз ва хориж адабиётларида башоратлаш муаммоларининг турли аспектларига кўпгина микдордаги ишлар бағишланган. Э. Янч маълумотларига кўра, масалан, хорижий амалиётда башоратлашнинг юздан ортиқ усуллари санаб ўтилган.

Жумладан, стациялиар тасодикий жараёнларнинг тавсифини башоарт қилиш назарияси А.Н.Колмогорова [3], Н.Винер [4], В.С.Пугачёв [5] ва б.к. нинг ишларида кенг кўриб чиқилган. Нотациялиар тасодикий жараёнларни башоратлаш масаларига бағишланган ишлар [5] ҳам маълумдир. А. Г. Ивахненко ва В. Г. Лапанинг илмий ишларида асосий эътибор башоратлаш масалаларини ечиш учун зарур бўладиган образларни таниб олишнинг кибернетик тизимларидан фойдаланишга қаратилган. Башоратлашнинг мавжуд математик усуллари тақомиллаштиришга бағишланган ишлар ҳам бор. Бунга, авваломбор Р. Браун

[8]нинг монографиясини киритиш мумкин бўлиб, унда экспоненциал силлиқлаш (яқинлаштириш, текислаш) масалалари кўриб чиқилган.

Сўнгги пайтларда бир қатор ишлар [6] яратилган бўлиб, улар фан–техника тараққиётини башоратлаш масалаларига бағишланган.

Башоратлаш усулларини тизимлаштириш ва баҳолаш муаммолари марказий аҳамият касб этиб, башоратлашнинг аниқ усулини қўллашнинг амалий тависьяномаси учун қиёсий таҳлил зарур этиб келтирилади ва унинг самараси ўлароқ асосий муаммо масаларни ечиш усулларининг таснифига бориб тақалади

Усулларнинг ҳар гуруҳига асосланувчи билимлар тизимининг хусусиятларини ҳисобга олиб, башоратлашнинг аниқ усулларини таснифлаш қуйидаги тартибда: эксперт баҳолаш усуллари; мантикий моделлаштириш усуллари; математик усуллар (экстраполяция, иқтисодий–математик моделлаштириш) ва норматив усул кабиларда йириклаштирилган ҳолда олингандир.

Шунга кўра, бу тансифлар билан биргаликда башоратлашнинг усуларини қуйидаги учта асосий гуруҳини ажратиш мумкин бўлади:

- экстраполяция;
- экспертлар сўрови (эксперт баҳолаш);
- математик моделлаштириш.

Экстраполяция усулининг моҳияти унинг фандаги ва техника соҳаларида вақтнинг маълум бўлагида башорат босқичларида вужудга келган қонуниятларини тарқалишидан иборат бўлади. Демак, экстраполяцияли башоратнинг динамик масаласи деб аталувчиси шундан иборатки, ретроспектив динамик қатор объектнинг ҳолатини намоён этиб, келажакка ҳудди шундай қонунда ўтган замонда каби олиб ўтилади. Ундан фарқли равишда экстраполяцияли башоратнинг статик масаласи башоратланаётган объектнинг вақт омилига нисбатан ўзгариши мумкинлигини кўриб чиқади.

Экстраполяцияли башорат усуллари илмий адабаиётларда [7] ва б.к. ишларда кенг ёритилган. Экстраполяцияли башоратнинг ўта муҳим масалаларидан бири бўлиб башоратланаётган асосий белги–аломатлари ва аниқловчи омилларини танлашдан иборат. Динамик топшириқлар доирасидаги масала, бош белгининг аниқловчи омиллари (корреляцияли таҳлил) билан статистик алоқларга эгаллиги масаласи билан алмашинади.

Экстраполяция усулининг қизиқарли модификацияларига эгри чизикнинг эгилиши ва экспоненциал силлиқлаш (яқинлаштириш) бўйича башоратлаш [8] даги кўриб ўтилган усулларда башорат тадқиқотлари циклидаги асосий ҳисоблаш усуллари билан боғлиқ ҳолда, «иқтисодий башорат» [9] деган умумий номда машҳур бўлган эди. Экстраполяция табиий бошқарилмайдиган жараёнларни башорат қилиш учун ишончли усул бўлади ва бўлиб қолаверади.

Мутахассисга мазкўр тадқиқ этилаётган объектнинг ривожланишига тегишли жараёнлар ёки ҳодисалар нинг эксперт баҳоланиш усули тўғрисидаги саволлар берилади. Башорат ҳақидаги муҳокама экспертларининг жавобларига мувофиқ келувчи ишланмалардан кейин ҳосил бўлади. Эксперт баҳолаш усули доирасида башоратлашнинг башорат қилишнинг статик ва динамик масалалари белгилаб олинади.

Улардан биринчисида объектнинг вақтга боғлиқ бўлмаган жараёнлари ва ҳодисаларига хос микдорий ёки сифат ўзгаришлари тўғрисидаги масалалар ҳал этилади. Иккинчи топшириқ ҳодиса содир бўлишининг вақт бўйича интервалларини аниқлаш учун мўлжалланган.

Математик моделлаштириш усули келажакдаги ҳодисаларнинг ривожланиш жараёнларини мақсадга мувофиқ абстрагирлашиши (тезлашиши)га асосланади. Моделнинг қуйидаги турларга фарқланади: мантикий, ахборотли ва математик, аналогли (ўхшаш), ўқийинли ва б.к. математик моделлаштириш усули бирмунча умумий бўлиб, шу билан бир қаторда башоратлашнинг етарли даражадаги қатъий усули ҳам ҳисобланади.

Математик моделлаштириш воситаларининг бирлашиб кетиши натижасида қизиқарли модификациялар олиниб, улар дастурий ва муҳандислик башоратлашнинг асоси бўлиб хизмат қилади.

С.А.Саркисян [9] ишлари башоратлашда янги йўналишни белигилаб берди ва у муаллиф ҳамда кўплаб шогирдлари томонидан интенсив ривожлантирилмоқда. ЭХМ асосдаги математик моделлаштириш қатъий усули кейинги йилларда А.Г.Ивахненко [10]нинг ишларида ривожлантирилди. Бу концепцияга кўра, аргументларнинг гуруҳли ҳисоби усули (АГХУ)да узоқ муддатли башоратлаш ЭХМ да инсон иштирокисиз қайта ишланган (ўз–ўзини ташкиллаштириш принципида) экспрементал маълумотларни тўғридан–тўғри таҳлил қилиш асосида амалга ошириш зарур. Башоратлашнинг ишончилиги автоматик тарзда қониқтирувчи мезонлар тизими (мезонлар селекцияси) асосида баҳоланади. Ҳисоблаш машиналари орқали амалга ошириладиган ўз–ўзини ташкиллаштириш вазияти моделни куришда «башоратлаш шовқини»ни ҳам, башоратлаш натижаларининг интерпретациясини ҳам бекор қилади.

Башоратлаш усуларининг таснифланиши мавжуд усуллари назарийдан кўра кўпроқ амалий характер кааб этиб, улар қарийб конкрет ҳодиса ёки объектни башорат қилиш учун у ёки бу усулни нисбатан қўллашда тавсияларни бера олмайди. Усуллардан ҳар бири (уларнинг метрологик табиатининг хусусиятларига боғлиқ бўлмаган ҳолда) муайян чегараларда яроқли бўлиб, режалаштириш горизонти ва усулнинг аниқлигига боғлиқ бўлади. Белгилаб қўямизки, бу чегаралашларнинг кутловчи тсанифи кўрсатилмайди.

Шунга кўра, башоартлаш амалиёти таснифланиш олдида қуйидаги талабларни қўяди:

- у башорат қилинаётган объектга (ёки бир нечта объектларга) йўналтирилган бўлиши шарт;
- у албатта объектнинг сифат баҳолашини адекватлиги усулига таяниши керак;
- у аниқлик бўйича дифференциациялашган ва башоратлаш горизонтининг синф ва кичик синфларини ўзида сақлаши лозим.

Синфлар ва кичик синфларнинг ажратилиши нафақат башоратлашнинг индивидуал (яккалик) услларини баҳолашда, балки уларнинг кейинги синтези ва ягона мажмуага боғланиши учун ҳам муҳим саналади. Бундай таснифланишнинг борлиги башоратлашнинг усулларини текшириш аниқлигини ва объектга боғлашни зарур билмайди ва башоратлашнинг яратилажак кичик тизимларининг функциялашувини ўртача ва қисқа муддатли режимларини бекор қилади.

Башоратлашнинг мавжуд усуллари башорат қилинаётган объектнинг шарт–шароитлари ҳамда дастлабки ахборотларига қаттиқ талабларни билдирмайди. Шунинг учун улардан муваффақиятли фойдаланиш башоратлаш амалиётида дастлабки ахборотни чуқур таҳлил қилиш ва унинг корректли (аниқ) эканлигини таъминлашдан кейингина мумкин бўлади.

Башорат қилишнинг кичик тизимларининг математик аппарати қуйидаги талабларга жавоб бериши шарт:

- қўлланишдаги универсаллик;
- башоратланаётган кўрсаткичларга тизимли ёндошув принципини муваффақиятли амалга оширишда ҳамкорликда ҳаракат қилиш ;
- эконометрика, математик статистика ва макроиктисодий моделлаштириш усуллари ва ютуқларини ишга тушириш;
- башоратлашнинг изланувчан ва норматив учулларини амалга оширишга қобиллиги ҳамда башоратлаш усуларининг ҳар иккала ёндошувини қайтар алоқали итератив циклга бирлаштириш.;

Башоратлашнинг математик аппаратини қуйидаги турлар кўринишида тасаввур этамиз:

Математический аппарат прогнозирования можно представить в виде следующих этапов:

- тавсифланаётган объектда башоратнинг тасодикий турлари ҳамда регрессив ва корреляцияли усуллари ўртасидаги алоқа шакллари танлаш услугиётини ишлаб чиқиш;
- алоқа тенгламалари параметрларини ва тасодикий жараёни баҳолаш усулларини ишлаб чиқиш.;
- башоратланаётган аппаратнинг тренди функцияси ва уларнинг таректориялари модификацияларининг айрим усулларини ишлаб чиқиш;
- башоратланаётган аппаратнинг кўп сонли регрессиясини ишлаб чиқиш;

- ўзаро алоқадорликдаги тизим ҳосил этувчи, кўрсаткичларни узоқ муддатли башорат қилувчи тизимларни яратиш;
- башоратлашнинг махсус усуллари (ўлчаб кўрилган силлиқлаш (яқинлаштириш), тузилмавий башоратлаш, рекуррант эконометрик тенгламалар тизимлари ёрдамида башоратлаш, тасодифий жараёнларни экстраполяциялаш, эгилувчан эгри чизикли башоратлаш, атворегрессион усуллари)ни ишлаб чиқиш.

1.3. Чизикли филтрлаш ва башоратлаш масалалари

Минимал ўртача квадратли хатолика эга чизикли баҳолаш, (ёки чизикли филтрлаш) масаласи қуйидаги ҳолатда аниқ таърифлаш қуйидаги тартибда: берилган сигнални баҳолашнинг ўртача квадратли хатолигининг минималаштирилган қийматини кейинги кузатувлар натижаларидан ҳам чиқили функция бўлиб ҳисобланиши учун баҳолашни топишдан иборат.

Тасодифий кетма–кетликдаги дискрет стациялиарларни филтрлаш масаласи биринчи марта А.Н.Коломогоров [11] томонидан 1939 йилда ҳал этилган ва таърифлаб ўтилган эди. Узлуксиз тасодифий жараёнлар учун чизикли филтрлашнинг масаласини яққол ечими топиш Н.Винер томонидан 1942 йилда топилган. А.Н.Коломогоров ва Н.Винернинг ишлари стациялиарли ва стациялиар–алоқали тасодифий сигналлар учун стациялиарли чизикли тизимлар синфида филтрнинг оптимал операторини аниқлаш имконини берди.

Бироқ, Н.Винер таърифи ностациялиар рекурсив баҳолаш ҳолати учун ноқулай бўлиб, баҳоланадиган сигнал чизикланадиган ночизикли тизимлар, оқ шовкин ўйғотувчилар ёки вақт бўйича алмашинувчан тузилмалар билан чизикли динамик тизимларнинг чиқиш сигналлари ҳам баҳоланишга тааллуқли бўлади.

Айнан бу йўналишда Калман ўз ишлари [12]да Н.Винернинг филтрлаш масаласини қўйилиши модификацияланиб, унга кўплаб замонавий физик иловаларда учровчи, макон ҳолатининг муаммоларини ифода этувчи таърифлар яқин шаклни беради. Бунда модификациялаш натижасида Калман филтри топилган.

Ҳолатни баҳолаш масаласи бу векторни ўлчаш натижаларига асосан тизимнинг ҳолат векторини бирмунча яхшироқ баҳолаш синтези масаласи деб кўри чиқилади. Бундай ифодалашбаҳолашнинг учта асосий типи ажратиб олинади. Агар $t < t_1$ дан кичик бўлса, баҳолаш интерполяция (ёки силлиқлаш,яқинлаштириш)) деб номланади. $t = t_1$ ҳолатда филтрлаш ҳақида айтилади. Агар $t > t_1$ дан катта бўлса, унда трансляция (олдиндан айтиш) тўғрисида гапириш қабул қилинган.

Баҳолаш масаласини бундай таърифлашнинг яна иккита аспекти кўратиш лозим.

Улардан бири бирмунча яхши баҳолаш терминини қўллаш билан боғлиқ. Оптималликни аниқлаш конкрет масаланинг мазмунига кўра ўзгаради ва ҳар бир хусусий масала учун янгидан киритилиши шарт.

Бошқа аспекти эса ўлчашлар билан боровчи кириш тизимлари ва ҳалакит берувчиларига хос жараёнларнинг хоссаларини баҳолаш алгоритмига боғлиқ характерланади. Тизимнинг ҳолатини бундай сигналлар ҳалакит қилувчилар хосслари тўғрисидаги маълумотларсиз идентификация қилинмайди.

Шундай қилиб, баҳолаш масаласининг бу каби ифодаланиши кўриб чиқилаётган тизимлар ва маълумотларга кириш сигналлари ҳақидаги айрим априор ахборотларнинг мавжудлигини, камида кириш жойидаги шовкин ҳамда ўлчов шовқинининг айрим статистик характеристикалари тақозо этади.

Шуни таъкидлаш жоизки, баҳолаш масаласи тасодифий шовкин мавжудлигида эҳтимоллик характеризга бўлади. Эҳтимоллик жиҳатидан қарасла барча ахборотлар тасодифий катталиқнинг қийматларини баҳолаш учун зарур бўлиб, бу катталиқнинг эҳтимоллик зичлигининг функцияларида сақланади.

Агар таосдифий жараённинг шартли эҳтимоли маълум бўлса, бу жараённинг статистик характеристикалари тўғрисидаги ҳар қандай саволларига жавоб бера олиши мумкин.

Эҳтимоллик назариясининг терминологиясидан фойдаланиб, турлича даражаларини ёки

баҳолашнинг муаммолари тартибини ажратиш бўлиш мумкин ва уларнинг ҳар бири кўриб чиқиладиган жараённинг статистик характеристикалари ҳақидаги маънавий маълумотларни талаб қилиши мумкин. Шундай қилиб, куйидаги даражаларни киритиш мумкин:

1. Нулли тартибни баҳолаш: бу даража кўриладиган жараённинг фақат биринчи моментлари қийматини тавсия этади.

2. Биринчи тартибни баҳолаш: бундай типда баҳолаш биринчи ва иккинчи тартиблар моментларини билишни талаб қилади; бу шароитда ҳаққоний динамик модел тақозо этилиб, масаланинг ечими бирмунча яхшироқ чиқиш баҳолашга олиб келади.

3. Олий баҳолаш тартиби: бу ерда анча юқори тартибнинг маълум бўлган моментларини тақозо этиб, ҳозирги вақтда бу типдаги баҳолашга хос бўлган нисбатан кам натижаларга эга.

4. Априор ахборотлар тўлиқ ҳолатдаги баҳолаш: бундай ҳолатда барча тартибларнинг маълум бўлган моментлари тақозо этилади; гаусс жараёнларида бу шуни маълум қиладики, албатта фақат биринчи ва иккинчи тартибларнинг моментлари берилади.

Келтирилган таснифланишда кўриниб турибдики, оптимал баҳолаш синтези масаласи қийин ҳал этилади, қачонки шундай ҳолатлар бўладики, бунда кўриладиган жараёнлар гауссча жараёнлар ҳисобланиб, фақат чиқиш баҳолашни топишга талаб қилинади. Бундай баҳолаш қийматни кузатиш натижасида олинган чиқиш комбинация ҳисобланади. Оптималлик мезони сифатида чиқиш баҳолаш одатда ўртача квадратли хатолик минимумини танлайди.

Силлиқлаш (яқинлаштириш) (текишлаш), интерполяция ва оғоҳлантиувчилик муаммоси автоматик бошқарув билан боғлиқ бўлган кўпгина техникавий ва технологик ўқитиш ечимини вужудга келтиради. Оғоҳлантириш (баҳоратлаш, олдиндан айтиш ва экстраполяция) ва интерполяция масаласи, бир қарашда силлиқлаш (яқинлаштириш) масаласидан фарқ қилсада, расмий тузилмада улар бир-бири билан ўзаро боғлангандир. Ҳозирги пайтда келишган назария шаклланиб, у силлиқлаш (яқинлаштириш), интерполяция ва баҳоратлаш масалаларининг турлича вариантларини ҳал этади.

Тасодифий жараёнлар ва тасодифий майдон (поля)лар филтрацияси ва оғоҳ этилуви бўйича замонавий адабиётлар етарли даражада кенг бўлиб, таҳлилнинг фойдаланиладиган моделлари ва усуллари етарлича турли-тумандир. Бу ҳолатда, мавжуд масалаларнинг қўйилиши ва уларнинг мумкин бўлган модификациялари аниқланган стохастик дастурлаш ягона нуқтаи-назардан кўриб чиқилади.

Силлиқлаш (яқинлаштириш) ва баҳоратлаш ишларининг катта қисми тахминларга асосланиб, дастлабки тасодифий жараёнлар фойдали сигналлар ва ҳақиқат этилувларни тавсия этиб стациялиридир. Амалда улар сигналлар ва ҳақиқат этилувларнинг статистик хоссалари вақт ўтиши билан ўзгармаслигини аниқламоқда.

Бошқача айтганда, стационарлик тахминлари шуни аниқладики, тасодифий жараёнларнинг статистик қонуниятлари ўтмишда ўрнатилган ҳолати келажакда ҳам сақланиб қолади.

Стациялиар жараёнларни силлиқлаш (яқинлаштириш) ва оғоҳ этилуви усуллари вақт мобайнида секин ўзгарадиган квазистациялиар жараёнлар деб аталувчи статистик характеристикаларнинг умумлаштирилиши ҳам мумкин. Квазистациялиар жараёнларни баҳоратлаш ва филтрлаш назарияси секин ўзгарадиган параметрли силлиқловчи ва оғоҳ этилуви филтрларни қўриш (тузиш) мумкин бўлади.

Тасодифий стациялиар жараёнлар, вақтнинг дискретли моментларида қийматга эга бўлиб, экстраполяцияланиш масаласи куйидаги тарзда ифодаланган. Бунда $f(t)$ тасодифий катталиқ бўлиб, у ҳар бир бутун t интервалда $-\infty < t < \infty$

Агар математик кутилиши

$$m = M[f(t)] = \text{const},$$

ва корреляцияли функция

$$K_{\Delta t} = M[(f(t + \Delta t) - m)(f(t) - m)],$$

t , дан $f(t)$ гача – стациялиарга боғлиқ бўлмайди. Умумийликнинг чегараланмаганлигини шундай қўйиш мумкин

$$m = M[f(t)] = 0, \quad (1.8)$$

ундада

$$K_{\Delta t} = M[f(t + \Delta t) f(t)].$$

Стациялиар кетма–кетликдаги чизикли экстраполяция масаласи (1.8) шартни кондиради, ҳақиқий коэффициентлар r_i да $n > 0$ ва $\Delta t \geq 0$ кўринишида берилганларнинг чизикли комбинацияси

$$Q[f(t)] = r_1 f(t-1) + r_2 f(t-2) + \dots + r_n f(t-n),$$

тасодифий катталиклар $f(t-1), f(t-2), \dots$, мумкин қадар $f(t + \Delta t)$ асодифий катталikka яқинлаштириб мезон қабул қилинади

$$\overline{\varepsilon_{\mathcal{G}}^2} = M(f(t + \Delta t) - Q[f(t)])^2.$$

Агар $K_{\Delta t}$ нинг айрим моментлари маълум бўлса,, унда шундай r_i қидириш масаласи енгил ечилади, $\overline{\varepsilon_{\mathcal{G}}^2} = \overline{\varepsilon_{\mathcal{G}_{\min}}^2}$ бўлганда

Интерполяциялаш масаласи $f(t)$ қийматлар бўйича баҳолаш билан изоҳланади
 $f(t+1), f(t+2), \dots, f(t+n), f(t-1), \dots, f(t-n)$.

Бу ерда аниқлик ўлчови сифатида шундай мезон қабул қилинган

$$\overline{\varepsilon_{\mathcal{G}}^2} = M(f(t) - Q[f(t)])^2,$$

бунда $Q[f(t)] = r_1 f(t+1) + r_2 f(t+2) + \dots + r_{-1} f(t-1) + \dots$ доимий кетма–кетликли ҳақиқий коэффициентлар билан

Интерполяциялаш масаласи $\overline{\varepsilon_I^2} = \overline{\varepsilon_{I_{\min}}^2}$ аниқланишга тегишли

А.Н.Колмогоров томонидан $\overline{\varepsilon_{\mathcal{G}}^2}$, $\overline{\varepsilon_I^2}$ учун чегараларнинг мавжудлиги исботланган ва уларнинг қийматларини топиш масаласи ечилган.

Н.Винер томонидан тизимлар назарияси ривожлантирилиши филтрлаш ва огоҳлантириш операциясини бир вақтнинг бажарилиши учун мўлжалланган бўлиб қуйидаги рухсат этишларга асосланади:

➤ $S(t)$ и $N(t)$ функциялари стациялиар ва стациялиар боғланган тасодифий жараёнлар бўлиб ҳисобланади;

➤ «бирмунча яхши» мезонини танлаш учун ўртача квадратли қийматлар турличалиги ҳақиқий ва ихтиёрий сигналлар ўртасида $\overline{\varepsilon^2} = M[S(t + \Delta t) - S^*(t + \Delta t)]^2$; тизимга киришда мумкин бўлади;

➤ фильтрация учун амалга ошириладиган операция мавжуд ахборотларга эга бўлган чизикли операциялар орқали.

Чизикли тизимнинг хоссаси қачонки, импульсли ўтувчи функция $w(t)$ орқали характерланиб, тизимнинг кировчи сигналини свертка типидagi интеграл кўринишида берилади:

$$S^*(t + \Delta t) \approx \int_0^{\infty} S(t - \tau) + N(t - \tau) w(\tau) d\tau. \quad (1.9)$$

У ҳолда ўртача квадратли хатолик қуйидаги ифодада ҳақиқий бўлади

$$\overline{\varepsilon^2}(t) - S^2(t + \Delta t) - 2 \int_0^{\infty} (S(t + \Delta t) S(t - \tau) + S(t + \Delta t) N(t - \tau)) w(\tau) d\tau + \int_0^{\infty} w(\tau_1) d\tau_1$$

$$\int_0^{\infty} W(\tau_2) [S(t - \tau_1) + N(t - \tau_1)] [S(t - \tau_2) + N(t - \tau_2)] d\tau_2. \quad (1.10)$$

Эътибор олиш керакки, корреляция $x(t)$ ва $y(t)$ лар ўртасида

$$K_{xy}(\tau) = \overline{x(t)y(t + \tau)}, \quad (1.11)$$

ва билдиради

$$K_{SS}(\tau) + K_{NS}(\tau) = \psi(\tau), \quad (1.12)$$

$$K_{SS}(\tau) + K_{NS}(\tau) + K_{SN}(\tau) + K_{NN}(\tau) = \varphi(\tau),$$

формула (1.10) ни қайта ёзамиз

$$\varepsilon^{-2} = K_{SS}(0) - 2 \int_0^{\infty} \psi(\Delta t + \tau) W(\tau) d\tau + \int_0^{\infty} W(\tau_1) d\tau_1 \int_0^{\infty} W(\tau_2) \varphi(\tau_2 - \tau_1) d\tau_2. \quad (1.13)$$

Энди масала қуйидаги тарзда ифодаланиши мумкин. Корреляцияли K_{SS} , K_{NS} , K_{SN} , K_{NN} функция аниқ. Импульсли $W(t)$ ўтувчини излаб топиш зарурки—бу ўринда, шундай бир

$$\varepsilon^{-2} = \min.$$

Бу ҳолатда $W(t)_{t < 0} = 0$ ни қўйиб чиқиб, биз автоматик тарзда физик амалга ошиш шартини бажарамиз

Масала ўрнатилга режимда Винер–Хопф интегралли ечиш тенгламаси натижасида олинган тизимнинг импульсли характеристикасини аниқлашга бориб тақалса, у ҳолда Фурьенинг қайта ҳосил бўлиш классик усуллари асосланади ва у спектрал факторлаш усули сифатида маълумдир. Сўнгисини қўллаш $t = -\infty$ вақт моментида бошланадиган стациялиар жараёнлар учун мумкин бўлади. Бу шароитда динамик тизимларнинг ишлаш жараёнини ўтиш вақти қўшича шартлар билан чекланмайди.

Н.Винернинг умумий масаласини кириб чиқишдан муҳим хусусий ҳолатлар— ($\Delta t = 0$) филтрлаш масаласи ва «соф» олдиндан айтиш ($N(t) \equiv 0$) бўлади.

60–йиллардан бошлаб, тасодифий ҳалақит қилувчилар мавжудлигида динамик тизимлар ҳолатини баҳолашда Калман томонидан дискретли тизимлар учун, кейинчалик Калман ва Бьюси томонидан узлуксиз жараёнлар учун Бэттин дан мустақил равишда кенг усуллари кенг қўлланилмоқда. Калман ёндошувининг янгилиги шундаки, комбинациялардаги маълум ёндошувлар: ҳолатларни маконда жой алмашинуви сифатида кўриб чиқиладиган динамик тизимлари; гильберт маконида ортогонал проекция сифатидаги чизикли филтрлашдан иборат.

Винер–Коломогоров филтрида ўлчаш натижалари қайта ишланиб, фойдали сигнал+тасодифий ҳалақитларни акс эттиради. Калман–Бьюси оптимал филтрининг алгоритми қуйидаги тахминларга асосланади:

- чиқиш сигналининг шакллантирувчи аниқ модел етарли даражада чизикли, оқ шовқин ўйғотган ностациялиар динамик тизимлар орақли аниқланади;
- оқ шовқин типидagi ҳалақит қилувчига эга ўлчашлар.

Шундай қилиб, Калман–Бьюси усули динамик тизимларни тасвирловчи филтр тенгламасига тадқиқ қилинаётган объектнинг хоссларини киритиш йўли билан ҳисобга олинади.

Калман–Бьюси филтрацияси алгоритмининг ҳисоблаш қиммати унинг рекуррентлик шакли билан белгиланиб, ЭХМ зарурий хотирасининг ҳажмини сезиларли камайтиради, чунки ўлчанган натижалар дарҳол қайта ишланади ва кейинчалик сақланишга ҳожат қолмайди..

Бундан ташқари, мазкур алгоритм тизимнинг келажакдаги ҳолатини олдиндан айтиб беришнинг оодий мувофиқлигини беради ҳамда силлиқлаш (яқинлаштириш) (сглаживание) нинг турли масалаларини ечишда фойдаланиш мумкин.

Коломогоров–Винер чизикли оптимал филтрлашнинг турли модификацияларини умумлаштириш, масалан, ўтиш жараёнининг пировард вақтли тизимлари (пировард хотирали

тизимлар учун Заде–Рагаззини масаласи) ва схемаларнинг ўзгармас қисмлари учун (Пелегрин масаласи) сақловчи тизимлар учун бажарилади. Бу умумлаштирилган усуллар, жумладан Боде ва Шеннон (сигнал ва шовқин қувватининг спектрал зичлиги орқали ўртача квадратли хатоликларни акс эттирувчиларга асосланган тасодифий жараёнларни олдиндан айтиш ва филтрлаш) усули оптимал филтрлардан амалий фойдаланиш доирасини сезиларли кенгайтиради. Бироқ, улар функциялашган тизимларнинг стациялиар режимларидаги тасодифий сигналларни баҳолаш масалаларини ечишга крмайди.

Ўлчашлар натижаси бўйича динамик тизимларнинг ҳолатини оптимал баҳолаш масаласига Калманча ёндошув иккинчи принципга олиб келиб, оптимал бошқрувининг детерминлашган назарияли филтрлашнинг стохастик филтрлаш назариясини боғлиқ қилиб қўяди. Бундай принцип натижаларни бир назариядан бошқасига ўтказди. Бир қатор натижалар ҳуди манна шу иккиланган принцинга асосан олиган.

Калмана–Бьюси усули шундай имкониятни беради:

- кируви ўзгарувчилар ва халақит қилувчиларни ўлчашнинг маълум статистик характеристикаларига асосланиб минимум дисперсия маъносидаги чизиқли баҳолашнинг бирмунча яхшироқларини олиш;
- реал вақт масштабида усуллардан принципга кўра фойдаланиб, ўлчашларни улар етказиб берилишига қараб қайта ишлаш;
- оптимал филтр (масалан, Винер–Колмогоров филтридан фарқ қилувчи) нинг амалга ошириладиган амалий тузилмасини олиш;
- ўлчов ва ўчириладиган ҳамда ишлайдиган ихтиёрий тақсимланувчи датчиклар шароитида турли (стациялиа ёки ностациялиар, ўзлуксиз ёки дискрет) сигналлар учун туговчи, ўсувчи ва тугалланмайдиган хотирали филтрларни тузиш;
- филтрлаш ва оптимал бошқарув масалаларининг ҳамкорликда ечиш шароитидаги алгоритмлар сқалаб қўйишдан иборат.

Усулнинг камчиликларига у фаёат чизиқли тизимларга қўлланилиб, халақит қилувчилар статистик характериатикасининг априор билимларини талаб қилади ва у ўз ўринида гауссинг мустақил оқ шовқини бўлиши керак. Ҳисоблаш нуқтаи–назаридан усулнинг камчиликларига сарфланиш тенденциясини ва арифметик опреацияларнинг салмоқли зарурий ҳажмини келтириш жоиздир.

Техниканинг сезиларли ривожии курилмаларни турли вазифадаги бағоланишининг қўшимча аниқликдаги талабларини тақдим этади. Тақдим қилинаётган талабларни бажариш ҳар қандай жорий вақт моментида ҳолатнинг оптимал бағоланишини ҳосил этувчи, ностациялиар филтрлар ва баҳолаш курилмалари асосидагина мумкин бўлади.

Колмогоров–Винер усулига хос чегараланишлар ва унинг модификациялари талаб этилаётган техник талабларга жавоб бера оладиган, филтрларнинг масалаларини ноанъанавий ечишларни излашга мажбур этмоқда.

Стациялиар филтрлаш усули билан алмашиниш учун унинг ўрнига Калман–Бьюси ностациялиар филтрлаш усули келди ва бошқарув тизимларининг жуда турли хил амалий йўналишлари синтези шароитида кенг ёйилиб, техник амалга оширишнинг очиклиги, таъминланганликнинг қатъийлиги ва ишончли натижаларни тезда олинишига рухсат этилиши билан изоҳланади.

Ностационар филтрлаш соҳасидаги янги ютуқлар Р.Калман ва Р.Бьюси томонидан қўлга киритилиб, ҳолатнинг векторидан баҳолашни минимал ўртача квадратли оғишнинг амалий синтезини ҳамда техник масалаларда ЭХМ дан фойдаланиш йўли билан ностациялиар филтрлашнинг кенг қўлланилишини таъминламоқда.

Калман–Бьюси филтрлари вақт соҳасида тақдим этилишида оддий дифференциалли (ёки турлича) тенгламалар кўринишидаги аргументларнинг ўзгариши кўп сонли ностациялиар ўлчовли чизиқли филтрларнинг амалий қўлланиш соҳаларини кенгайтирди.

Калман–Бьюси филтрларининг амалий масаларда кенг қўлланилиши ностациялиар чизиқли филтрлашга асосланган бўлиб, нисбатан оддий йўл билан филтрларни техник амалга ошириш ва муҳандислик ишланмаларида қоникарли натижаларнинг олиниши

мумкинлигини кўрсатди.

Калман–Бьюси ғояларининг ютуғи қуйидагилар сабаблар билан тушунтирилади:

- турли техник иловаларда ностациялиар филтрларнинг муҳандислик ишланмалари нисбатан содда ва тушунувчанлиги билан;
- филтрларни конструктив ижросининг мураккабликдаги турли вариантларида оптимал филтрлашни аналитик исботлаш ва тасдиқлашнинг мумкинлиги билан;
- оддий дифференциалли ва турлича (винерча филтрлаш интеграл тенгламаларнинг ечимини талаб қиладиган) тенгламаларга аосланувчи аналитик аппаратнинг кўргазмалилиги билан;
- барча манбалар ва хатолар характери тўғрисидаги статистик маълумотлар асосида вақтли соҳадаги тизимлар ҳолатини баҳоланишининг мумкинлиги билан;
- ҳолат маконини гильбертчасига тасаввур қилиш асосида кўп ўлчовли динамик тизимлар учун филтрларни куришнинг мумкинлиги билан;
- замонавий ЭХМ лардан фойдаланиб бирмунча қулай оптимал филтрлашнинг рекурсив процедураларини олишнинг мумкинлиги ва б.қ. билан.

Ностациялиар филтрлар ностациялиар бошқарилувчи ва норозилик таъсирли ҳамда ностациялиар тизимлардаги оптимал филтрлашни техник қўллаш мумкинлигини кенгайтирмоқда.

Сўнгги вақтларда Калман–Бьюсининг оптимал ностационар чизикли филтрлаш усулидан фойдаланишга қизиқиш янада каттароқ ўсиб бормоқда. Бу нарса уларнинг автоматик тизимлар доирасидан узоқроққа чиқилиб қўлланилиши билан боғлиқ бўлиб, бундай турдаги автоматлашган ахборотли–изланувчан ахборотларга тарқалишига сабаб бўлди.

Калман филтрлаши бўйича билиографик ишлар ҳозирги вақтда кенг тарқалган. Бироқ, кўпгина манбаалар асосан ё назарий, ё обзорли (умумий маълумотли) характерга эга бўлиб, улардан амалий йўналишга эгалари, одатда турли–туманлик хусусиятли ва ҳар хил техник иловаларда филтрлашнинг алогритмларидан амалий фойдаланиш бўйича методолгик таввурларни анча ёрқинроқ бера олади.

Адабиётларда энг муҳими силлиқлаш (яқинлаштириш) ва башоратлашнинг чизикли усуллари кўриб чиқилади. Чизикли силлиқлаш (яқинлаштириш) ва огоҳлантирувчи филтрлаш силлиқланган ёки огоҳ этилган нуқтани кириш сигналларининг қийматларини жорий моментгача кузатилиши устидан чизикли операциялар ёрдамида аниқлайди. Чизикли силлиқлаш (яқинлаштириш) ва чизикли башоратлаш фойдасига бўладиган асосий аргумент – мос келувчи филтрларнинг ҳисоби ва амалга ошишининг нисбатан оддийлиги. Бундан ташқари, гаусс тасодикий жараёни учун ўзининг ҳақиқий қийматини таосидий сигнал катталигининг оғиши минимал дисперсиясини кафолатланишини кўрастиб, чизикли филтр оптимал бўлиб ҳисобланади. Умумий ҳолатларда, баъзан чизикли филтрдан инкор қилиниш (айрим ҳолларда сезиларли бўлиб) силлиқлаш (яқинлаштириш) ва башоратнинг сифатини оширади.

Стохастик (эхтимолли) дастурлашга умумий ёндошув филтрлаш ва башоратлашнинг моделини верификациялашни тақозо этиб, таҳлил усулини унификация қилади ва уларнинг иловаларининг соҳааларини кенгайтиради.

1.4 Башоратли баҳолашнинг сифат мезонлари

Башоратлаш алгоритмларини амалга ошириш жараёнида қатор хатолар ҳосил бўлади ва улар изланётган баҳолашнинг натижавий аниқлигига сезиларли таъсир қилади. Уларга қуйидагилар тегишлидир:

1. Халакит (тўсиқ)ларнинг мавжудлиги билан боғлиқ, тадқиқ этилаётган жараённинг кузатилаётган қийматини (кузатилаётган участкадаги) хатоликка олиб келувчи бўлиб, башоратланаётган нуқтада (огоҳ этилувчи участкада) ўринга эга бўлувчи хатолар.
2. Жараённинг математик моделини нотўғри танланишидан, қисман унинг детерминлашган асосларидан юзага келувчи хатолар
3. Кузатув ва огоҳлантирувчи интерваллардаги бошланғич маълумотларга нисбатан

борувчи жараёнларнинг характерини ўзгаришларга олиб келувчи хатолар.

4. Мазкўр алгоритмга асос солган ечимларнинг сонли усулларини танлаш билан боғлиқ услубий хатолар.

5. ЭХМ даги рақамларни яхлитлашдаги хатолар ва ҳ.к.

Башоратлаш маълумотларини амалга оширишдаги шароитларда интервалли башоратлар сифатининг бирмунча оддий ўлчови учун ходисалар нисбий сони ҳисобланиб, уларнинг фактик амалиёти башоратланаётганларнинг умумий миқдорларини интервалли башоратлари ҳисобланади, яъни

$$\eta = \frac{p}{p+q}, \quad (1.14)$$

бу ерда, p – амалий маълумотлар билан тасдиқланган башоратлар миқдори;

q – амалий маълумотлар билан тасдиқланмаган башоратлар миқдори.

Барча башоратлар тасдиқланади қачонки $q=0$ и $p=i$,, агар барча башоратлар тасдиқланмаса, у ҳолда p , ўз-ўзидан $\eta = 0$ бўлса. η коэффицентини таққослаш турли моделлар ва усуллар учун ишончли эҳтимолликлар бир хил бўлган шароитда маъно касб этади.

Г.Тейлом башоратлари сифатининг ўлчови сифатида қочиш коэффицентини (ёки номувофиклик коэффицентини) тақдим этилган, сурати бўлиб ўртача квадратли хатолик ҳисобланса, махражи амалга ошириш ўртача квадратининг квадратли илдизига етнг бўлади:

$$v = \frac{\sqrt{\sum_i (\bar{x}_i - \bar{x}_i)^2}}{\sqrt{\sum_i \bar{x}_i^2}}. \quad (1.15)$$

$v=0$ коэффицентини, барча $\bar{x}_i - \bar{x}_i$ (мукамал башоратнинг ходисаси) бўлса; $v=i$, қачонки башоратлаш жараёни ўртача квадратли хатога олиб келади, ўсишнинг ўзгармаслигининг "" экстраполяцияли; пировардида, $v>i$, қачонки башорат ёмон натижаларни беради, тахминлар ўрганилаётган ходисанинг ўзгармаслиги тўғрисидаги тахминларга тўғри келиши керак. Коэффицент юқори чегараларга эга эмас.

Нуқтали баҳолаш кўринишида олинган башоратлар учун, баҳолашнинг масалаларини ечиш маълум бўлган усулида хатолар вектори кўриб чиқилиб, мувофиқликда аниқланади:

$$\bar{\varepsilon}_i = \bar{x}_i - \bar{x}_i, \quad (1.16)$$

бу ерда $\bar{x}_i$ ва $\bar{x}_i$ мос равишда олдиндан айтиладиган ва фактик (амалга ошган) ўзгарувчан қийматлар

Баҳолаш хатоси $\bar{\varepsilon}_i$ ни минималлаштириш зарур. Идел ҳолатда $\bar{\varepsilon}_i = 0$, баҳолаш аниқ бўлади.

Рухсат этиладиган катталиқда хатолар $\bar{\varepsilon}_d$ келтирилади. Бу ҳолатда башоратли баҳолаш қуйидаги талабларни қондириши керак:

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_i| \leq \bar{\varepsilon}_d. \quad (1.17)$$

Баҳолаш сифатининг кўрсаткичи бўлиб (1.17) талабнинг бажарилиш эҳтимоли $P\{|\bar{x}_i - \bar{x}_i| \leq \bar{\varepsilon}_d\}$ бажарилади, уни максималлаштириш зарур бўлади.

Башоратлаш баҳосининг сифатида қатор статистик характеристикалардан фойдаланиш мумкин (масалан, башоратлашнинг ўртача мутлақ ва ўртача–квадратли хатолари). Бу характеристикалар ўша ўлчамлар ва ўша башоартнинг кўрсакичларига эга бўлади.

Башоратланаётган объектнинг сифат мезонларини танлашда олинган баҳоларнинг аралашиб кетмаганлиги, ҳолатлилиги, самарадорлиги ва етарлилигини ҳисобга олиш зарур.

Кўп ўлчамли ҳолатларда бу хосслар хатоларнинг ковариацияли матрицалари турли скаляр характеристикаларини изоҳлаши мумкин. Бирмунча кўпроқ қўлланиладиган мезонларни кўриб чиқамиз.

I. Оптималликнинг A мезони. Баҳолаш оптимал бўлиб, агар хатоларнинг ковариацияли матрицаси камроқ изга эга бўлса:

$$\min \text{Tr } K_x.$$

Бу мезон баҳолаш вектори $\bar{x}$ (агар тўғри бурчакли параллелепеднинг корреляцияли эллипсоиддаги диагонали катталиги) нинг ўртача дисперсиясини минималлаштиради. Скаляр ҳолатда бу мезон баҳолаш хатолиги $\bar{x}$ нинг дисперсияси минимуми мезонига ўсиб боради.

II. D–оптималлик мезони. Баҳолаш оптимал бўлиб, агар баҳолашнинг ковариацияли матрицасининг аниқловчиси бирмунча камроқ қийматни қабул қилади:

$$\min \det K_x.$$

Бу мезон баҳолаш вектори $\bar{x}$ (ёки корреляцияли эллипсоид ҳажми)нинг компонентини умумлашган дисперсиясини минималлаштиради.

III. E–оптималлик мезони. Баҳолаш оптимал бўлади, қачонки баҳолаш хатоларининг ковариацияли матрицанинг максималли харктердаги миқдори минимал бўлса: минимально:

$$\min \max_j \lambda_j(K_x), \quad j = \overline{1, n}.$$

IV. H – оптималлик мезони. Бу мезон мавжуд маълумотлардаги $\bar{x}$ жараёнинг ҳолати ҳақидаги $\bar{z}$ ахборотларнинг миқдори максималлаштиради:

$$\max I = \max [H(\bar{x}) - H(\bar{x} / \bar{z})], \quad (1.18)$$

бу ерда $H(\bar{x})$ – объектнинг априорли энтропияси; $H(\bar{x} / \bar{z})$ – объектнинг апостериорли энтропияси.

Тадқиқ қилинаётган жараёни тадқиқ жараёнининг муайян босқичида шаклланишига хизмат қилувчи башорат сифатининг мезонининг таниб олиш процедураларига асосланиб башоратлашда таниб олиш тўғрилигининг эҳтимолли ўлчови, A_j , $j = \overline{1, L}$ вазиятда кириш амали $\bar{z}$ бўйича бўлади:

$$P = P(A_j / \bar{z}). \quad (1.19)$$

Бу катталикнинг алоҳида аҳамияти ноқулай ва ишдан тўхтатувчи вазиятларни таниб олиш орқали ҳосил қилинади. Равшанки, таниб олишнинг эҳтимоллигини тезда масималлаштириш лозим. Бу ҳолатда:

$$P(A_j / \bar{z}) \leq P_{\text{қўш}}. \quad (1.20)$$

Иложи борица яхшироқ ҳолатда ишлаб чиқариш жараёнлари баҳолаш учун, баҳолаш усуллариға боғлиқ бўлган сонлар кўринишида турлича баҳолашнинг қиёсий мезонлари зарур бўлади. Агар бундай мезонлар баҳолашнинг оптималлиги деб ҳисобланса, у қабул қилинган мезоннинг экстремумини таъминлайди.

Баҳолаш мезонларини танлашнинг асосий талаблари:

- у тадқиқ қилнаётган объектнинг асосий сифатини акс эттириши шарт;
- масалани (мезоннинг математик мезонларини таъминлаган ҳолда) амалий ечилишининг мумкинлигини таъминлаши шарт.

Ҳозирги пайтда мезонларни танлашнинг бирорта ҳам ёндошуви йўқ бўлиб, одатда охириги тадқиқотчининг тажрибас ва конкрет ечиладиган масаланинг спецификаси (ўзига хослиги) билан абелгиланади. Бошқа томондан тадқиқотчи қанчалик кучли ҳисоблаш машинасига эга бўлса ва мураккаб мезонлардан фойдаланса, ўз–ўзидан ўрганилаётган катталик тўғрисида башоратланадиган баҳонинг сифати юқори шунчалик юқори бўлади.

1.5 Мавзуда ёритилишини лозим бўлган мақсадни асослаш

Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни бошқариш масалаларини ечиш асосида кимёвий–технологик жараёнлар ҳолати тўғрисидаги етарли ишончилиликнинг мавжудлиги ва жараённинг кечиш суръатида экстраполяциясини таъминловчи ишлаб чиқариш жараёнларининг характеристикасини оператив модели ва алгоритмлари ётган бўлиши лозим бўлади. Технологик мувозанатнинг келажакдаги ҳолатини ишончли баҳолаш ўз вақтида жараённинг бузилишини сезиш ва ишлаб чиқаришнинг параметрларини оғишига йўл қўймасликни ва бу билан пировард маҳсулотнинг сифати ҳамда керакли ҳажмини таъминлайди

Математик моделлар ёрдамида расмийлашувчи жараёнлар учун уларнинг келажagini олдиндан айтиш қийматларини башоратлаш усулларида фойдаланиш асосида олиш мумкин. Кимёвий ва аралаш ишлаб чиқаришларда функциялашувчи ТЖАБТ нинг кенг синфларини таҳлили шундан далолат берадики кимёвий–технологик тизимларнинг самарадорлигини ва маҳсулот сифатини сезиларли йўқотилиши башоратланадиган объектнинг (ўзига хос) специфик хусусиятларини ҳисобга олмасдан башоратлашни ишончилигининг пастлигидан келиб чиқади.

Ишлаб чиқариш жараёнларини башоратлаш масалалари адабиётларда етарли даража кенг ёритилган. Бироқ, қийин расмийлашадиган технологик жараёнлар учун қисқа муддатли (оператив) башоратлаш усуллари охиригача ишлаб чиқилмаган ва унинг ечилишида етарли даражадаги қудратли эҳтимоллар назарияси, математик статистика, автоматик бошқарув назарияси, кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни моделлаштириш ҳамда бошқариш масалаларига оптимал статистик баҳолашнинг қўлланишини талаб этади.

Бу мақсадга боғлиқ ҳолда мазкур БМИ назарияси жиҳатдан кетма–кетли динамик процедураларга ва оператив бошқарувнинг самарадорлигини оширишни таъминловчиларга асосланган қийин шаклланиувчи кимёвий–технологик жараёнлар тизимларнинг тавсифларини оператив башоратлаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳамда тақиқ қилиш ҳисобланади.

Ишнинг амалий мақсади динамик филтрлаш процедураларининг ишлаб чиқилган амалга ошувчи алгоритмлари, мослашувчан конфигурацияли дастурий мажмуасини яратишдаш иборатдир.

Олдинга қўйилган мақсадга эришишда мақсадга мувофиқ ёндошув бўлиб. Баъоратланадиган филтрлаш ва ечимнинг зарурлиги тахмин қилиниш усулига асосланган қуйидаги кам ўрганилган ва кучсиз ишлов берилган *тадқиқот масалалари* мавжуд:

1. Башорат қилинаётган филтрнинг синтези услубиётининг асосланганлиги;
2. Филтрларнинг синтезлаштирилган ахборот хоссаларини ўрганилиши;
3. Априор беқарор тузилмалар шароитидаги ҳамда кимвий–технологик жараёнлар ва тизимларнинг параметрларидаги квазиоптимал башораланувчи филтрлар синтези;
4. Калман типдаги квазиоптимал башоратланувчи филтрларнинг умумлашма шакллари ишлаб чиқиш;
5. Динамик филтрлаш усулида бевосита ўлчашлар интерпретациясининг масалаларини ечиш;
6. Мураккаб кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни бошқариш ва адаптив баҳолаш тизимларини ишлаб чиқиш.;

2–БОБ. ДИНАМИК ФИЛЬТРАШ ПРОЦЕДУРАСИ АСОСИДАГИ БАШОРАТЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ТАДҚИҚОТИ

2.1. Башорат қилинувчи филтрлаш усули

Башоратлашнинг мавжуд усуллари ўтказилган таҳлили шуни ҳикоя қиладики, бу соҳадаги янги ечимларни излаш оператив бошқарув масалаларига қўлланадиган бўлиб, статистик ёндошувларга асосан ҳал этилса мақсадга мувофиқ бўлади. Умумий ҳолатда статистик башоартлаш масаласи “... t^* вақт momentiда тасодифий жарённинг қийматини баҳолаш уни айрим кўплвб вақт моментларида, олдинги t^* лардаги қийматлари” бўйича бажарилади.

Энди оптимал баҳолашнинг статистик назарияси атамалар [13] даги стохастик жараёнларнинг характеристикаларини башоратлаш масалаларини умумий қўйилишини ифодалаймиз.

i – вақт momentiдаги, балки n – ўлчанувчи тасодифий вектор ($x_i, i = \overline{1, I}$) нинг иккинчи ҳолатида кечувчи ишлаб чиқариш жараёни мавжуд бўлсин.

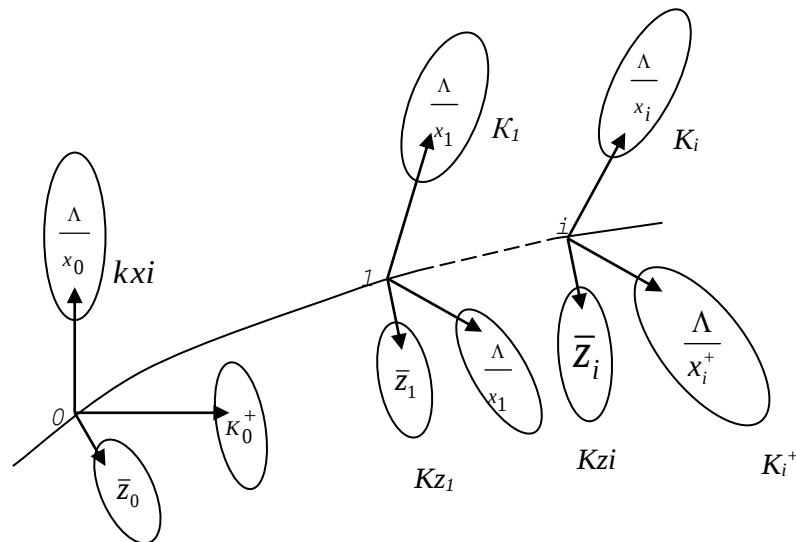
J вақт momentiдаги жараён кузатилса, m – ўлчанувчи вектор ($\bar{z}_j, j = \overline{1, K}$), статистик тарзда боғланган ҳолат вектори билан тавсия этилади (расм – 2.1).

($\bar{z}_j, j = \overline{1, K}$) Кузатишлар кетма–кетлиги аниқланган бўлсин. берилган айрим s –вақт momentiда $\bar{x}_s$ ҳолат векторини баҳоси аниқланиши талаб этилади, агар $\bar{x}_s$ бевосита кузатишга эришиб бўлмайди.

$\bar{x}_i$ ҳолат вектори билан $\bar{z}_j$ кузатув вектори бир–бири билан боғлиқ, у ҳолда $\bar{x}$ траекториясини баҳосини $\bar{z}$ кузатувлар бўйича бериш мумкин.

Мумкин бўлган баҳолардан шундайини танлаш керакки, у бирмунча “аниқ”лиги билан ажралиб турса, $\bar{x}_s$ баҳоланувчи траектория берилади ва $\bar{x}$ траекторияга яқин бўлади. $\bar{x}_s$ орқали олинган кузатув асосидаги баҳолашни акс эттирамиз:

$$\bar{x}_s = \bar{\varphi}_s(z_j, j = \overline{1, k}) \quad (2.1)$$



Расм–2.1. Динамик кўпқадамли филтрлаш

Маълумки, баҳолаш масаласи айрим рациялиал ва асосланган усуллар билан $\bar{\varphi}_s$ функцияни аниқлаш масаласини намоён этади. Агар $s < k$ бўлса, унда баҳолаш масаласи интерполяция (силлиқлаш (яқинлаштириш)) масаласи деб юритилади, агар бўлса, унда филтрлаш масаласи $s = k$, $s > k$ олдиндан айтиш (башорат) масаласи бўлади.

Башоратлаш масалаларини ечиш учун асосий йўналишларни танлаш шундай омилларни ҳисобга олиб, алгоритмни амалга ошириш, унинг тез ҳаракатлилиги (вақтинчалик сарфлар) ва

ишончлилигига асосланилади. Шу нуқтаи-назардан алгоритмларнинг рекуррентлик шаклининг устунлиги равшанки, ЭХМ хотираси ва ечим вақтининг катта сарфларини талаб қилмайди.

Ностациялиар жараёнлар ва статистик халақит берувчиларнинг кенг синфлари учун филтрлаш ва башоратлаш масалалари билан боғлиқ натижалар Р.Калман ва Р.Бьюси томонидан олинган эди. Калман филтрининг дискретли вариантыга мурожаат қиламиз.

Динамик ўзаро нисбат (боғлиқлик)ни кўриб ўтаемиз:

$$X_{n+1} = F * X + G * U, \quad (2.2)$$

Бу ерда F ва G – кириш сигналига чекловларни ва жараёнинг динамик хоссасини мувофиқликни изохлайди. U_n – нулли математик кутилиш ва Q ковариациялиги матрицали гауссинг мустақил тасодифий кетма-кетлиги.

Кузатув ўзаро нисбатда аниқланади:

$$Z_n = H \cdot X_n + V_n. \quad (2.3)$$

бу ерда H – кузатувга қўйилган чеклашни изохлайди, U_n , ли R ковариациялиги матрицали X_n ; V_n – аналогик кетма-кетлик

$X(0)$ бошланғич шарт ҳисобланади, шу билан бирга,

$$M[X(O)] = X, \text{ cov}[X(O), X(O)] = P_O.$$

F , G ва H қийматлари вақт ичида ўзгаради.

Баҳолашни олиш масаласи $x_i (0 \leq i \leq n)$ бўлиши мумкин ва қуйидаги тарзда қўйилади [90].

$Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ ўлчашлари берилган. Ўлчашлар маълумотлари бўйича $X_{i/n} (0 \leq i \leq n)$ баҳолашни аниқлаш талаб этилсин, мезонлари минималлаштирилган ҳолда:

$$J = \frac{1}{2} \left[(X_{o/n} - \bar{X})^T P_o^{-1} (X_{o/n} - \bar{X}) \right] + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2} \left\{ \left[(Z_{i+1} - HX_{i+1/n})^T R^{-1} * (Z_{i+1} - HX_{i+1/n}) \right] + \left[(U_{i/n})^T Q^{-1} (U_{i/n}) \right] \right\}. \quad (2.4)$$

Чекловлар ҳолатида

$$X_{(i+1)/n} = FX_{i/n} + GU_{i/n}.$$

Башоратлаш масалаларини ечишда оптимал (минималлаштирилган мезон J) баҳолаш билимлари зарур бўлади, яъни биринчи навбатда филтрлаш масаласи $X_{n/n}$ ни ечиш зарур.

Филтрлашнинг масаласини оптимал ечишни қуйидаги ўзаро нисбат [14] дан фойдаланиш орқали олиш мумкин:

$$\begin{aligned} X_{n/n} &= FX_{n-1/n-1} + P_{n/n} H^T R^{-1} (Z_n - HFX_{n-1/n-1}) \\ P_{n/n} &= P_{n/n-1} H^T (HP_{n/n-1} H^T + P)^{-1} HP_{n/n-1} \\ P_{n/n-1} &= FP_{n-1/n-1} F^T + GQG^T. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Агар етарли даражадаги тасаввурга яраша статистик маълумотлар етарли бўлса, башоратланувчи филтрларни қўллашда умуман қийинчиликлар бўлмайди.

Башоратланувчи филтрлар ўқиб-ўрганилувчи бўлиши мумкин. “Ўрганилувчи” бундай ғоялар (статистик маълумотларининг жамғарилишига кўра) жараёнинг корреляцияли функцияси ҳамда бу функцияга асосланган оптимал филтрнинг янги параметрлари ва мос келувчи филтрнинг қайта қурилишини ҳисоблашда аниқликка тааллуқли бўлади.

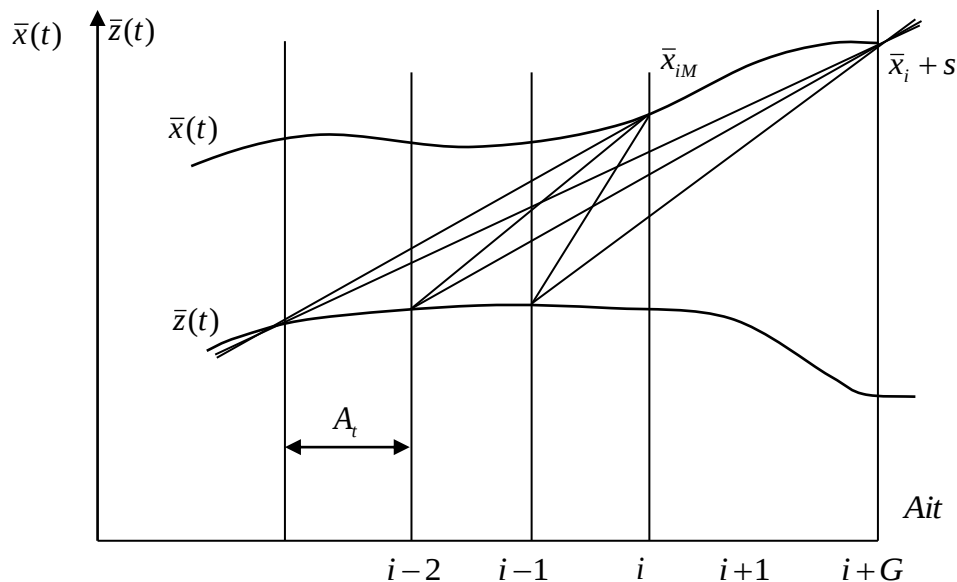
Калман-Бьюси алгоритмини қўлланиш соҳасини сезиларли чеклаш омили бўлиб ҳолатни бошқариш ва талабларни кузатиш кўринишида бериладиган бошқарувнинг динамик тизими тўғрисидаги априор маълумотларнинг етарли катта ҳажми бўлиб ҳисобланади ва уларнинг чизиқлилиги ҳам параметрлар, ҳам фазали координаталар бўйича ҳамда тизим хатолигининг бошланғич баҳолашни аниқлигининг етарлилигига талаблар таклиф этилади, амалиётда улар эса кўпинча қийинчиликлар билан тақдим қилинади.

2.2. Дискретли башоралнувчи филтрнинг корреляцияли синтези

Ишлаб чиқаришнинг кенг синфлари оддий чизикли дифференциаллар ёки турлича тартибларнинг турли хил чизикли тенгламалари орқали таърифланади. Арйим ҳолларда, паст динамикли нозичикли жараёнлар амалиётда чизикли аппроксимациялар сифатида моделлар қуриш билан чегараланади. Бундай жараёнлар бўлиб, масалан, ўртача қийматларга кўра унча катта бўлмаган тебранишларга нисбатан ўзгарувчи ўртача қийматлари ўзгарадиган жараёнлар ҳисобланади.

Агар ишлаб чиқариш жараёнларига норозилик таъсирлари ва унинг параметрлари ёки координаталари тасодифийдек бўладигандек таъсир кўрсатса, унда жараён параметрларининг масалаларини чизикли филтрлаш ва тасодифий жараёнлар экстраполяцияси масалалари сифатида келтириш мумкин бўлади.

Майли ишлаб чиқариш жараёни ўзининг нормал кетишида номинал фазавий траекторияли деб изоҳланувчи бошқарув объекти ҳисоблансин (расм-2.2).



Расм-2.2. Жараён ҳолати векторини башоратлаш.

0 нуктада жорий ҳолатнинг бошланғич баҳосига эгамиз, Бошланғич баҳо K_0 хатоларнинг ковариацияли матрицаси деб (расм-2.2.да—эллипсоид) изоҳланиб, мустақил параметрлар ҳолатида диагоналли бўлади. $\bar{X}$ ва K_0 баҳоаларнинг қийматлари ишлаб чиқариш жараёни учун шартлар ва рухсат этишлар деб берилиб, улар мазкур жараённинг технологик ҳужжатларида жойлашган бўлади.

Худда шу 0 нуктада $\bar{Z}$ векторининг ўлчови хатолари билан, K_{z0} ковариацияли матрица билан изоҳланади. Ўлчов натижаларини муайян тарзда қайта ишлаб 0 нуктада янги баҳо $\bar{X}^+$ о ни оламыз ва у янги ковариацияли матрица K_0^+ ни изоҳлайди. Тахмин қилайлик, 1 нуктада навбатдаги ўлчов $\bar{Z}_1$ ҳосил қилинсин. Бошланғич баҳолаш билимларига ва жараён моделига асосланиб 1 нукта учун экстраполяциялашган ва ковариацияли матрица K_1 хатоли $\bar{X}_1$ баҳони оламыз, у ўз навбатида 1 нуктадаги экстраполяцияли матрица K_0^+ ҳисобланади.

$\bar{Z}_1$ ўлчашлар натижаларини қайта ишлаш процедураларидан яна фойдаланиб хатоли 1 нукта учун $\bar{X}_1^+$ ҳолатнинг янги баҳосини оламыз, у K_1^+ кварицияли матрица билан изоҳланади.

Қайта ишлаш процедураси шунадй бўлиши керакки, ҳолат параметрларининг яниг

аниқлаштирилган баҳосини ҳар бир қадамда қониқтириши аралаштирилмаганлик, самарадорлик, ҳолатлилик, яъники баъзи маъноларда бирмунча яхши шароитда бўлиши мумкин.

Тадқиқ қилинаётган жараённинг параметрларининг қийматини олдиндан айтиш масаласи қуйидагича бўлади. Бошланғич баҳолаш $\bar{X}_0$, K_0 га ҳамда $Z_j (j = \overline{1, i})$ ўлчашларга асосланиб, бевосита кузатув учун иложи бўлмаган $\bar{X}_{i+s} (S \geq 1)$ жараён ҳолатининг баҳосини олишимиз зарур.

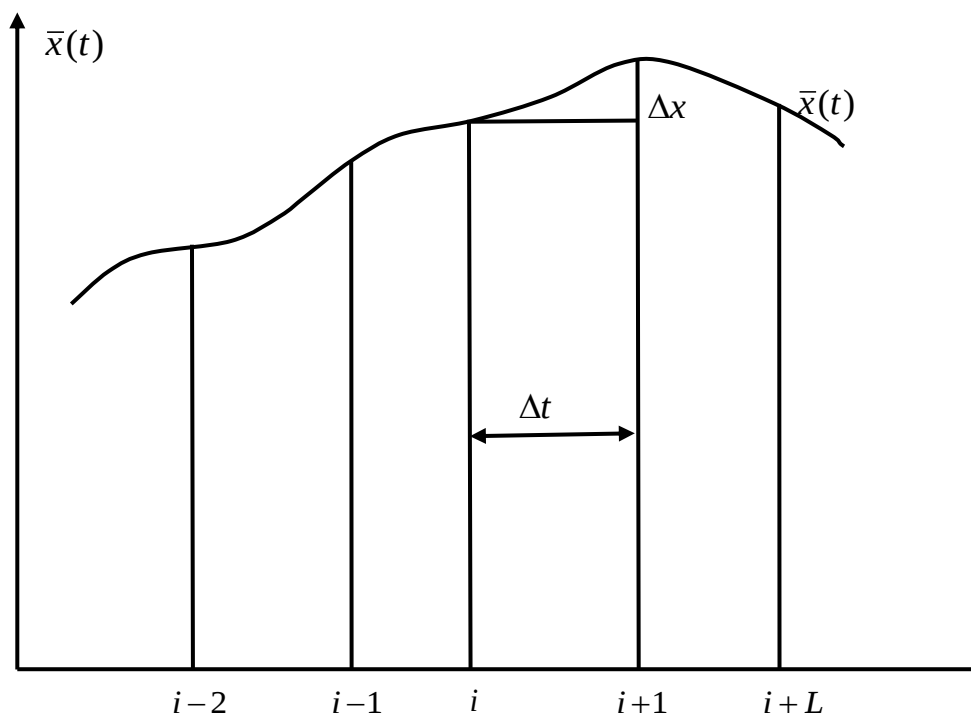
Расм-2.3 да кўрсатилганидек, $\bar{Z}_j (j = \overline{1, i})$ ўлчашлар тўғрисидаги ахборотларга асосланиб, бир интервал $\bar{X}_{i+1}$ квантлаш ва ихтиёрий $\bar{X}_{i+s}$ вақт интервалидаги жараён ҳолатининг башоратли баҳосини оламиз.

Қўйилган масалани ечиш учун ўлчалашларни кетма-кет қайта ишлашнинг реал вақт масшатабида ишловчи самарали алгоритмлари талаб қилинади. Бундай алгоритмларни дискретли вақтга эга ностациялар гауссча маркча жараёнларни башоратлаш учун олиш мумкин. Гауссча тақсимот аналитик ва ҳисоблаш нуқтаи-назаридан жуда қулай ҳисобланади. Гауссча усул кўпгина физик жараёнларни тасодифий юритилишининг апроксимацияси учун ҳам қабул қилиниши мумкин.

Юқорида айтилганидек, ишлаб чиқариш жараёнларининг параметрларини башоратлашни тасодифий жараёнларни экстраполяциялаш масалалари ҳамда филтрлаш масалаларини кетма-кетлик билан ечишда амалга оширса бўлади. Процедураларни аналитик лойиҳалашнинг биринчи типи Калман-Бьюси филтрлари каби маълум бўлган содда ва кетма-кетли алгоритмлардан фойдаланишга асосланади.

Кўп ўчловли дискрет тизимлар кўринишида башоратланадиган жараён берилган бўлсин ва унинг i -ҳолатдан $(i+1)$ -га ўтиши кўп ўлчовли турлича тенгламалар [15] да ифодаланади:

$$\bar{X}_{i+1} = A_{i,i+1} \bar{X}_i + \bar{\varepsilon}_i, \quad (2.6)$$



Расм–2.3. Квантлаш интервалидаги $x(t)$ функциясининг чизикли апроксимацияси.

$\bar{X}_i$ –вектор–фазавий координатлар устуни i -моментли $(n \times 1)$ ўлчамлиликда;

$\bar{\varepsilon}_i$ –вектор– аддитивли халақит берувчилар устуни $(n \times 1)$.ўлчамлиликда.

i - вақт моментида $\bar{Z}_i$ векторли ўлчаш бўлиб, у векторли тенгламали фазавий ҳолат вектори билан:

$$\bar{Z}_i = D_i \bar{X}_i + \bar{\delta}_i, \quad (2.7)$$

бу ерда $\bar{Z}_i$ – вектор–ўлчаш устуни $(m \times 1)$ ўлчамлиликда;

D_i – маълум бўлган коэффицентлар матрицаси $(m \times 1)$ ўлчамлиликда;

$\bar{\delta}_i$ – вектор– аддитив халақит берувчилар устуни $(n \times 1)$ ўлчамлиликда.

$\bar{\varepsilon}$ ва $\bar{\delta}$ тасодифий ҳолатлар нулга тенг бўлган ўртача қийматларда мустақил деб ҳисоблаймиз:

$$M(\bar{\varepsilon}) = M(\bar{\delta}) = 0,$$

ва симметрик манфий бўлмаган майян ковариацияли матрицалар билан:

$$M[\bar{\varepsilon} \bar{\varepsilon}'] = Q, \quad M[\bar{\delta} \bar{\delta}'] = R.$$

(2.7) тенглама $(i+1)$ –моментдаги вектор ҳолатини экстраполяцияли баҳосини олиш имконини беради:

$$\bar{X}_{i+1} = A_{i,i+1} \bar{X}_i. \quad (2.8)$$

Экстраполяцияли баҳоланинг хатоси қуйидаги ковариацияли матрица билан изоҳланади:

$$K_{i+1} = A_{i,i+1} K_i A_{i,i+1} + Q_i. \quad (2.9)$$

Жараённинг фазали ҳолатини янгидан баҳолашга экстраполяцияли баҳо ва ўлчанинг марказлашган векторини чизиқли комбинацияси кўринишида қидиришимиз мумкин.

Оптимал баҳонинг чизиқли шаклини танлашда қуйидаги асосий омиллар билан аниқланади. Биринчидан, кўпгина техникавий масалаларда чизиқли курилмалар ёрдамида буни амалга оширади. Иккинчидан, оптимал чизиқли оператор нормал тасодифий жараён учун А-оптималлик мезонини бажаришда, яъни чизиқли оператордан бошқа ҳар қандай бошқа ночизиқ операторга ўтиш йўли билан мезоннинг қийматини яхшилаш олмайди. Сўнгги таклифни исботлаш мумкин.

$\bar{X}_i^+$ - ҳолатнинг янги баҳоси ночизиқли функциянинг $\bar{X}_i$ –эски баҳосини ва $\bar{Z}_i$ –ўлчанинг жорий вектори бўлсин:

$$\bar{X}_i^+ = \Phi(\bar{X}_i, \bar{Z}_i).$$

Φ векторли функция А-оптималлик мезони бўйича танланадики, бўлиши учун

$$\text{tr} M \left\{ \left[\Phi(\bar{X}_i, \bar{Z}_i) - \bar{X}_i^+ \right] \left[\Phi(\bar{X}_i, \bar{Z}_i) - \bar{X}_i^+ \right]' \right\} = \min_{\Phi}. \quad (2.10)$$

(2.10) шартни қуйидаги кўринишда тасаввур қилиш мумкин:

$$\begin{aligned} \text{tr} \left\{ \left[\Phi(\bar{X}_i, \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) + M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - \bar{X}_i^+ \right] \right\} &= \min_{\Phi} \\ \left[\Phi(\bar{X}_i, \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) + M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - \bar{X}_i^+ \right] &= \min_{\Phi}. \end{aligned}$$

Қвсларни оча бориб математик кутилиш хоссларидан фойдаланганимиз ҳолда, олаимиз:

$$\begin{aligned} &\text{tr} M \left\{ \left[\bar{X}_i, \bar{Z}_i \right]' \left[\bar{X}_i^+ - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) \right] \right\} + \\ &M \left\{ \left[\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) \right] \left[\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) \right]' \right\} - \\ &2M \left\{ \left[\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) \right] \left[\bar{X}_i^+ - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) \right] \right\} = \min_{\Phi} \end{aligned} \quad (2.11)$$

(2.11) даги сўнгги қўшилувчи нулга тенг, биринчи кўпайтмани ўртачалаштиришни

бажаришда доимий бўлиб, иккинчи айният нулга тенг, яъни:

$$M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) = 0.$$

Шундай қилиб, Φ функциянинг кўринишини ўзгартира туриб, (2.11) даги фақат иккинчи кўшилувчини ўзгартирамиз. Эга бўламиз:

$$trM\left\{\left[\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i)\right]\left[\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) - M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i)\right]\right\} = \min.$$

Бу ифода минимал қийматга қуйидаги шартда эга бўлади:

$$\Phi(\bar{X}_i / \bar{Z}_i) = M(\bar{X}_i / \bar{Z}_i).$$

Шундай қилиб, ҳар қандай тақсимот қонуни шароитида А-оптималлик мезони бўйича янги баҳонинг функцияси янги баҳонинг қиймати $\bar{Z}_i$ –ўлчашларни бажариш ҳисобига шартли математик кутилишга тенг бўлади. Нормал қонун учун эса, шартли математик кутилишнинг тақсимланиши чизиқли равишдада берилганидек катталиқ орқали тахмин қилинади.

Шунга кўра, ахборотларни оптимал қайта ишлашда тақсимотнинг нормал қонуни бўйича мезонларни нозикли операторга ўтиш йўли билан яхшилаб бўлмайди.

Айтилганларига мувофиқ янги баҳо қуйидагича кўринишда ёзилади:

$$\bar{X}_i^+ = \bar{X}_i + F(\bar{Z}_i - D\bar{X}_i), \quad (2.12)$$

бу ерда, F_i - кучайтириш коэффициентининг матрицаси $(n \times m)$ ўлчамлиликда.

$\bar{X}_i^+$ оптимал баҳо экстраполяциялашган $\bar{X}_i$ га тенг плюс охириги $\bar{Z}_i$ ўлчашнинг ўлчамлилиги ва унинг олдинги нукта $D_i \bar{X}_i$ даги боғлиқлигидан келиб чиқадиган чизиқли тузатувчи аъзо.

Тасаввур қиламиз ифода (2.12) кўринишида бўлсин:

$$\bar{X}_i^+ - \bar{X}_i = \bar{X}_i - \bar{X}_i + F_i \left[-D_i(\bar{X}_i - \bar{X}_i) + \bar{\delta}_i \right],$$

бу ерда $\bar{X}_i$ – тадқиқ қилинаётган объектнинг фазали векторининг ҳақиқий қиймати.

У ҳолда, фазали ҳолат янги баҳосининг хатсои тенг бўлади:

$$\bar{\varepsilon}_i^+ = \bar{\varepsilon}_i + F_i [\bar{\delta}_i - D_i \bar{\varepsilon}_i].$$

Бошқариладиган жараён ҳолатининг янги баҳоси ковариацияли хатосининг матрицасини аниқлаймиз. Ниқланиш бўйича эгамиз:

$$K_i^+ = M(\bar{\varepsilon}_i^+ \bar{\varepsilon}_i^{+'}).$$

Математик кутилиш операциясини бажара туриб, матрицанинг муносабат леммасидан фойдаланиб, топамиз:

$$\begin{aligned} K_i^+ &= K_i - F_i D_i K_i + F_i R_i \bar{F}_i - K_i D_i' F_i' + F_i D_i K_i D_i' F_i' = \\ &K_i - F_i D_i K_i - K_i D_i' F_i' + F_i (R_i + D_i K_i D_i') F_i' \end{aligned} \quad (1.13)$$

А-оптималлик мезонининг оптималлик мезони сифатида янги баҳонинг ковариацияли хатосининг матрицаси минимум изининг мезони:

$$\min_{F_i} tr K_i^+.$$

Зарур бўлган оптималлик шарти қуйидаги кўриниш олади:

$$\frac{dtr K_i^+}{dF_i} = 0, \quad (2.14)$$

ёки

$$-2K_i D_i + 2F_i (R_i + D_i K_i D_i') = 0.$$

бу ердан:

$$F_i = K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}. \quad (2.15)$$

(2.14) дан олинган иккинчи ҳосилани олиб қўрайлик, яъни

$$\frac{d^2 \text{tr} K_i^+}{d^2 F_i} = 2(R_i + D_i K_i D_i') > 0.$$

Мадомики, иккинчи ҳосиланинг матрицаси барча минорлари мусбат бўлса, ковариацияли матрицанинг минимумини топамиз.

(2.12), (2.13), (2.15) ифодаларни бирлаштириб, оптимал филтрни ёзиб олувчи тизимни оламиз:

$$\begin{aligned}\bar{X}_i^+ &= \bar{X}_i + F_i (\bar{Z}_i - D_i \bar{X}_i), \\ F_i &= K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}, \\ K_i' &= K_i - K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1} D_i K_i\end{aligned}\quad (2.16)$$

Корреляцияли назария доирасида олинган (2.16) оптимал филтрити калман типдаги филтрити ҳисобланади ва хатоларининг умумлашган дисперсияси минимуми (ковариацияли матрица K_i^+ изининг минимуми) бўйича башораланаётган жараён параметрларининг оптимал баҳосининг олиншини таъминлайди.

Ҳолат векторининг оптимал баҳосини берувчи (2.16) дискрет филтрити асосланиб, тадқиқот параметрларининг кузатилаётган қийматлари башоратлаш алгоритмларини куриш мумкин.

Фараз қилайлик, кузатув i – моментгача тўлиқлигича ўтказилди. (2.16) га асосан $\bar{X}_i^+$ ҳолат векторининг оптимал баҳоси ва K_i^+ хатонинг ковариацияли матрицаси олиншини мумкин. (2.16) ни ҳисобга олиб, $(i + s, s \geq 1)$ даги вақт моментда тадқиқ қилинган қийматнинг башоратини қуйидаги тарзда олиш мумкин:

$$\bar{X}_{i+s} = A_{i,i+s} \bar{X}_i^+, \quad (2.17)$$

да

$$A_{i,i+s} = A_{i+s-1,i+s}, A_{i+s-2,i+s-1}, \dots, A_{i,i+1}.$$

Қуйидагича муайян ифодада экстарполяцияланган баҳосининг хатоси ковариацияли матрица билан изоҳланади:

$$K_{i+s} = A_{i,i+s} K_i^+ A_{i,i+s}' + \sum_{n=1}^s A_{i+n,i+s} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+s}'. \quad (2.18)$$

Қисман олганда, бирқадамли башоратлаш ҳолати учун, у ҳолда ифода (2.17) ва (2.18), (2.18) ва (2.19) дан мос тушади

(2.16), (2.17), (2.18) ифодаларини дискретли оптимал башораланадиган филтрити ҳосил қилувчи тизимга бирлаштириш мумкин:

$$\begin{aligned}\bar{X}_{i+s} &= A_{i,i+s} \bar{X}_i^+ \\ K_{i+0} &= A_{i,i+s} K_i^+ A_{i,i+s}' + \sum_{n=1}^s A_{i+n,i+s} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+s}' \\ \hat{\bar{X}}_i^+ &+ \hat{\bar{X}}_i + F_i (\bar{Z}_i - \bar{D}_i \bar{X}_i), \\ F_i &= K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1} \\ K_i^+ &= K_i - K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1} D_i K_i, \end{aligned}\quad (2.19)$$

где $i = 0, 1 \dots; S > 1;$

$\hat{\bar{X}}_0, K_0$ – берилган бошланғич баҳолар.

Шуни белгилаш лозимки, башоратланувчи (2.19) филтрити $\bar{\varepsilon}$ ва $\bar{\delta}$ ли халақит

берувчиларнинг тақсимланиш қонуни кўринишида ҳеч қандай чегаралашларни қўймайди.

(2.19) процедурада топилган таосдифий чизикли технологик жараёнлар ва тизимлар ҳолатида башоратли баҳоларнинг аниқлиги нуқтаи-назаридан самарали ҳисобланади.

В случае линейных систем и моделей технологических процессов найденные процедуры (2.19) являются эффективными с точки зрения обеспечения точности прогнозных оценок.

(2.19) алгоритмнинг блок-схемаси расм-2.14 да аксэтирилган

2.3. Дискретли башоратланувчи фильтрнинг ахборотли хоссалари.

Ахборотларни қайта ишлашни бажарувчи оптимал башоратланувчи процедураларнинг синтезида уларнинг ахборотлашганлиги, яъни ҳар бир янги олинган башорат баҳоси қанча миқдорда ахборот қўя олиши билан боғлиқдир.

Бошқача қилиб айтганда, бир қатор ҳолатларда қайта ишлаш чоғида башорат бағолари умумлашган дисперсия минимумининг мезонидан олинмайди. Балки навбатдаги ўлчаовларда сақланувчи жараённинг жорий ҳолати тўғрисидаги ахборотлар миқдорининг мезонидан келиб чиқади.

Шунга кўра, максимум ахборотлар мезони бўйича қуриладиган статистик маълумотларни қатъа ишлаш рекуррент процедураларнинг айрим хоссаларини кўриб чиқамиз.

Майли жараён ҳолати аввалгидек $(n \times 1)$ ўлчамликдаги $\bar{x}$ фазали координаталарнинг евкторли-устуни бўйича ифодалансин. i – вақт моментида жорий ҳолат ҳақидаги априорли ахборотга эга бўламиз:

$\bar{\bar{x}}_i$ – ҳолатнинг жорий баҳоси;

K_i – $(n \times n)$ ўлчамликдаги бу баҳонинг хатосини ижобий аниқланган ковариацияли матрицаси.

Фараз қилинмоқдаки, ўрганилаётган объектнинг ҳолат баҳоси кўпўлчовли нормал тақсимот қонунига бўйсунади.

Майли i –моментда векторли ўлчов $\bar{z}_i$ ҳосил қилинсин, у i –моментдаги ҳолат баҳоси билан чизик равишда боғлангандир:

$$\bar{z}_i = D_i \bar{\bar{x}}_i + \bar{\delta}_i. \quad (2.20)$$

Фараз қилинмоқда, $\bar{\delta}_i$ ўлчашнинг хатоси $(m \times m)$ ўлчамликдаги R_i ўртча ва мусбат аниқланган ковариацияли матрица тақсимотнинг кўп ўлчовли нормал қонунига бўйсунади.

J ахборотнинг миқдори ўлчашни етказиб бериб, тенг бўлади

$$J = H(\bar{x}_i) - H(\bar{x}_i / \bar{z}_i). \quad (2.21)$$

бу ерда H –энтропия, ёки жараён ҳолатини номуайян билиш.

Энтропия тизимини кўриб чиқамиз, у $\bar{Y}$ – вектор билан аниқланиб, $\bar{\bar{Y}}$ математик кутилишли тақсимотнинг кўп ўлчовли нормала қонуни ва T [16] ковариацияли матрицага бўйсунади:

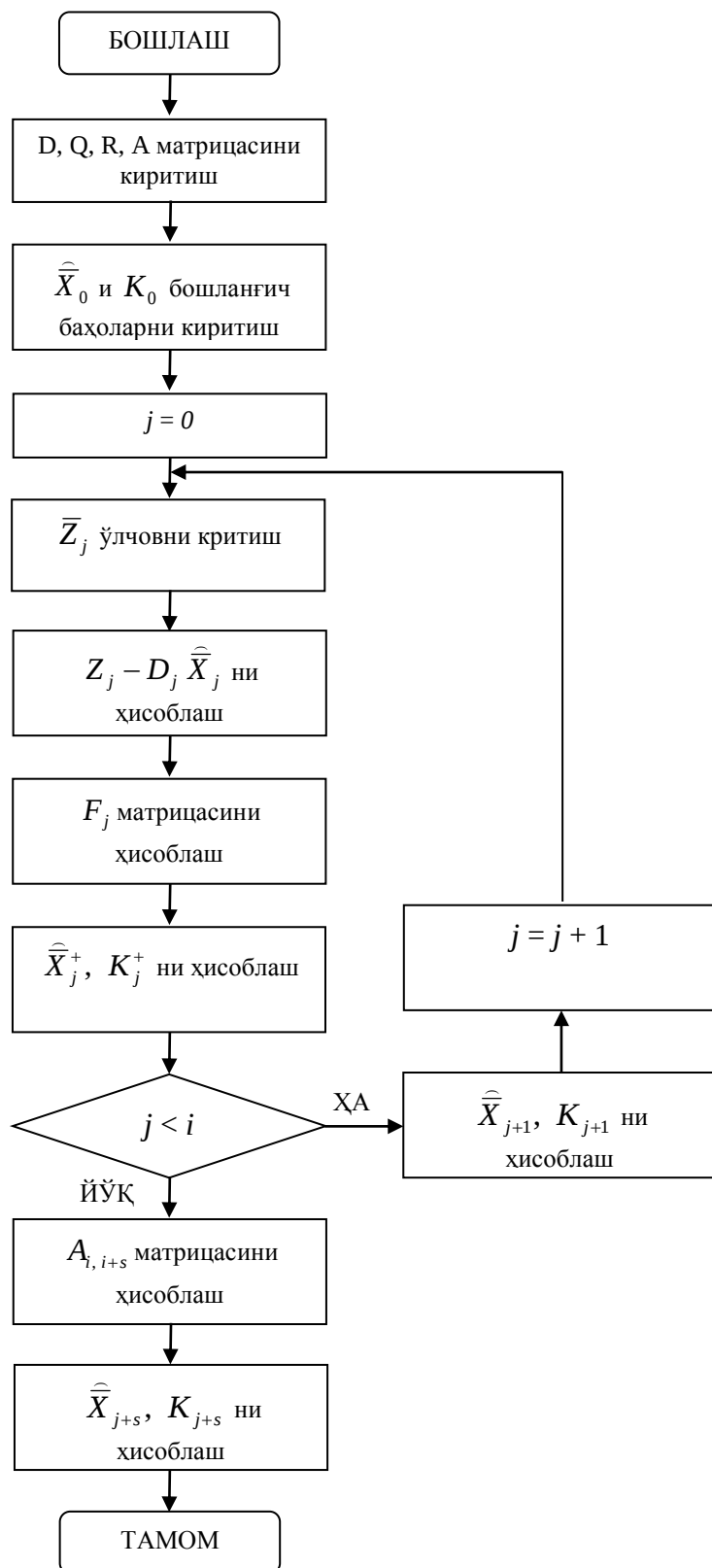
$$H(y) = \ln[(2\pi)^{n/2} \det^{1/2} T] + \frac{1}{2} (2\pi)^{-n/2} \det^{-1/2} T \int_{-\infty}^{\infty} (\bar{y} - \bar{y})' T' (\bar{y} - \bar{y}) \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\bar{y} - \bar{y})' T^{-1} (\bar{y} - \bar{y}) \right\} d\bar{y}. \quad (2.22)$$

Ўзгарувчиларнинг ортогонал алмаштиришни бажарамиз:

$$\bar{y} - \bar{y} = Oq,$$

бу ерда, Oq –матрица ортогонал ыайта ҳосил бўлувчи, T ковариациал матрицани $(n \times n)$ ўлчамликдаги диагонал шаклга олиб келади

якобиан ҳосилани ҳисобга олиб, $\det Oq = \det Oq = 1$,



Расм-2.4. Дискретли оптимал баиоратладиган филътрнинг блок-схемаси.

Айрим ҳосилалардан кейин қуйидагини оламиз:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} (\bar{y} - \bar{y})' T^{-1} (\bar{y} - \bar{y}) \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\bar{y} - \bar{y})' T (\bar{y} - \bar{y}) \right\} d\bar{y}_1 \cdots d\bar{y}_n = \\ = \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\bar{p}' \wedge \bar{p}}{2} e^{-1/2 \bar{p}' \bar{p}} dp_1 \cdots dp_n, \end{aligned} \quad (2.23)$$

где $\{\wedge_i\} = \lambda_i$ ($i = \overline{1, n}$) – диагоналли матрица, бош диагоналдаги матрицанинг ўз қийматида жойлашган бўлади.

(2.23) мувофиқликни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{p_i}{2} \lambda_i e^{-1/2 p_i^2 \lambda_i} \prod_{j=1}^n e^{-1/2 p_j^2 \lambda_j} dp_i \cdots dp_n = \\ \sum_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{p_i}{2} \lambda_i e^{-1/2 p_i^2 \lambda_i} dp_i = \frac{(2\pi)^{(n-1)/2}}{\sqrt{\prod_{j=1}^n \lambda_j}} = \\ \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \frac{(2\pi)^{n/2}}{\sqrt{\prod_{j=1}^n \lambda_j}} = \frac{n}{2} \frac{(2\pi)^{n/2}}{\det T}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

(2.22) да (2.24)ни қўйиб чиқиб, кейин айрим алмаштиришларни олишимиз мумкин:

$$H(\bar{y}) = \frac{1}{2} \left[(2\pi)^n \det T \right] + \frac{n}{2}. \quad (2.25)$$

Топилган (2.25) ифодани ҳисобга олиб, унда эҳтимолликнинг апостериор зичлиги ковариациал матрица K_{X_i/Z_i} ли ва маълум математик кутилишли кўп ўлчовли нормал тақсимотга эга бўлиб, (2.21) дан эгамиз:

$$J = \frac{1}{2} \ln \frac{\det K}{\det K_{X_i/Z_i}}. \quad (2.26)$$

(2.26) дан келиб чиқиб, тақсимотнинг кўпўлчовли нормал қонуни ҳолатида ахборот максимумининг мезони D – оптималлик мезонига эквивалент бўлади, шундай қилиб эҳтимолликнинг апостериор зичлиги ковариацияли матрицасининг аниқловчи минимуми мезони:

$$\max J \sim \min \det K_{X_i/Z_i}.$$

Жараён ҳолатининг баҳосини топишни кўриб чиқамиз. $\bar{X}_i^+$ ҳолатнинг янги баҳоси бажарилган ўлчашлар ҳисобга олган ҳолда $\bar{X}_i$ эски баҳонинг чизиқли комбинацияси ва ўлчашларнинг марказлашган векторининг кўринишида

$$\bar{X}_i^+ = \bar{X}_i + P_i(\bar{Z}_i - \bar{Z}_i),$$

бу ерда $\bar{Z}_i = M(\bar{Z}_i)$ – ўлчаш векторининг математик кутилиши;

$P_i - (n \times m)$ ўлчамликдаги кучайтиришнинг номаълум коэффициентининг тўғри бурчакли матрицаси.

Янги баҳонинг хатоси кўринишга эга:

$$\bar{\varepsilon}_i^+ = \bar{\varepsilon}_i + p_i(\bar{Z}_i - \bar{Z}_i). \quad (2.27)$$

(2.27) дан кўринадики, янги баҳо аралашмаган ҳисобланади, агар эски баҳо ҳам аралашмаган бўлади. Янги баҳонинг ковариацияли матрицаси айрим алмаштиришлардан сўнг

куйидаги кўринишни олади:

$$K_i^+ = K_i + P_i R_i P_i' + P_i D_i K_i D_i' P_i' - K_i D_i' P_i' - P_i D_i K_i, \quad (2.28)$$

бу ерда R_i –ўлчаш хатоларининг ковариацияли матрицаси.

Агар белгиларни киритсак:

$$M = K_i - K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i') D_i K_i,$$

$$Y = P_i - K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}$$

$$Q = R_i + D_i K_i D_i',$$

Айрим матрицали қайта ҳосил қилишлардан кейин янги хатоларнинг ковариацияли матрицасини куйидаги кўринишга олиб келиш мумкин:

$$K_i^+ = M + Y \cdot Q \cdot Y'. \quad (2.29)$$

(2.29) ифодадан M ва Q матрицалар $(n \times n)$ ва $(m \times m)$ ўлчамликларда ижобий жиҳатдан аниқланган симметрикка мос. Шундай қилиб, Q матрицаси ижобий аниқланган ва симметрик, уни куйидаги кўринишда тасвирлаймиз:

$$Q = T \cdot T',$$

бу ерда $T = B' \wedge Q^{1/2}$, $\wedge = BQB'$;

B –ортогонал матрица, $(m \times n)$ ўлчамликда, диагональ шаклга нисбатан Q матрица;

$\wedge$ –диагональ матрица.

Ўрин алмаштиришни амалга ория туриб

$$F = Y B' \wedge^{1/2},$$

эга бўламиз

$$K_i^+ = M + FF', \quad (2.30)$$

бу ерда F – $(n \times m)$ ўлчамликда тўғри бурчакли матрица.

F матрица $\bar{f}_j$ ($j = \overline{1, n}$) векторларнинг n тўпламида кўриб чиқиш қулай, бунда $\bar{f}_j$ вектор $(m \times 1)$ ўлчамликка эга бўлади

Бу ҳолатда FF' матрицада Грамм матрицаси ҳисобланади:

$$FF' = \begin{pmatrix} (f_1 f_1) & (f_1 f_2) & \cdots & (f_1 f_n) \\ (f_2 f_1) & (f_2 f_2) & \cdots & (f_2 f_n) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ (f_n f_1) & (f_n f_2) & \cdots & (f_n f_n) \end{pmatrix},$$

бу ерда $(\bar{f}_k \bar{f}_j)$ – векторларни скалярли қайта ҳосила қилиш f_k и f_j ($k, j = \overline{1, n}$) векторлардир.

Агар оптималлик мезони бўлиб А-оптималликни қабул қилсак, унда янги баҳо хатоларининг ковариацияли матрицаси изи бўлиб, олнади:

$$L_A = tr K_i^+ = \sum_{k=1}^n [m_{kk} + (f_k f_k)], \quad (2.31)$$

бу ерда m_{kk} – матрицы M матрицанинг диагонали элементлари.

(2.31) ифоданинг минимуми учун зарур бўлади, чунки $\bar{f}_k = 0$, у ҳолда $F = 0$, $Y = 0$.

Шундан келиб чиқиб, оламиз:

$$P_i = K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}$$

$$K_i^+ = M = K_i - K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i') D_i K_i = (K_i^{-1} + D_i' R_i^{-1} D_i)^{-1}. \quad (2.32)$$

(2.32) тенглама Калман фильтри [17] ни акс эттиради.

D–оптималлик мезони L_D ни кўриб чиқамиз:

$$L_D = \det (K_i^+).$$

Шуни ҳисобга олган ҳолда, аниқловчини биринчи қатор элементлари бўйича қўйиб чиқиб, эга бўламиз:

$$L_D = \sum_{j=1}^n (m_{1j} + \bar{f}_1 \bar{f}_j) D_{1j}, \quad (2.33)$$

бу ерда, m_{1j} – биринчи қатор матрицаси M нинг элементлари;

$(M + FF')$, $(j = \overline{1, n})$ биринчи қатор матрицаларининг элементларини алгебраик қўшимчалари.

Оптималликнинг зарурий шarti бўлиб (L_D мезони маъносида) ҳисобланади:

$$\frac{dL_D}{d\bar{f}_k} = 0, \quad (k = \overline{1, n}). \quad (2.34)$$

(2.34) экстремал тенгламаларнинг умумий миқдори mn га тенг. (2.33) ифоданинг алгебраик қўшимлари D_{1j} бўлиб функциялар ҳисобланишини ҳисобга олиб, сўнгра айрим ҳосилалар (2.34) тенгламалар устида қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\begin{aligned} 2\bar{f}_1 D_{11} + \sum_{j=2}^n f_j D_{1j} \left[1 + \sum_{j=2}^n (m_{1j} + \bar{f}_1 \bar{f}_j) \right] &= 0; \\ \bar{f}_1 D_{12} + 2 \sum_{j=1}^n \left\{ (\bar{f}_1 \bar{f}_j + m_{1j}) \left(\sum_{k=1}^n f_k D_{2k} \right) \right\} &= 0; \\ \dots\dots\dots & \\ \dots\dots\dots & \\ \bar{f}_1 D_{1n} + 2 \sum_{j=1}^n \left\{ (\bar{f}_1 \bar{f}_j + m_{1j}) \left(\sum_{k=1}^n f_k D_{nk} \right) \right\} &= 0. \end{aligned} \quad (2.35)$$

Шундай қилиб, (2.35) экстермал тенгламанинг тизими $\bar{f}_k$ га нисбатан бир хиллик тизим ҳисобланади.

Тизим шунга кўра, ечимга эга:

$$\bar{f}_k = 0, \quad (k = \overline{1, n}),$$

ечимга эквивалентли

$$F = 0, \quad Y = 0. \quad (2.36)$$

(2.36) дан келиб чиқиб, (2.32) ечим, A -оптималлик маъносида оптимал бўлиб, D -оптималлик маъносида ҳам оптимал бўлади, аниқроғи Калман типигади филтёрлар рекуррент процедуралар жараён ҳолатининг башоратли баҳолари учун ўлчовларнинг мавжуд барча мумкин бўлган ахборотларидан фойдаланади. Бу ахборотлар тўғрисидаги асосий қоидалари билан мувофиқ келиб, уларга кўра башоратланётган жараён ҳолати ҳақидаги унча кўп бўлмаган ахборотлар анча аниқроқ баҳони бера олади. Шундай қилиб, ўлчовлар ва ҳолатнинг фазади векторлари ўртасидаги чизиқли боғлиқлик ҳолатида ўлчашлар ва процедуралар ҳамда жараён ҳолати баҳосининг хатоларини тақсимлашнинг (ковариацияли матрицалар изининг минимум мезонлари ва ахборотнинг максимум мезони бўйича топилган) нормал қонунларига эквивалентдир.

2.4 Кимёвий–технологик жараёнлар ва тизимларни математик моделининг априорли беқарор шароитида квазиоптималли башорат қилинувчи филтёрлар синтези.

Бир қатор амалий ҳолатларда жараённинг динамик модели параметрларгача аниқликда берилиши мумкин ёки умуман номаълумлигича қолади. Буни сабаби бўлиб, одатда, Коши нормал шакли [18] да ёзилган, расман математик ифодаланишини дифференциал тенгламалар тизимига киритиб бўлмайдиган ишлаб чиқариш жараёнининг сезиларли мураккабалиги

ҳисобланади. Бундай ҳолатнинг натижаси сифатида калман типдаги оптимал алгоритмларни тоза ҳолида қўллаб бўлмайди.

Шу билан бирга калман типдаги динамик процедураларни қуриш имкони бўлади., агар жараён ҳолатини олдиндан айтишни ҳар бир навбатдаги квантлаш интервалида амалга ошириш мумкин.

Бундай ёндошувнинг асоси бўлиб, ишлаб чиқувчининг мутахассиснинг қўл остидаги маълумотлар жараёнларнинг тури, уларнинг тузилмавий модели, алоқалари (чизиқли, ночизиқли) алоқалари ва ҳалақитлар ва б.қ. тўғрисидаги априор маълумотлар ҳисобланади.

Жараён ҳолатини башоратлаш (экстраполяциялаш) олдинги натижалардан фойдаланган ҳолда амалга оширилиши мумкин, яъни тадқиқ қилинаётган объектнинг физик хоссаларидан келиб чиқиб танланган берилган функциянинг синфи билан ўлчанаётган жараён аппроксимациясини қўллаб, ҳар бир кейинги ўлчанувчи моментдаги жараён динамикасининг тенгламасини моделлаштирилади.

Равшанки, динамика тенгламасининг аппроксимациясини бирмунча оддий шакли бўлиб, квантлашнинг маълум интервали учун Тейлор қатори ёрдамидаги жараённи тақдим этиш бўлади.

Айтилганлардан келиб чиқиб, квантлаш интервалидаги кўп ўлчовли жараён динамикасининг тенгламасини кўп ўлчовли кўринишда қуйидагича таништириш мумкин

$$\bar{x}_{i+1} = \bar{x}_i + \bar{\dot{x}}_i \Delta t + \frac{1}{2!} \bar{\ddot{x}}_i \Delta t^2 + \dots, \quad (2.37)$$

бу ерда, $\bar{x}_i = \bar{x}_i(t_i)$ – момент $T = t_i$ даги ўлчанаётган жараённинг қиймати.

Шундай экан, $\bar{\dot{x}}_i$, $\bar{\ddot{x}}_i$ ҳосиланинг қиймати аниқ маълум эмас, унда уларни аниқлаш учун даги моментлар $(i-1)$, $(i-2)$,... ва б.қ.нинг олдинги ўлчашларидан фойдаланамиз. Бунинг учун $\bar{x}(t)$ функциянинг квантлаш интервалида чизиқли аппроксимацияланади (расм-2.4).

У ҳолда оламиз:

$$\begin{aligned} \bar{\dot{x}}_i &= \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{i-1}}{\Delta t}; \\ \bar{\ddot{x}}_i &= \frac{\bar{\dot{x}}_i - \bar{\dot{x}}_{i-1}}{\Delta t} = \frac{\bar{x}_i - 2\bar{x}_{i-1} + \bar{x}_{i-2}}{\Delta t^2}; \end{aligned} \quad (2.38)$$

(2.38) прцедурадан фойдаланиб, (2.37)нинг қаторлари ҳар қадай аъзоларини ҳисоблаб топса бўлади. Бироқ, шуни ҳисобга олиб, квантлаш қадами Δt ни етарли даражада камроқ олиш ва учтадан ортиқ бўлмаган аъзоларга ажратиш мумкин бўлади. Қийматларни кўя туриб, топилган (2.37) ҳосилада қайта алмаштиришдан кейин оламиз:

$$\bar{x}_{i+1} = A_i \bar{x}_i + A_{i-1} \bar{x}_{i-1} + A_{i-2} \bar{x}_{i-2} + \gamma, \quad (2.39)$$

бу ерда. γ – вектор– аппроксимация хатолиги бўлиб, хатоликни қўшишдан ҳосил бўлади, ажратиш аъзоларининг пировард миқдорига шартланади ва ҳосилаларни ҳисоблаш ноаниқлиги қўшилишидан шартланади;

$A - (2.38)$, $(j = 0, 1, 2)$ формуладан аниқланувчи доимий коэффициентлар матрицаси.

Олинган (2.39) ифода иккинчи тартибнинг кесими ҳисобланади ва $(i+1)$ - вақт моментига жараён ҳолатини олдиндан айтишга имкон беради.

Хусусий ҳолда, (2.39) дан биринчи тартибнинг кесими учун ифодани осонгина олиш мумкин:

$$\bar{\bar{x}}_{i+1} = A_i \bar{\bar{x}}_i + A_{i-1} \bar{\bar{x}}_{i-1} + \bar{\gamma}_i, \quad (2.40)$$

ва нуллик тартиб кесими учун:

$$\bar{\bar{x}}_{i+1} = A_i \bar{\bar{x}}_i + \gamma_2, \quad (2.41)$$

бу ерда, γ_1, γ_2 - векторлар-биринчи ва нуллик тартибнинг кесимлари учун хатоликлар устунлари мос равишда.

Умумийликни йўқотишсиз энди фараз қиламиз, аппроксимациянинг хатоларини сонли характеристикаси шартни қониктиради:

$$M(\gamma) = 0; \quad M(\bar{\gamma}, \bar{\gamma}') = Q.$$

Бу ҳолатда $(i+1)$ –моментда (2.39) нинг кесими ёрдами билан олдиндан айтилувчи хато сонли характеристикаси ўзаро нисбатда аниқланади:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{i+1} &= A_i \bar{x}_i + A_{i-1} \bar{x}_{i-1} + A_{i-2} \bar{x}_{i-2}; \\ K_{i+1} &= A_i K_i A_i' + A_{i-1} K_{i-1} A_{i-1}' + A_{i-2} K_{i-2} A_{i-2}' + Q + \\ &A_i K_{i,i-1} A_{i-1}' + A_{i-1} K_{i,i-1} A_i + A_i K_{i,i-2} A_{i-2}' + \\ &A_{i-2} K_{i,i-2} A_i + A_{i-1} K_{i-1} A_{i-1}' + A_{i-2} K_{i-1,i-2} A_{i-1}'; \end{aligned} \quad (2.43)$$

бу ерда K_i –башоратланаётган жараённинг i – моментдаги ковариацияли матрицаси қиймати;

$K_{i,i-1} = K(\Delta t)$, $K_{i,i-2} = K(2\Delta t)$ - квантлашнинг бир ёки икки интервали учун ковариацияли матрицаси. Майли i – вақт momentiда $\bar{Z}_i$ векторли ўлчаш жараён ҳолати билан чизикли боғланган:

$$\bar{Z}_i = D_i \bar{X}_i + \bar{\delta}_i, \quad (2.44)$$

бу ерда $\bar{X}_i$ –вектор– ўлчанаётган $(n \times 1)$ фазали координаталарнинг устуни;

D_i – $(m \times n)$ ўлчамликдаги маълум коэффициентларнинг матрицаси;

$\bar{\delta}_i$ –вектор– $(m \times 1)$ ўлчамликдаги сонли характеристикаларнинг ўлчаниш хатолиги устуни:

$$M(\bar{\delta}) = 0 \quad M(\bar{\delta}, \bar{\delta}') = R.$$

$\bar{X}_i^+$ баҳо i – вақт momentiдаги изланаётган жараён ҳолати олдиндан айтилаётган i – баҳолаш momenti (2.42) ва янги ўлчаш $\bar{Z}_i$ да янги ўлчашларни ҳисобга олиб чизикли кўринишдаги комбинацияни излаймиз:

$$\bar{X}_i^+ = \bar{X}_i + F \left[\bar{Z}_i - D_i \bar{X}_i \right], \quad (2.45)$$

бу ерда F_i – номаълум коэффициентнинг $(m \times n)$ ўлчамликда муайян тарздаги матрицаси.

Янги баҳоининг хатоси ўзаро нисбатдан аниқланади:

$$\bar{\varepsilon}_i^+ = \bar{\varepsilon}_i + F [\bar{\delta}_i - D_i \bar{\varepsilon}_i]. \quad (2.46)$$

(2.46) дан келиб чиқадики, янги баҳо аралашмаган ҳисобланиб, агар олдинги баҳолар ҳам худди шундай аралашмаган бўлса.

Янги баҳо хатосининг ковариацияли матрицаси тенг:

$$K_i^+ = K_i + F_i R_i F_i' + F_i D_i K_i D_i' F_i' - K_i D_i' F_i' - F_i D_i K_i. \quad (2.47)$$

А-оптималлик шароитидан номаълум коэффициент F_i ни излаймиз:

$$\frac{dtr K_i}{dF_i} = 0. \quad (2.48)$$

(2.48) га мос равишда излаймиз, янги баҳо хатосининг ковариацияли матрицаси минимумининг зарурий шарт тенг:

$$2F_i R_i + 2F_i D_i K_i D_i' - 2K_i D_i' = 0.$$

(2.48) дан иккинчи ҳосилани оилб, топамиз:

$$\frac{dtr K_i}{dF_i} = 2(R_i + D_i K_i D_i'). \quad (2.49)$$

Ковариацияли минимумнинг етарли шароити бўлиб (2.49) даги D_i матрицанинг мусбат аниқлиги ҳисобланиб, R_i ва K_i ковариацияли матрицаларнинг мусбатли аниқлиги ва симметриклик кучида бажарилади. Шундай қилиб, (2.48) шарт K_i^+ минимумни

таъминлайди.

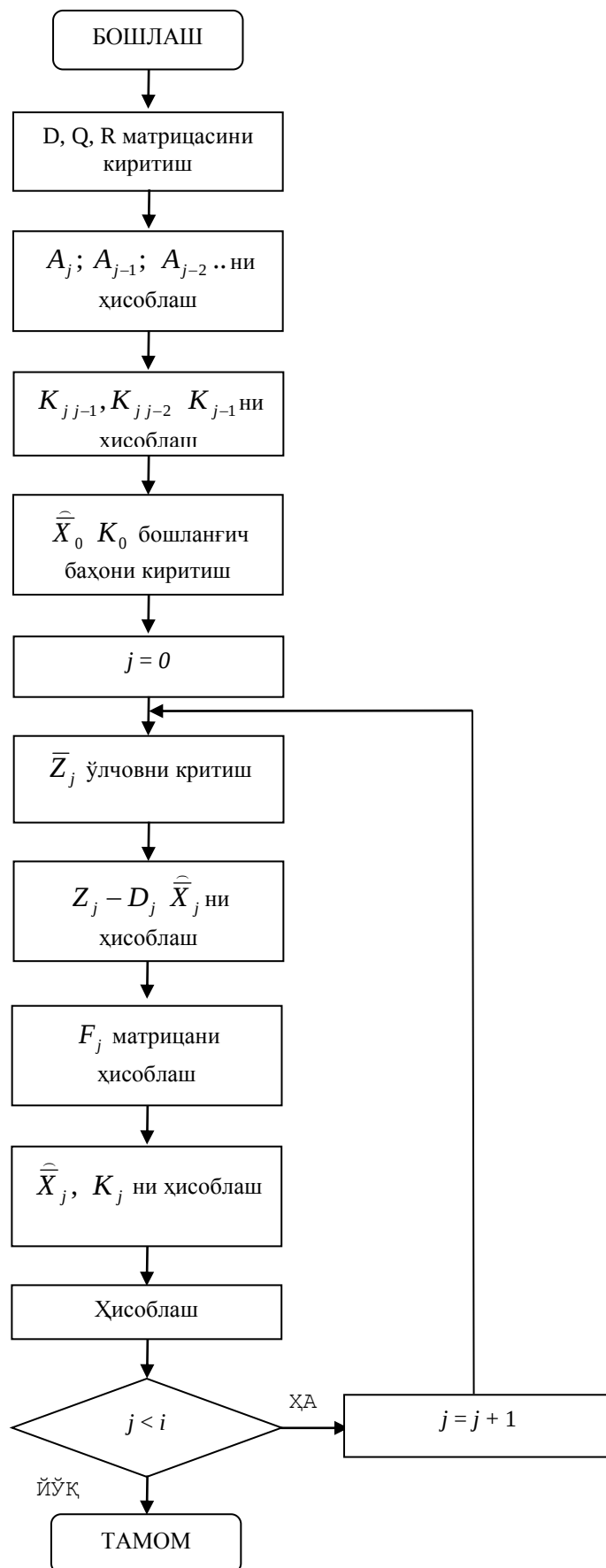
(2.48) дан топамиз:

$$F_i = K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}. \quad (2.50)$$

(2.42), (2.43), (2.45) ва (2.50) ифодаларни бирлаштириб иккинчи тартибдаги олидндан айтилувчи квазиоптимал филтрни “қаппайтирамиз”:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{i+1} &= A_i \bar{x}_i + A_{i-1} \bar{x}_{i-1} + A_{i-2} \bar{x}_{i-2}; \\ K_{i+1} &= A_i K_i A_i' + A_{i-1} K_{i-1} A_{i-1}' + A_{i-2} K_{i-2} A_{i-2}' + Q + \\ &\quad A_i K_{i,i-1} A_{i-1}' + A_{i-1} K_{i,i-1} A_i + A_i K_{i,i-2} A_{i-2}' + \\ &\quad A_{i-2} K_{i,i-2} A_i + A_{i-1} K_{i-1} A_{i-2}' + A_{i-2} K_{i-1,i-2} A_{i-1}'; \\ \bar{X}_i^+ &= \bar{X}_i + F[\bar{z}_i - D_i \bar{X}_i]; \\ F_i &= K_i D_i' (R_i + D_i K_i D_i')^{-1}; \\ K_i^+ &= (D_i' R_i^{-1} D_i + K_i^{-1})^{-1}. \end{aligned} \quad (2.51)$$

(2.51) алгоритми блок-схемаси расм-2.5 да келтирилган. (2.51) филтри динамик жараённинг априорли беқарор модели шароитида жараён ҳолатини оператив башоратлашнинг оптимал баҳосини олиш имконини беради. (2.51) дан (2.40) ва (2.41) ни ҳисобга олиб башораталнаётган филтрларнинг биринчи ва нуллик тартибларида, анча содда кўринишга эга бўлган ифодаларини олиш мумкин.



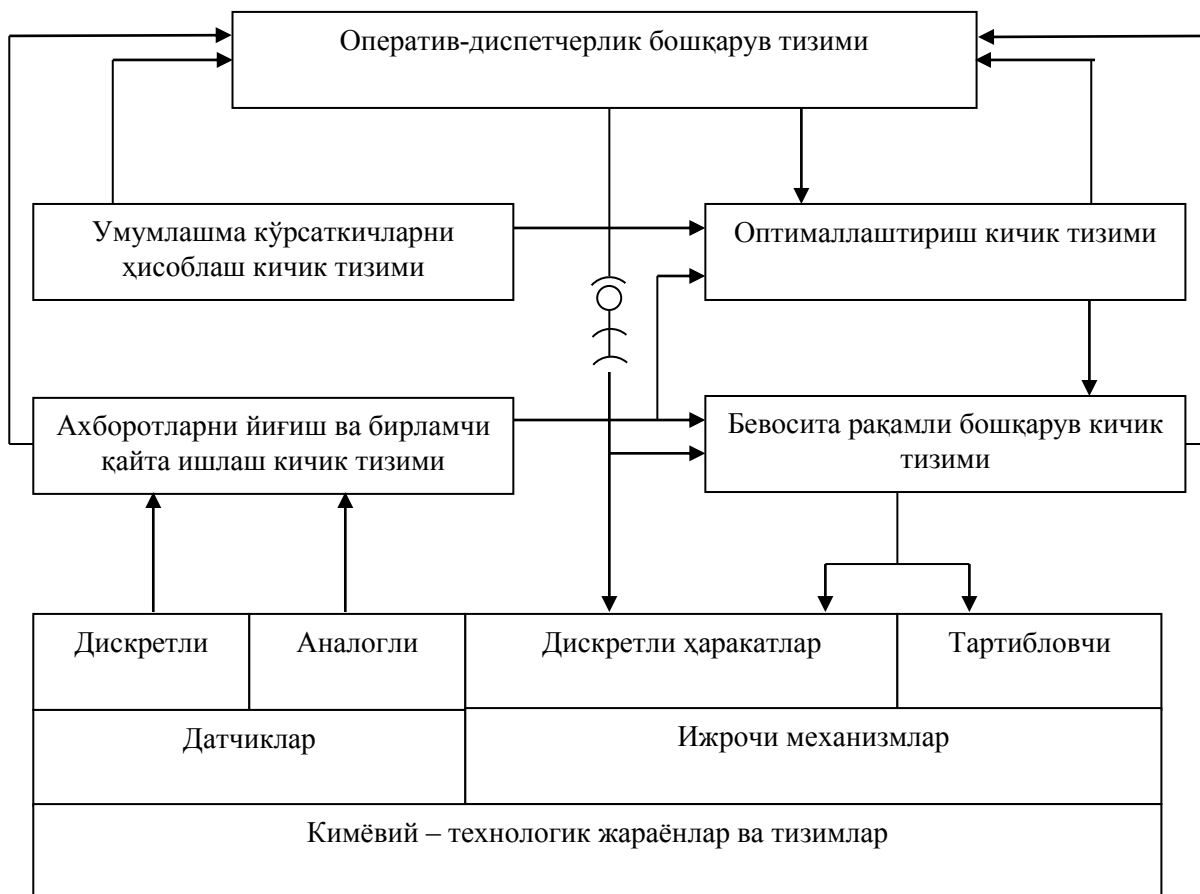
Расм-2.2. Олдиндан айтиладиган квазиоптмал филътрнинг алгоритми блок-схемаси..

2.5. Оператив-диспетчерлик бошқаруви тизимларининг ахборот таъминотини ташкил этиш

Мураккаб кимёвий-технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни бошқарув услублари нуқтаи-назаридан таҳлил қилиш ва технологик ускуналарнинг хусусиятлари хулосалар қилшга имкон берадики, бунда бошқарувнинг иерархик тузилмасида ЖБАТ ва ТЖАБТ ўртасидаги мустақил оралиқ даражалар – оператив-диспетчерлик бошқаруви қуйидаги доирадаги масалаларни ечилишига қаратилади:

- объектдан келувчи бирламчи ахборотларни қайта ишлаш;
- Т босқич мобайнида барча мавжуд ресурсларни максимал жалб этиш шароитида ускуналарнинг ҳолатини назорати ва юкламасининг башоратлаш;
- бошқарув тактикасини таъминлаш, яъни оператив режалаштириш ва бошқарув доирасидаги ҳар қанақа тартибланадиган мақсадларни таъминлаш;
- кўзда тутилмаган таъсирларни бартараф учун зарур бўлган бошқарув таъсирини ишлаб чиқиш;
- бажарилажак ишлар, ресурслар тақсимоти ва б.қ. тасдиқланган режалаштириш графикларини зарур ҳолатларда коррективировка қилиш.

Мураккаб кимёвий-технологик жараёнлар ва тизимларни оператив-диспетчерлик бошқаруви автоматлаштирилган тизимларининг функционал-алгоритмли умумлашма тузилмаси расм-2.6. да келтирилган. Тизимнинг ахборотли қисми иккита кичик тизимни акс эттиради: 1) бирламчи ахборотларни йиғиш ва ахборотларни тақдим этиш; 2) бевосита умумлашма кўрсаткичларнинг ҳисоб-китоби. Тизимнинг бошқарув қисми оптималлаштириш, рақамли бевосита бошқарув ва оператив бошқарув кичик тизимларини олади.



Расм-2.3. КТЖ ва КТТ бошқарувининг умумлашган функциялиал–алгоритмли тузилмаси.

Ахборотларни тшплаш, бирламчи қайта ишлаш ва тақдим этиш кичик тизими, бевосита кўрсаткичлар, бевосита рақамли бошқарув ҳисоби ва кичик тизимларни оптималлаштириш масалалари микропроцессор техникаси ёрдамида микропроцессорли техника воситалари технологик комплекслар даражасида амалга оширилади. Анча мураккаб масалалар, жумладан, опретаив бошқарув кичик тизими ишлаб чиқаришнинг ҳолати тўғрисидаги марказдашган ахборотларни талаб этиб, ЭХМ [19] базасида амалга ширилади.

Ахборотларни бирламчи йиғиш, қайта ишлаш ва тақдим этиш кичик тизимида технологик параметрларни ўлчаш ва назоратининг марказлашган функцияларини бажариб, оператив персоналга маълумотларни бериш ҳамда шаклланишнинг раегламентлашган чегараларидадан оғишларни аниқлашдан иборат бўлади

Санаб ўтилган функциялар қуйидаги алгоритмларда амалга оширилади:

- масштаблаштириш ва линеаризациялаш;
- филтрлаш;
- ишончилиликни текшириш;
- регламентли чегараларни текшириш;
- Босим ва ҳароратни ҳисобга олиб материаллар оқимининг сарфини коррекциялаш;
- ўртачалаштириш;
- технолог–оператор ва диспетчернинг пульталига хизмат кўрсатиш.

Б кичик тизимларнинг чиқувчи ахборотлари бошқа барча кичик тизимлар учун кирувчи бўлиб ҳисобланади. Ҳисоблаш кичик тизими таркибида бевосита ва умумлашма кўрсаткичларга технологик жараёнларнинг параметрларини бевосита ўлчаш функциялари, энергия сарфини аниқлаш, сарфлар ва б.қ.нинг алоҳида технологик агрегатларнинг солиштирма нормалари киради.

Оператив бошқарув кичик тизимида қуйидаги функциялар бажарилади:

- ишлаб чиқаришнинг алоҳида босқичлари ва умумий ҳолдаги асосий кўрсаткичларини оператив назорати;
- олинган маълумотлар асосидаги бошқарув таъсирларини ишлаб чиқиш;
- ускуналарнинг ҳолати, ишлаб чиқариш вазиятлари ва технологик ускуналарнинг ҳолати ҳамда технологик жараёнларнинг нормал функциялашувини таъминланишининг таҳлили;
- технологик юкламалар ва ишлаб чиқариш босқичларини келиштириш, ускуналарнинг функциялашувини координацияси;

Расм-2.7. да ахборотли алоқалар, технологик комплексларнинг юкламалари траекториясини ҳисоблаш масалаларининг блок-схемаси келтирилган.

Технологик узелларнинг юкламалари траекториясини ҳисоблаш учун дастлабки маълумотлар сифатида қуйидаги маълумотлар қабул қилинган:

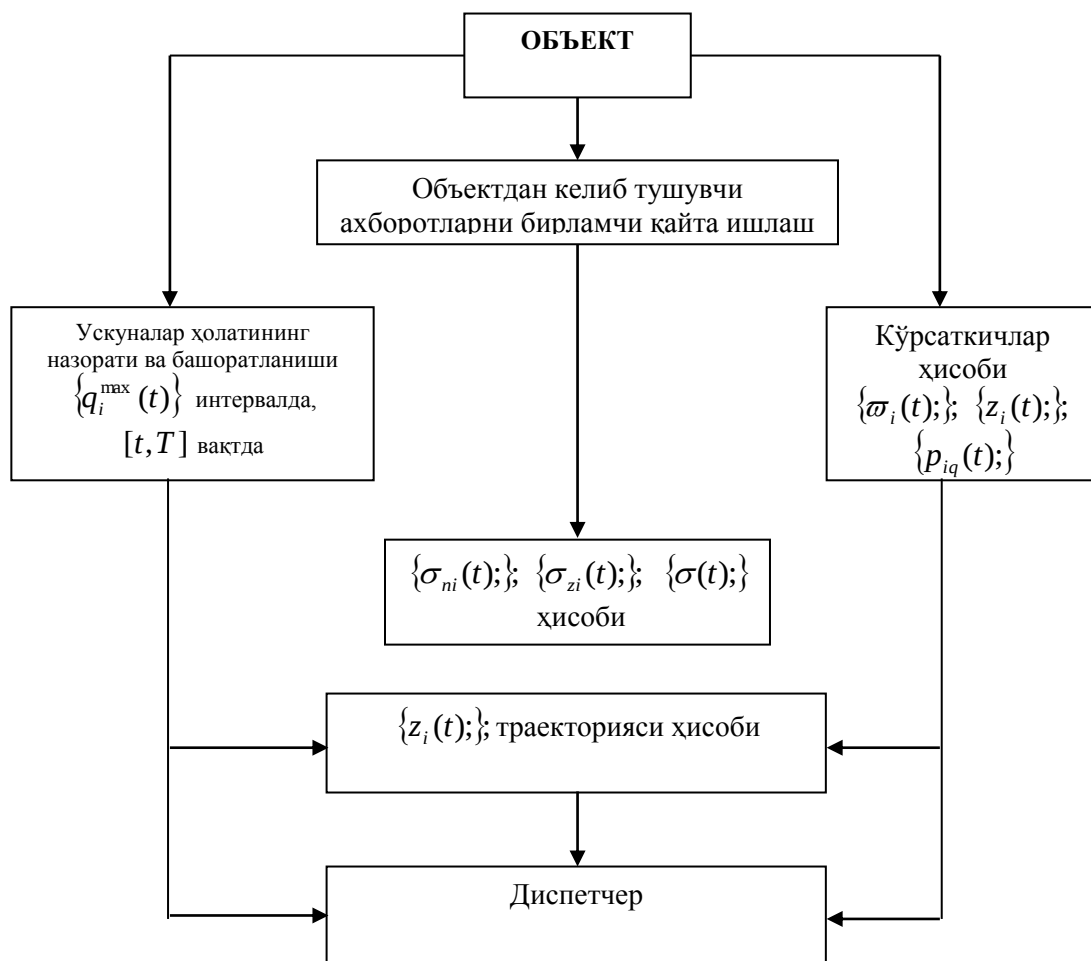
- $r_i(t)$; $g_i(t)$ кирувчи ва чиқувчи оқимларнинг жорий қийматларини;
- $S_j(t)$ тўпловчи узелларда даражаларнинг жорий қийматлари
- $[t_1 T]$ интервалдаги технологик узелларнинг мумкин бўлган унумдорлиги;
- шартли-доимий маълумотлар–“кирувчи оқим - чиқувчи оқим” каналлари бўйича вазний функциялар;
- $[t_1 T]$ вақт интервалидаги режали топшириқлар;
- тўпловчи узелларни тўлдиришнинг максимал ва минимал мумкин бўлган даражалари;
- технологик узеллар юкламалари ўзгаришларининг мумкин бўлган тезлиги.

Барча олдинги маълумотлар башорат хусусиятига эга. Технологик узеллар юкламаларининг ўзгаришини мумкин бўлган тезлиги диспетчер томонидан ишлаб чиқариш бўлинмаларининг технологик режимига боғлиқ ҳисобларни бошланишидан олдин берилади.

Ечимнинг натижаларида диспетчерга технологик ва тўпловчи узелларнинг чидамлилиги катталиклари тўплами киритилган жадвал чоп этилиб берилади. Ечимларнинг натижалари юкламаларни келишиш масалаларини оптималлаштириш учун кириш маълумотлари сифатида фойдаланилади.

Ечимлар натижалари шу вақтнинг ўзида мустақил қийматга эга бўлади. Масалалар автоном ечилиши мумкин. Масалан, диспетчер ишлаб чиқаришдаги тор жойларни аниқлаш, ишлаб чиқаришнинг алоҳида бўлинмалари бажариши мумкин бўлган баҳони учун масалаларни ечиш натижаларидан фойдаланади.

$g(t)$ параметрнинг турлича қийматларини бера туриб, диспетчер ишлаб чиқариш моделида ютқизади.



Расм-2.4. Юкламалар ҳисобининг масалалари бўйича ахборотли алоқалар блок-схемаси.

ХУЛОСА

1. Мураккаб кимёвий –технологик жараёнлар ва тизимларнинг оператив-диспетчерлик бошқаруви автоматлашган тизимининг самарадорлигини ошириш масалалари реал вақт масштабида кўпқадамли динамик филтрлаш процедуралар ва бошқарув объектларининг параметрларини қисқа муддатли алгоритмлари асосида ишлаб чиқилди.
2. Кимёвий –технологик жараёнлар ва тизимлари априорли берилган чизикли математик моделларда брилган ҳолатда башорат баҳоларнинг аниқлиги нуктаи-назаридан самарадорлиги калман типли адаптив филтрлар оптимал ҳисобланади.
3. Математик моделларни билишдаги априорли ноаниқликлар ҳолатида квазиоптимал башоратланувчи филтрлар синтези масалалари ечиб берилиб, улар квантлашнинг ҳар бир кейинги интервалидаги унинг ҳолатини олдиндан айтиб беришнинг имконини берди.
4. Коррелляцион назария доирасида калман типидagi квазиоптимал филтрларнинг умумлашма шакли биринчи бошланғич тақсимлаш моментларида олиниб, бу ҳолатлар учун объект математик модели ҳақидаги априорли ахборотлар мавжудмаслиги шароитида башоратлаш масалаларининг қўйилиши ихтиёрий берилган огоҳлантириш интервалли технологик параметрларнинг баҳосини топиш фараз қилинган.
5. Реал вақт масштабидаги ўлчов сигналларининг объект бошқаруви ва филтрланиши тўғрисидаги априорли ахборотлар асосидаги ҳамда бевосита ва бавосита ўлчаш натижаларида аниқланувчи кимёвий-технологик жараёнлар ва тизимларнинг параметрларини адаптив баҳолашнинг универсал функционал-алгоритмик тизими ишлаб чиқилди.

АДАБИЁТЛАР

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования, Изд-во «Статистика», М.: 1979 – с. 251.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок, Изд-во «Статистика», М.: 1980 – с. 262.
3. Колмогоров А. Н. Стационарные последовательности в гильбертовом пространстве. Бюллетень МГУ, 1941, 2, 6.
4. Wiener N. Extrapolation, interpolation and smoothing of stationary time series, J. Wiley, New-York, 1949.
5. Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. Физматгиз, М.: 1960 – с. 209.
6. Лисичкин В.А., Голинкер Е.И. Принятие решений на основе прогнозирования в условиях АСУ, Изд-во «Финансы и статистика», М.: 1981 – с. 112.
7. Ведкозубов С.А. Статистические методы прогнозирования в АСУ, Энергоатомиздат, М.: 1981 – с. 152.
8. Антишкин А.И. Прогнозирование роста социалистической экономики, М., Экономика, 1973 – с. 210.
9. Саркисян С.А. Экономическое прогнозирование развития больших технических систем, Изд-во «Машиностроение», М.: 1977 – с. 412.
10. Ивахненко А.Г., Зайченко Ю.П., Димитров В.П. Принятие решений на основе самоорганизации, Изд-во «Сов. радио», М.: 1976 – с. 316.
11. Колмогоров А.Н. Высшая математика, Изд-во «Высшая школа» 1981.
12. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем, Изд-во «Мир», М.: 1971 – с. 400.
13. Юсупбеков А.Н., Расулова М.Ш., Шоймардонов Т.Т. Метод прогнозирующей фильтрации. Материалы международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития», Навои, 2010.
14. Серебровский А.П. О регуляризации дискретного фильтра Калмана. Автоматика и телемеханика. 1975, N 3, 70–74.
15. Расулова М.А., Акбаров А., Климова Н.Н. Методика проектирования системы обработки информации. Сборник научных трудов Ташкентского машиностроительного института «Автоматизация производства», Ташкент, 1991.
16. Гулямов Ш.М., Касымов С.С., Расулова М.А. Прогнозирование производственных ситуаций на основе процедур прогнозирования. Материалы Всесоюзной научно-практической конференции «Ученые и специалисты – в решении социально-экономических проблем страны», Ташкент, 1990.
17. Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение. Изд-во «Мир», М.: 1984 – с. 264.
18. Дородницын А.А. Проблемы математического моделирования в описательных науках. Кибернетика, 4, 1983 – с. 6–10.
19. Шоймардонов Т.Т., Рахмонбердиева Г.Т., Дошанова М.Ю. Интерактивные информационные системы поддержки управленческих решений. Материалы II Республиканской научно и научно-технической конференции «Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш, инновациялар, иқтисодий самарали усуллар ва ноанъанавий ечимлар», Фергана, 2010.