

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI  
TEXNALOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

BABAJANOVA ASAL TAIRJANOVNA

KO'P KANALLI SENSORLAR ASOSIDA METEOMA'LUMOTLARNI  
SINXRON QAYTA ISHLASH USUL VA ALGORITMLARI

MONOGRAFIYA

Toshkent-2023

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR  
VAZIRLIGI  
MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**BABAJANOVA ASAL TAIRJANOVNA**

**Ko‘p kanalli sensorlar asosida meteoma’lumotlarni sinxron qayta  
ishlash usul va algoritmlari**

**MONOGRAFIYA**

**Toshkent – 2023**

***Taqrizchilar:***

***Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti  
Teleradioeshittirish tizimlari kafedrasini mudiri,  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) A.A. Berdiyev***

***Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va aloqa harbiy instituti  
Telekommunikatsiya kafedrasini katta o'qituvchisi, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori  
(PhD), dotsent, Dexkonov Oybek Ravshanovich***

**Babajanova A.T.**

Ko'p kanalli sensorlar asosida meteoma'lumotlarni sinxron qayta ishlash usul va algoritmlari. – Toshkent: TUIT, 2022- 78 b.

ISBN 978-9943-11-665-8

Monografiyada meteoparametrlarni monitoring qilishni nazariy asoslari va usullarini tahlil qilish, ko'pkanalli sensorlardan kelgan ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash usuli va algoritmini ishlab chiqish, ko'p kanalli sensorlar yordamida meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmaning apparat va dasturiy ta'minotini yaratish, ko'p kanalli sensorlar yordamida meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmalardan yuborilgan ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash dasturiy ta'minotini ishlab chiqish, iqlim o'zgarishi jarayonlarini, temperatura, havo bosimi, namlik, shamol tezligi va shamol yo'nalishi kabi parametrlarni real vaqtda masofadan monitoring qilish hamda apparat-dasturiy majmuasi ishlab chiqish usullari va metodologiyasining tahliliga bahishlangan.

Mazkur qo'llanmaning asosiy maqsadi ko'p kanalli sensorlar asosida meteoma'lumotlarni sinxron qayta ishlash usul va algoritmlarini ishlab chiqishdan iborat.

***UDK 551.5:004.6  
BBK 26.23:32.97***

Ushbu monografiya Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining 2022-yil 29-sentyabrdagi Ilmiy-texnik kengashining 6-22 sonli yig'ilishida chop etishga ruhsat berilgan.

## Mundarija

KIRISH .....	4
1. KO‘P KANALLI SENSORLAR ASOSIDA ATMOSFERANI TADQIQ QILISH USULLARINI TAHLIL QILISH.....	6
§ 1.1 Maxsus vazifali navigatsion qurilma va uning ishlash tamoyillari. ....	6
§ 1.2 Atrof-muhitning dinamik o‘zgaruvchanligining atmosferadagi obyekt harakat trayektoriyasiga ta’sirining turlarini tahlil qilish. ....	11
§ 1.3. Atmosferani tadqiq qilishning bevosita va bilvosita usullarining tahlili .....	21
2. MAXSUS VAZIFALI QURILMALAR UCHUN ATMOSFERA PARAMETRLARINING MONITORING USULINI ISHLAB CHIQISH.....	39
§ 2.1. Ko‘p kanalli sensor ma’lumotlarini birlashtirish asosida atmosfera parametrlarini monitoring modelini ishlab chiqish.....	39
§ 2.2. Ko‘p kanalli sensor ma’lumotlarini birlashtirish asosida fazoda harakatlanayotgan obyekt vektorini baholash va aniqlashning matematik modeli.	42
§ 2.3 Ko‘p kanalli sensorlardan olingan ma’lumotlarini vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish usuli va algoritmi.....	57
3. IQLIM PARAMETRLARINI MONITORING TIZIMINI YARATISH ASOSIDA MA’LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH.....	63
§ 3.1 Ko‘p kannalli sensorlardagi ma’lumotlarni avtomatlashtirilgan tahlilini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasining arxitekturasini ishlab chiqish.....	63
§ 3.2 Ko‘p kanalli sensorlardan olingan ma’lumotlarni sinxron qayta ishlash algoritmini ishlab chiqish.....	73
§ 3.3. Ko‘p kanalli sensorlar asosida iqlim sharoitni real vaqtda monitoring qilish qurilmasini yaratish.....	79
§ 3.4. Ko‘p kanalli sensorlar asosida atmosfera parametrlarini monitoring qilish qurilmasining elektr sxemasini ishlab chiqish .....	82
Xulosa .....	88
Adabiyotlar ro‘yxati.....	89

## KIRISH

Jahonda ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari, vositalari va qurilmalarini ishlab chiqishga hamda ularni takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Jumladan aviatsiya, gidrometeorologiya, qurilish, energetika, qishloq xo'jaligi, turizm hamda xarbiy faoliyatining turli sohalarida meteoma'lumotlarni masofadan turib yuqori aniqlikda onlayn monitoring qilish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, real vaqtda ko'p kanalli sensorlardan olingan meteoma'lumotlarni sinxronlashtirish maxsus vazifalarni bajaruvchi tizimning muhim qismi hisoblanadi. Ko'p kanalli analog va raqamli sensorlar bilan ishlaydigan tizimlardagi ma'lumotlarni yuqori tezlikdagi qayta ishlash usullari ko'plab olimlar tomonidan tadqiq qilinib kelingan. Raqamli tizimda ko'p kanalli sensorlardan olingan ma'lumotlar ma'lum vaqtda kechikishi yoki o'lchash uchun ketadigan vaqt hisobiga hisoblashda xatoliklarga yuzaga kelishi mumkin. Meteoma'lumotlarni vaqt bilan sinxronlashtirilgan tizimini armiya ehtiyojlari uchun ishlab chiqilgan razvedka, nishonni belgilash, dushman nishonlariga aniq zarba berishda qo'llashga e'tibor qaratilmoqda. Meteoma'lumotlarni vaqt bilan sinxronlashtirilgan tizimini xususan favqulotda vaziyatlar vazirligi, gidrometeorologiya markazi, hamda harbiy sohaning ballistik artilleriyasi va aviatsiyasida maxsus vazifalarni bajarish usullari ishlab chiqilmoqda. **Keng ko'lamli meteoma'lumotlarni sinxron qayta ishlash algoritmi va usullarini ishlab chiqish, arzon va kichik xajmdagi apparat va dasturiy ta'minot yaratish, markaziy nazorat**

**qilish kompleksini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biri hisoblanmoqda.**

**Ilmiy ishning maqsadi.** Ko‘p kanalli sensorlar asosida meteoma’lumotlarni sinxron qayta ishlash usul va algoritmlarini ishlab chiqish.

**Ilmiy ishning vazifalari:** meteoparametrlarni monitoring qilishni nazariy asoslari va usullarini tahlil qilish, ko‘p kanalli sensorlardan kelgan ma’lumotlarni sinxron qayta ishlash usuli va algoritmini ishlab chiqish, ko‘p kanalli sensorlar yordamida meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmaning apparat va dasturiy ta’minotini yaratish, ko‘p kanalli sensorlar yordamida meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmalardan yuborilgan ma’lumotlarni sinxron qayta ishlash dasturiy ta’minotini ishlab chiqish, iqlim o‘zgarishi jarayonlarini, temperatura, havo bosimi, namlik, shamol tezligi va shamol yo‘nalishi kabi parametrlarni real vaqtda masofadan monitoring qilish qurilmasi hamda apparat-dasturiy majmuasi ishlab chiqish.

# **1. KO‘P KANALLI SENSORLAR ASOSIDA ATMOSFERANI TADQIQ QILISH USULLARINI TAHLIL QILISH**

## **§ 1.1 Maxsus vazifali navigatsion qurilma va uning ishlash tamoyillari.**

Jahonda maxsus vazifani bajarish uchun mo‘ljallangan texnologiyalar jadal rivojlanishi tufayli barcha davlatlarning harbiy sanoati yanada yangi texnologiyalarga va innovatsion loyihalarga talabi oshib bormoqda. Jumladan, harbiy texnikalarda mexanizimlar va sxemalardan tashkil topgan dushmanni aniqlash bo‘yicha muammolar zamonaviy dasturlar va qurilmalar kompleksi orqali hal qilinmoqda. Ushbu yo‘nalishda dolzarb masalalardan biri hisoblanadigan dushman kuchlarining samolyot, vertolyot va boshqa uchuvchisiz apparatlarining harakatlanish yo‘nalishini baholash va raqamlashtirish, hamda trayektoriyasini bashoratlash muhim vazifalardan biri hisoblanmoqda. Fazoda harakatlanayotgan obyektning ehtimoliy harakatlanish trayektoriyasiga meteoparametrlar ta’sirlarini o‘rganish, nishonni uchish trayektoriyasini aniqlash xatoligini kamaytiradi.

Yuqorida keltirilgan muammolarni inobatga olgan holda, fazoda harakatlanayotgan obyektни nishonga olish yoki kuzatish maqsadida sohada ko‘p qo‘llaniladigan СРП-17 (СРП-счётно-решающий прибор) texnik jamlanmasi imkoniyatlarini takomillashtirishda, jumladan uning navigatsion parametrlarini oshirish uchun ushbu bobda muammoli izlanishlar olib borildi.

CPII-17 bu hisoblash va qaror qabul qiluvchi qurilma bo‘lib, o‘qni nishonga moslashtirish va o‘q otish uchun mo‘ljallangan burchaklarni ishlab chiqish muammosini hal qilish uchun mo‘ljallangan harbiy texnik kompleks hisoblanadi.

CPII ning kirish ma’lumotlari radardan keladigan  $D, \varepsilon, \beta$  koordinatalari, chiqish ma’lumotlari sifatida bashorat qilingan azimut hamda balandlik burchagi  $\varphi$  olinadi.

CPII ikkita ish rejimini ta’minlaydi:

- birinchi (asosiy rejim)- kirish koordinatalari radardan keladi;
- ikkinchi rejim (xotira rejimi) - kirish koordinatalari SRP da saqlangan maqsad harakatining koordinatalari va parametrlari bilan aniqlanadi.

CPII tarkibiga quyidagilar kiradi:

- elementlari T-22 diapazoni mexanizmi blokida va T-2 antenna ustunida joylashgan koordinatali konvertor;
- $x, y$  va  $h$  koordinata bloklari;
- $V_x, V_u$  va  $V_h$  uchta yuqori tezlikli bloklar;
- $T_y, \varphi, \beta_y$  va  $K_I$  uchta qaror bloki;
- cheklar bloki (CHB).

Texnik xarakteristikalar:

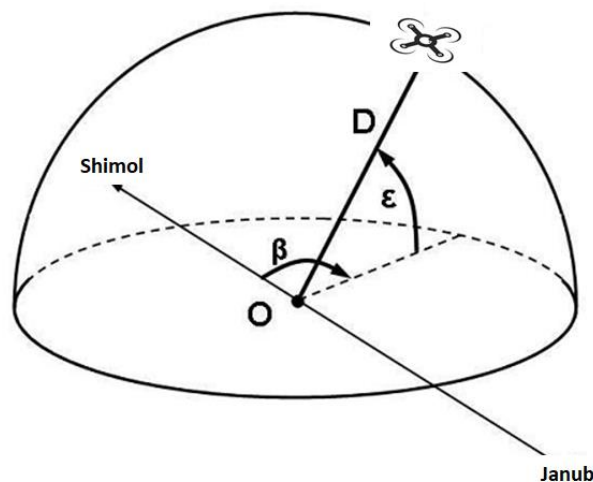
- $X, Y$  koordinatalari bo‘yicha -100 dan +1500 m gacha;
- masofa balandligi bo‘yicha N-9000 dan +9000 m gacha;
- azimut oqimida  $\beta$  cheksiz qiymatda;



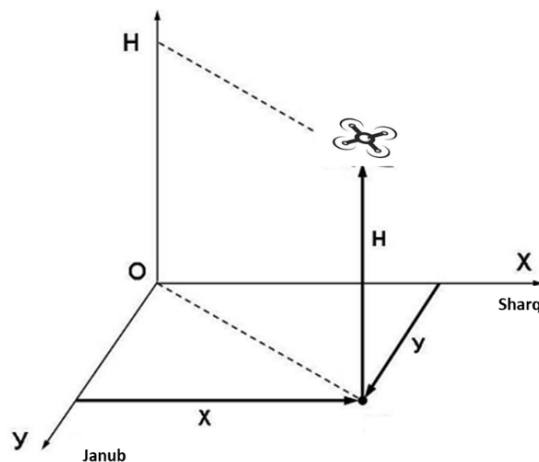
- balandlik burchagi bo'yicha  $\varphi$  -0-85 dan +14-50 gacha;
- rejalashtirilgan vaqt bo'yicha  $T_u$  0,2 dan 5,5 s.gacha;
- nishon tezligi bo'yicha  $V_t$  0 dan 450 m/s gacha.

Yuqoridagi muammolarni hal qilish uchun quyidagi vazifalar qo'yiladi:

1.  $D, \beta$  va  $\varepsilon$  sferik koordinatalarini to'g'ri burchakli  $X, Y$  va  $H$  koordinatasiga aylantirish;
2. to'g'ri burchakli  $X, Y$  va  $H$  koordinatalarini tekislash va obyektning harakat parametrlari  $V_x, V_y, V_n$  aniqlash;
3.  $\Delta X, \Delta Y, \Delta N$  yetib kelish nuqtasini aniqlash;
4. Obyektning dastlabki tezligining  $\Delta V_o$  umumiy og'ishiga tuzatishlarni hisobga olish.



1.1-pacm. Sferik koordinata



1.2-rasm. To‘g‘ri chiziqli koordinata

Ushbu hisoblash va qaror qabul qiluvchi tizim 2 ta transformatoridan tashkil topgan. Kuchlanishi rotorning burilish burchagiga mutanosib bo‘lgan chiziqli aylanadigan transformatorlar, o‘zgaruvchan kuchlarni ishga solish uchun ishlatiladigan katta o‘lchamli transformatorlardan foydalaniladi.

Nishonning harakatini ma’lum bir oraliqda to‘g‘ri chiziqli harakatlanishi, ma’lum bir oraliqda to‘g‘ri chiziq deb olinadi. Bu ma’lumotlar uzluksiz yangilanib borganligi tufayli aniqligi oshib boradi. Avvalgi va joriy ma’lumotlar obyektning kuzatish asosida obyektning ehtimoliy  $t_3$  vaqtda paydo bo‘lish koordinatalari quyidagicha aniqlanadi.

$$\begin{aligned}
 X_3 &= \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} * t_3 + X_1 \\
 Y_3 &= \frac{Y_2 - Y_1}{t_2 - t_1} * t_3 + Y_1 \\
 Z_3 &= \frac{Z_2 - Z_1}{t_2 - t_1} * t_3 + Z_1
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

Ushbu (1.1) ifoda asosida obyekt tezligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$V_{\text{obyekt tezligi}} = \frac{\Delta_{\rightarrow M}}{\Delta_{\rightarrow M}} = \frac{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}}{t_2 - t_1} \quad (1.2)$$

Yuqorida keltirilgan (1.1, 1.2) ifodalar asosida vertikal va gorizontal burchaklarni aniqlab olish mumkin:

$$\begin{aligned} A &= \arcsin \frac{Z_3}{M} \\ B &= \arccos \frac{Y_3}{M \cdot \cos A} \\ M &= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \end{aligned} \quad (1.3)$$

Mazkur qo'llanma yuqorida keltirilgan formulalar yordamida atrof-muhit o'zgaruvchanligi ta'sirini hisobga olgan holda, fazoda harakatlanayotgan ob'yeckt trayektoriyasini bashoratlash uchun monitoring tizimini ishlab chiqish usullariga bag'ishlangan. Ushbu tizim quyidagi afzalliklarga ega: ko'p kanalli sensorlarni birlashtirish hamda ma'lumotlarni vaqt bo'yicha sinxronlashtirish; ko'p funktsiyali o'lchash qobiliyati; soddalashtirilgan dizayn; kichik o'lchamli; kam vazn va kam quvvatga ega.

## **§ 1.2 Atrof-muhitning dinamik o'zgaruvchanligining atmosferadagi obyekt harakat trayektoriyasiga ta'sirining turlarini tahlil qilish.**

Atrof-muhit parametrlarining dinamik o'zgaruvchanligi sababli, maxsus vazifalarni bajaruvchi kichik meteostansiyalar asosida tegishli qaror qabul qilish tizimlarida, kuzatilayotgan yoki bashoratlanishi lozim bo'lgan parametrlarda xatoliklar yuzaga kelish muammosi mavjud.

Ushbu muammoni bartaraf etish usuli - ko'p kanalli sensorlar asosiga qurilgan bashoratlash tizimlarini ishlab chiqish hisoblanadi. Ushbu tizimni takomillashtirish bo'yicha qator izlanishlar olib borilmoqda.

Maxsus vazifali meteostansiyaning asosiy vazifasi tegishli obyektning fazodagi harakati va bashorat koordinatalarini aniqlashda ob-havo parametrlar ta'sirini baholashdan iborat [1]. Meteostansiya atmosfera harorati, namlik, atmosfera bosimi, shamol tezligi va yo'nalishini kabi iqlim o'zgarishlarini kuzatish imkonini beradi.

Atmosfera suv bug'lari, turli xil gazlar va qattiq zarralarning mexanik aralashmasidir. Tarkibi va xossalari bir xil bo'lmaganligi sababli, vaqt bo'yicha juda keng diapazonda o'zgarib turadi. Bu o'zgarishlar fazoda harakatlanayotgan obyekt dinamikasiga ma'lum darajada ta'sir qiladi va ushbu ta'sir natijasida obyekt trayektoriyasi va tezligi o'zgarishiga olib kelishi mumkin. Ushbu ta'sirlarni hisobga olmaslik obyektning kuzatilayotgan yoki bashoratlanishi lozim bo'lgan trayektoriya parametrlarini aniqlashda jiddiy hatoliklarga olib kelishi mumkin.

Meteoparametrlar ta'sirini hisobga olish "standart atmosfera" usuliga asoslangan bo'lib, geofizik va meteorologik kuzatishlar sifatida trayektoriyani oldindan bashoratlash imkonini beradi. Standart atmosfera bu – balandlik bo'yicha atmosfera fizik holatini oldindan belgilangan va doimiy, shartli ravishda standart taqsimlanishidir. Harorat, havo bosimi, havo zichligi va boshqa geofizik xususiyatlarining taxminiy vertikal taqsimoti bo'lib, atmosferaning o'rtacha yillik va o'рта kenglikdagi holatini ifodalaydi. Agar atmosfera parametrlari yer yaqinida berilgan bo'lsa, olingan o'rtacha taqsimot bo'yicha, ma'lum qonunga muvofiq balandlik bo'yicha o'zgaradi [2]. Standart atmosfera ilmiy va amaliy muammolarni hal qilishda keng qo'llaniladi. Standart balandlikning nol qiymati uchun quyidagicha belgilangan [3]:

- havo bosimi 760 mm. sim.ust. yoki 1013,25 gPa (gektoPaskal);
- temperatura +15°C, havo zichligi 1,225 kg / m<sup>2</sup>;
- troposferaning chegarasi 11 km balandlikda joylashgan;
- vertikal harorat gradiyent doimiy va 100 m uchun 0,65°C ga teng;
- stratosferada 11 km dan yuqori harorat doimiy va -56,5°C ga teng.

Atmosfera molekular uzluksiz harakatda bo'lgan gazlar aralashmasidan tarkib topganligi tufayli, gazning har bir holati molekularining harakat tezligiga mos keladi. Molekulalarning o'rtacha tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, havo harorati shunchalik yuqori bo'ladi.

Havodagi suv bug'larining miqdori namlik deyiladi, va nisbiy namlik % bilan o'lchanadi. Mutlaq namlik quyidagi formula yordamida o'lchanadi [4].

$$\Delta H = mH_2O/V_{net} \quad (1.1)$$

$mH_2O$  = suv bug‘ining massasi;

$V_{net}$  = havo va suv bug‘lari aralashmasi hajmi.

Atmosfera bosimi ma‘lum havo ustuni tomonidan yer yuziga ta‘sir etuvchi kuch bo‘lib, u balandlikka teskari proporsionaldir. Balandlik qancha baland bo‘lsa atmosfera bosimi past bo‘ladi va qancha past bo‘lsa, atmosfera bosimi yuqori bo‘ladi.

Atmosfera tarkibidagi gazlar og‘irlik kuchining ta‘sirida yer yuziga va undagi jismlarga muayyan miqdordagi bosim kuchini keltiradi. Atmosfera bosimi - yer sirtidan atmosferaning eng yuqori qatlami ustki chegarasigacha cho‘zilgan havo ustuninig yer sirtidagi birlik yuzaga ta‘sir etuvchi kuchga teng [5].

$$P = rgh \quad (1.2)$$

$r$  - suyuqlik yoki gazning zichligi,  $kg/m^3$ ;

$g$ - erkin tushish tezlanishi,  $m/s^2$ ;

$h$ - balandlik,  $m$ .

Havo massalarining katta bosimli joylardan kichik bosimli joylarga yer sirtiga nisbatan gorizonta ravishda ko‘chishiga shamol deb aytiladi.

Shamol odatda doimiy yo‘nalishga va tezlikka ega emas, shuningdek notekis, kuchayib-pasayib esadi. Bunday kuchayib-pasayishlar shamol tezligi va yo‘nalishining juda tez o‘zgarishlari natijasida bo‘lib, ularning havo turbulent oqimini vujudga keltiradi. Meteorologik stansiyalarda

shamolning o'rtacha tezligi va o'rtacha yo'nalishlari aniqlanadi. Atmosfera yuqori qatlamlarida shamolning yo'nalishini graduslarda, yer yuzasidagi meteorologik stansiyalarda shamol yo'nalishini ufq rumblarida ko'rsatiladi.

Bo'ron - shamol tezligining qisqa vaqt ichida gradiyent shamol tezligidan yuqori qiymatlarga oshishiga aytiladi. Bu intensiv va konvektiv xodisa turidan biri hisoblanadi. Bo'ron tabiatning o'ta xavfli xodisasi hisoblanadi. Birinchidan, ular to'p-to'p yomg'ir bulutlarining havodagi miqdori bilan bog'liq. Ikkinchidan, bo'ronlar sodir bo'lishida kuchli yog'ingarchilik va do'l hodisalari kuzatiladi. Bo'ron paytida shamol tezligi halokatli kuchga yetadi. Shamol tezligi bo'yicha bo'ronlar quyidagi tasniflarga bo'linadi [6]:

- kuchsiz bo'ronlar -20 m/s gacha tezlikda;
- mo'tadil bo'ronlar -20-25 m/s tezlikda;
- kuchli bo'ronlar - 25-30 m/s tezlikda;
- o'ta kuchli bo'ronlar - 30 m/s tezlikda.

Bo'ronlar lokal hodisalardan biri bo'lib, ba'zan bir nuqtada shamolning bir qator kuchli kuchayishini kuzatilishi mumkin. To'p-to'p yomg'irli bulutlar, atmosferada energiyaning katta miqdordagi zahiralari natijasida hosil bo'ladi. Dastlabki bosqichda, asosan ko'tariladigan havo oqimlari hosil bo'ladi, to'p-to'p yomg'irli bulutlarning paydo bo'lish jarayonida suv bug'ining kondensatsiyasi va kristallanishi natijasida bulutli havodan ajralib chiqadigan qo'shimcha issiqlik tufayli kuchayadi. Bulutlarda namlik darajasi yetarli miqdorga chiqqanida, bulut

elementlarining kattalashuvi yuzaga keladi, ushbu elementlar massasi oshish tufayli, havoning hajmi tusha boshlaydi. Namlikning to'planishi havo harorati  $-10^{\circ}\text{C}$  va undan past gradus bo'lgan balandliklarda intensiv ravishda sojir bo'ladi va ko'tarilgan havo oqimlari maksimal tezlikka yetadi. Bulutning havo hajmini pastga tushishi jarayonida undagi namlik bug'lanadi bu esa o'z navbatida pastga sijishning tezlashishiga olib keladi.

Eng kuchli oqimlar yer yuzida gorizontol oqimga aylanib, shamolning keskin kuchayishini keltirib chiqaradi. Bo'ronning paydo bo'lishi sinoptik sharoitga qarab, massali va frontal bo'ronlarga bo'linadi. Frontal bo'ronlar 75% hollarda, massali bo'ronlar esa faqat 25% hollarda kuzatiladi. Massali bo'ronlar odatda, o'rtacha yoki kuchsiz bo'lib, may avgust oylarida kunning ikkinchi yarmida sodir bo'ladi. Massali bo'ronlar issiq va beqaror havo massasida termal konveksiya paytida yoki siklonlarning orqa qismida sovuq beqaror havo massasida termodinamik konveksiya paytida hosil bo'lgan to'p-to'p yomg'irli bulutlar bilan bog'liq [6].

Havoda harakatlanayotgan obyektning yer yuzasiga nisbatan harakat yo'nalishi uning bo'ylama o'qi yo'nalishiga to'g'ri keladi va harakat tezligi havo tezligiga (havoga nisbatan tezlikka) teng bo'ladi. Havo massasining yerga nisbatan gorizontol esayotgan shamol harakatlanayotgan obyektни havo massasi bilan birga siljishiga olib keladi. Atmosferadagi obyektning to'liq tezligi havo tezlik vektori hamda shamol vektor yig'indisiga tengdir. Ushbu vektorlar ustiga qurilgan uchburchak



navigatsiya tezlik uchburchagi deb ataladi. Shamolning yer yuzasidagi tezligiga, obyektning yerga nisbatan tezligi va burilish burchagiga ta'siri shamol tezligi va yo'nalishga bog'liq bo'lib, navigatsiya uchburchagi elementlari o'rtasidagi munosabatlardan foydalangan holda baholanadi. Burilish burchagi shamol tezligining obyekt tezligiga nisbati va shamol burchagi to'g'ridan to'g'ri proporsionaldir [7].

$$\sin\varphi = u/v * \sin\tau \quad (1.3)$$

Tasodifiy shamolga mos keladigan  $e = 0$  yoki  $180^\circ$  bo'lganida, siljish burchagi 0 ga teng bo'ladi.  $e = 90^\circ$  bo'lganida burilish burchagi maksimal bo'ladi.

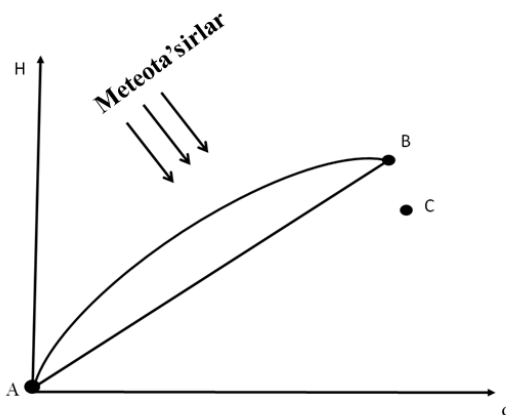
Shamolning yer tezligiga ta'sirini hisobga olish uchun "ekvivalent shamol" tushunchasi kiritilgan. Ekvivalent shamol deganda, har doim marshrut bo'ylab yo'naltirilgan ba'zi dizayn shamollari tushuniladi, bu esa haqiqiy shamol kabi yer tezligi qiymatiga bir xil ta'sir qiladi. Ushbu ta'sirlarni aniqlash obyekt marshrutining yakuniy manzilini va marshrut bo'ylab parvoz tezligini hisoblash va hokazo.

Tuman - bu meteorologik hodisa bo'lib, unda atmosferaning pastki qatlamida suv bug'ining kondensatsiyasi tufayli ko'rish 1000 m dan kamroq qiymatlarda kamayadi. Suv bug' kondensatsiyasi ko'rishni pasaytiradi va natijada tuman paydo bo'ladi. Tuman paydo bo'lishiga olib keladigan bir qancha jarayonlar mavjud. Ularning asosiylari havoning radiatsiyaviy sovishi va natijasida radiatsion tumannig paydo bo'lishidir. Ikkinchisi esa, issiq va nam havoning sovuq pastki yuzasiga ochib chiqq boshlagan jarayon deb hisoblanishi mumkin. Sovuq sirt ustida havo

soviydi, suv bug‘lari kondensatsiyalana boshlaydi va natijada advektiv tuman hosil bo‘ladi.

Tumanlar ko‘rishning yomonlashuv darajasiga ko‘ra zaif (ko‘rish 500-1000 m), o‘rtacha (ko‘rish 200-500 m), kuchli (ko‘rish 50-200 m) va juda kuchli (ko‘rish 50 m dan kam) ga bo‘linadi [8].

Fazoda  $x, y, z$  koordinatasi bo‘yicha  $t$  vaqtda harakatlanayotgan A nuqtadagi jismning  $V$  trayektoriya nuqtasiga atmosfera parametrlari ta’sirlarisiz yetib kelishi bashorat qilinsa. Meteoparametrlar o‘zgarishi va uning ta’sirida  $t$  vaqtda harakatlanayotgan A nuqtadagi jism trayektoriyasidan S nuqtaga chetlanadi (1-rasm).



1.1-rasm. Meteorologik parametrlarning obyekt trayektoriyasiga ta’siri.

Havo zichligi uning harorati va atmosfera bosimi va namligiga bog‘liqligi sababli, A jism trayektoriyasiga havo zichligi sezilarli darajada ta’sir qiladi, bu havo qarshiligini oshiradi yoki kamaytiradi. Temperatura baland bo‘lsa havo zichligi va havo qarshilik kuchi past bo‘ladi. A jism trayektoriyasi uzoq masofaga harakatalanishi mumkin.

Bosim va temperaturaning fazodagi xarakatlanayotgan jismga ta'siri quyidagi formula yordamida ifodalanadi.

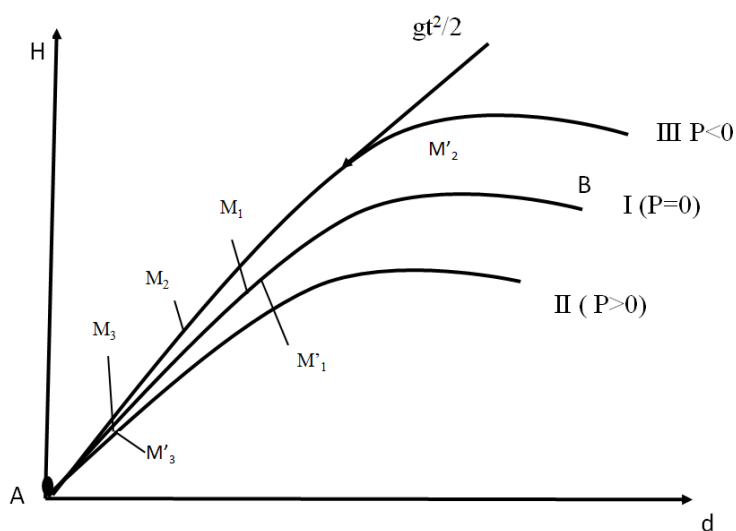
$$P = 13.6 \cdot \frac{h}{R\tau} \quad (1.4)$$

$P$  -havo zichligi- $\text{kg/m}^3$ ;

$h$  –bosim sim.ust. mm;

$R$ - havo bosimi, harorat, gaz xajmi o'rtasidagi bog'liqlikni tavsiflovchi gaz konstantasi  $R=29.27 \text{ m/grad}$ ;

$\tau$ -virtual temperatura.



1.2- rasm. Havo bosimi va temperaturaning xarakatlanayotgan obyekt trayektoriyasiga ta'siri

Agar havo zichligi  $P > 0$  katta bo'lsa,  $t$  vaqtda obyekt kam masofadan o'tadi ya'ni 2-trayetkoriya bo'ylab xarakat kiladi. Agar havo zichligi  $P < 0$  kichkina bo'lsa, 1-trayektoriyani yuqorisidan 3-trayetkoriya bo'yicha xarakatlanadi .

Havo bosimi shamol qarshiligiga havo zichligi orqali ta'sir etadi. Qanchalik katta bosim bo'lsa shuncha havo zichligi va havo qarshiligi oshadi.

Havo qarshilik kuchi quyidagi formula orqali topiladi:

$$R = i \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho V^2}{2g} \quad (1.5)$$

R - havo qarshilik kuchi;

i - snaryad forma koeffitsienti;

$d^2$  - snaryad kalibri;

V - harakatlanayotgan jismning havoga nisbatan tezligi;

g - erkin tushish tezlanishi  $9,8 \text{ m/s}^2$ ;

C - qarama qarshi yo'nalish qarshiligi koeffitsient  $f = (i, V)$ ;

Havo temperaturasi havo qarshilik kuchiga ta'sir qiladi. Temperatura oshgani sari havo zichligi kamayadi.

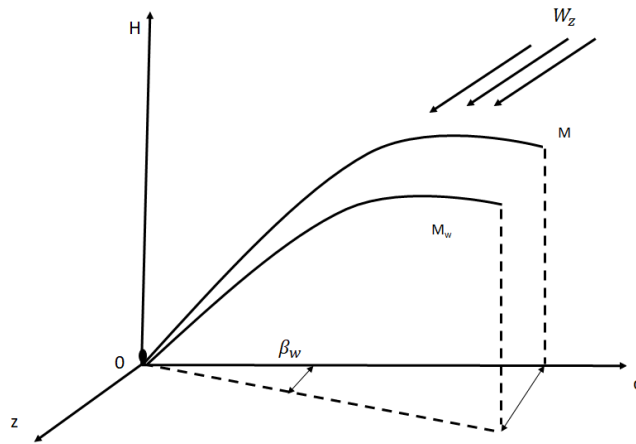
$$a = \sqrt{kgR_\tau} = 20\sqrt{T} \quad (1.6)$$

a - havo temperaturasining havo qarshilik kuchiga ta'siri;

k - havo uchun adiabat ko'rsatkich  $k = 1,4$  ga teng;

T - havo temperaturasining absolyut qiymati.

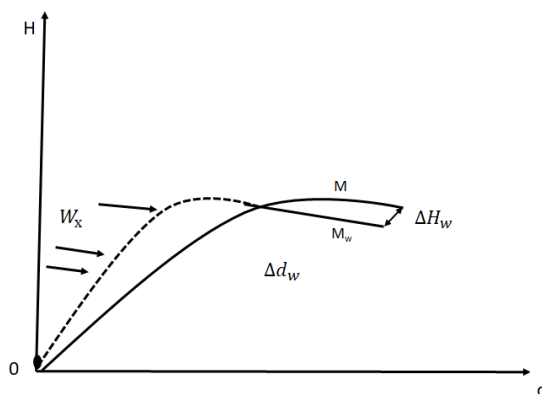
Meteorologik faktorlardan asosan shamol tezligi va uning yo'nalish o'zgarishi, atmosferada harakatlanayotgan jism trayektoriyasiga ko'proq ta'sir qiladi.



1.3-rasm. Shamolning ta'siri asosida trayektoriyaning  $\beta_w$  burchakka o'zgarishi.

Shamolning vektor tezligida ko'ndalang shamol va bo'ylama shamollar mavjud bo'lib trayektoriya tezligi va balandligiga ta'sir qilmaydi. Lekin obyektning trayektoriya tekisligidan og'iradi. bo'ylama  $w_z$  shamol ta'sirida trayektoriya tekisligidan  $\Delta\beta_w$  burchakka shamol yo'nalishiga qarshi og'adi.

Havo oqimlarining vertikal tarzda ko'tarilishi va tushish tezligi kichkina bo'lganligi sababli vektorning asosiy yo'nalishi gorizontaldir.



1.4-rasm. Obyekt trayektoriyasiga qarama-qarshi shamolning ta'siri.

Trayektoriyaning faol qismiga qarama-qarshi shamolning ta'siri massa markazi va bosim markazining joylashishini hisobga olgan holda ko'rib chiqiladi. Bosim markazida qo'shimcha aerodinamik kuch va bosim markaziga nisbatan moment hosil bo'ladi, uning ta'siri ostida obyekt trayektoriyasi shamol tomon buriladi. Obyekt harkatlanish trayektoriyasi havo tezligi vektoriga to'g'ri keladi. Bunday holda, shamolga qarshi yo'naltirilgan bo'ylama surilish komponenti paydo bo'ladi va obyekt shamolga qarshi harakat qiladi. Trayektoriyaning passiv qismida raketa o'zaro shamol yo'nalishi bo'yicha harakatlanadi. Shamol va havo harorati ta'sirida trayektoriyadagi o'zgarishlarni hisobga olishning taxminiy usuli differensial tuzatish formulalaridan foydalanish va ularni hisoblashga kiritishdir. Asosiy shimol yo'nalishidan shamol urayotgan yo'nalishgacha burchakda o'lchanadi. Bu uglomerda o'lchanadi va shamol azimuti deyiladi  $\beta_w$  bilan belgilanadi. Shamolning ta'siri yo'nalishi va tezligidan tashqari uning qancha vaqt davom etishiga ham bog'liq.

### **§ 1.3. Atmosferani tadqiq qilishning bevosita va bilvosita usullarining tahlili**

Atmosferani o'rganish uchun aniqlanadigan parametrlarga va uning qo'llanilish sohasiga qarab meteorologik parametrlarni dinamikasini kuzatuvchi tizimlar uchun turli xil usullar mavjud. Atmosfera tadqiq qilishda birlamchi meteorologik ma'lumotlarning aniqligi muhim hisoblanadi. Axborotning aniqligiga qo'yiladigan talablar meteorologik o'lchovlar uchun o'lchov tizimlarini belgilaydi.

Geodezik chizmalarning maksimal aniqligiga erishish uchun doimiy ravishda qisqartirilgan va yo‘q qilingan xatolarning asosiy manbalari: ionosfera refraksiyasi, orbital xatolar, antenna fazasi markazini modellashtirish, qabul qiluvchining bevosita muhiti tomonidan ko‘p yo‘nalishli va signalning tarqalishi va troposfera refraksiyasi bo‘lgan. So‘nggi yillardagi tadqiqotlar natijasida fazoviy vektorlarning o‘rtacha uzunligi nisbiy usuli bilan koordinatalar aniqligi 1-2 mm va balandligi 5-10 mm ga yetadi [9].

Meteorologik hususiyatlaridan kelib chiqib atmosferani tadqiq qilish bevosita va bilvosita o‘lchov usullariga bo‘linadi.

Bevosita o‘lchovlar – atrof-muhit holatini harakteristika (qiymatlari) standartlaridan foydalaniladigan o‘lchovlar. Bilvosita o‘lchovlar - bu bevosita o‘lchovlar asosida, parametr qiymatlarini topadigan o‘lchovlardir [10].

Bevosita o‘lchov turlariga quyidagi usullar kiradi:

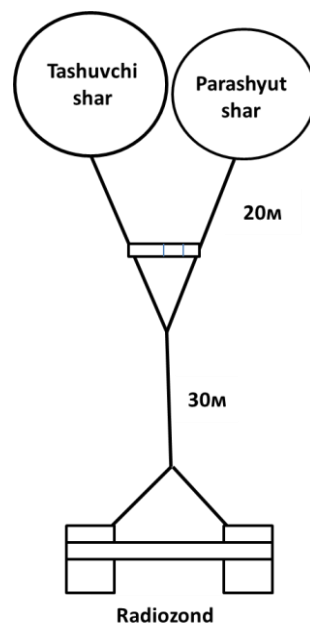
- atmosferani zondlash (shar-zond, shar-pilot, aerostat, stratostatlar);
- radiozondlash (radiozond, radiopilot);
- sun‘iy yo‘ldosh va kosmik kema yordamida zondlash;
- meteorologik stansiyalar asosida kuzatuv.

Bilvosita o‘lchovlarga quyidagilar kiradi:

- radiolokatsiya kuzatuv (radiolokatsiya meteorologik stansiyasi);
- tovush to‘lqinlarining tarqalishi asosida.

*Atmosferani zondlash (shar-zond, shar-pilot, aerostat, stratostatlar). Atmosferani yuqori havo o'lchovlari ko'pincha stratosferaga uchiriladigan shar-zond, shar-pilot, aerostat, stratostatlar yordamida amalga oshiriladi [11].*

Shar-zond bu atmosferani o'rganish uchun mo'ljallangan vodorod yoki geliy bilan to'ldirilgan rezina yoki plastmassa bilan qoplangan o'lchov jihozlaridan iborat uchuvchisiz havo sharidir. Shar-zondning ko'tarilish vaqtida o'lchov ma'lumotlari radiouzatgich orqali yerni qabul qilish stansiyasiga uzatadi. Zondning joylashuvi radarlar orqali aniqlanadi. Shar-zondning afzalliklaridan biri, yuqori balandlikdagi shamol yo'nalishini ham aniqlay oladi. Yuqori balandlikdagi meteorologik sharlar 30-40 km balandikka ko'tarilib, 50-100 km masofaga ucha oladi [12].



1.5-rasm.Shar-zond usuli.

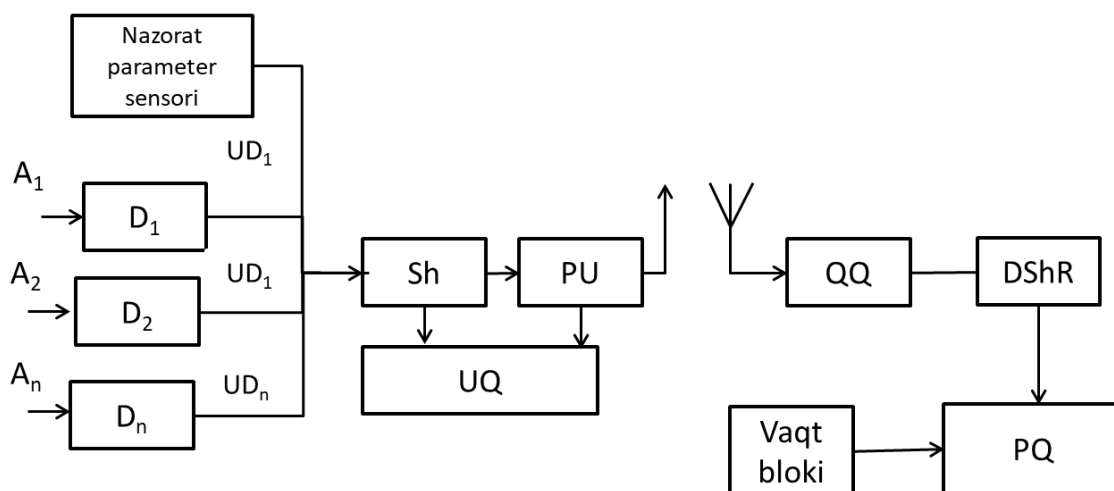


Atmosfera bosimida geliyni shardan chiqarish uchun oddiy avtomatik klapan tizimlaridan va meteozonezni ko'tarish uchun tashuvchi shardan, tushish uchun parashyut shardan foydalaniladi. Boshqariladigan shar atmosferada ko'tarilish paytida mayatnik harakatinin sezilarli darajada kamaytiradi va radiatsiya sensorlari yoki gorizontalar barqaror parvozni ta'minlaydi.

Atmosferani zondashning ishlash prinsipi aerologik stansiyada joylashgan radiodatchik lokatorga signalni uzatadi, so'ngra olingan ma'lumotlarni qayta ishlash jarayoni amalga oshiriladi.

Ushbu usulning asosiy kamchiligi shundaki, radiozondning ba'zi sensorlari ayniqsa balandlikni aniqlash uchun qo'llaniladigan temperatura datchiklari reversiv havo oqimi natijasida, tushish paytida qo'shimcha shovqinlarga yoki buzilishlarga uchrashi kuzatiladi [13].

*Radiozondlash (radiozond, radiopilot).* Atmosferani zondlashning ko'plab texnik vositalari qo'llaniladi, ular ishlash priinsipi, qo'llash usuli va konstruksiyalari bilan farqlanadi. Radiozondlash usuli radiopilotlar yordamida amalga oshiriladi. Radiozondlash tizimlari uzatuvchi blok (zond, raketa), aloqa kanali va yer bloki (radiostansiya, radar)dan iborat.



1.6-rasm. Atmosferani radiozondlash tizimining funksional sxemasi.

Radiozondlash tizimining uzatuvchi qurilmaning struktura sxemasi 1.6-rasmda keltirilgan bo‘lib,  $A_1, A_2, A_n$  sensorlardan o‘lchab olingan ma’lumotlar, boshqaruv parametrlari sensori, konvertor (koder) va radiouzatgich funksiyalarini bajaradigan o‘lchash bloklaridan iborat. Sensorlar - o‘lchangan fizik qiymatlarni elektr signallariga aylantiruvchi qurilmadir [14].

$A_1, A_2, A_3$  sensorlariga qo‘shimcha ravishda,  $S_K$  boshqaruv parametrlarining sensori mavjud.  $S_K$  parametri oldindan belgilangan bir yoki ikkita va undan ko‘p qiymatlarni qabul qilish mumkin.  $S_K$  parametri yordamida teleo‘lchovlar natijalari shifrlangan. Radiozondagi RKZ-1 sensori boshqaruv parametri qarshiligi hisoblanadi va meteorologik raketada nazorat kuchlanish qiymatlari vaqti-vaqti bilan nazorat parametri sifatida uzatiladi. Qabul qilish bloki RQQ-radioqabul qilgich, DEK-dekoder, RQ-registratsiya qurilmasi va vaqt blokidan iborat [15].

Radiouzatgich sifatida, metr va detsimetrli diapazonda ishlaydigan kichik gabaritli ultraqisqa radiouzatgich qo'llaniladi. Uzatgichdan radiosignallar antenna tomonidan tarqatiladi [16].

Qabul qilingan signallar kuchaytiriladi va detektrlanadi, qabul qilgich chiqishida uzatgichning modulyatsiyalangan kuchlanish hosil bo'ladi. Ushbu kuchlanish dekoderga beriladi, uning asosiy vazifasi signallarni dekodlash. Ularni ro'yhatga olish uchun bir xil shaklga aylantiriladi va o'lchovlar natijasi yozib olinadi [17].

*Sun'iy yo'ldosh va kosmik kema yordamida zondlash.* Sun'iy yo'ldosh usullari bilan balandlikni qo'polroq aniqlashning asosiy sabablaridan biridir troposferaning refraksiyasidir. Troposferik kechikish, eng birinchi yaqinlashuvda, sun'iy yo'ldoshdan qabul qiluvchiga signal yo'li bo'ylab  $n$  muhitning sinishi ko'rsatkichining integrali sifatida yoziladi. O'z navbatida, sinishi ko'rsatkichi odatda neytral atmosferaning fizik xususiyatlari,  $T$  harorati,  $P$  bosim va  $f$  havo namligi yoki  $e$  suv bug'ining qisman bosimi, shuningdek, meteorologik elementlar deb ataluvchi parametrlarga bog'liq. Uni modellashtirish va ta'sirini hisobga olish uchun troposferaning holati to'g'risida ma'lumot olish sun'iy yo'ldoshlarni aniqlashning aniqligini oshirish vazifalaridan biridir [18].

Ko'plab olimlar atrof-muhitni o'rganish uchun GPS (Global Positioning System-global aniqlash tizimi)ning kosmik radionavigatsiya sun'iy yo'ldoshlaridan foydalanishning maqsadga muvofiqligini o'rgandilar. Tegishli atmosfera parametrlarini aniqlashda GPS dan foydalanishning ikkita asosiy usullari mavjud: yer usti zondlash usuli, va

GPS radioqorong'ilik. Ikkala usul ham atmosferada sinish profilini ko'effitsiyenti (sinishning kattaligi atmosferadagi harorat va gaz bug'larining konsentratsiyasiga bog'liq) o'lchash uchun uzatiladigan GPS sun'iy yo'ldosh radiosignallari yordamida amalga oshiriladi.

Dispersiya tashkil etuvchisi molekulyar rezonanslarga yaqin tashuvchi chastotaning tarqalishiga bog'liq. Bu yerda,  $N$  elektron konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional. Shuningek, GPS tashuvchi chastotalari molekulyar rezonanslardan katta farq qilganligi sababli, ularning ta'siri sezilmaydi. Dispersiya tashkil etuvchisining sinishini gidrostatik va namlik tashkil etuvchilarga bo'lish mumkin. Gidrostatik tashkil etuvchilar quruq komponentning induksiyalangan dipol momentining harakatini tavsiflaydi. Boshqa tomondan, namlik tashkil etuvchilari suv bug'ining dipol momentini suv molekulalarining doimiy dipol momentining oriyentatsion ta'siri bilan tavsiflaydi. Umumiy refraksiya quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$N(f) = N_0 + N'(f) + iN''(f) \quad (1.7)$$

Bu yerda  $f$  – signal chastotasi,  $N_0$  ba  $N'(f)$  – dielektrik o'tkazuvchanlikning haqiqiy qismi bilan bog'liq bo'lgan refraksiyani dispersiyali va dispersiyasiz tashkil etuvchilari,  $N''(f)$ - dielektrik o'tkazuvchanlikning fiktiv qismi bilan bog'liq bo'lgan so'nish. Faza refraksiyasi atmosfera o'zgaruvchilariga bog'liq bog'liqligi (1.7) tengalma asosida quyidagicha ifodalanadi [19].

$$N = 77.6 \frac{P}{T} + 3.73 * 10^5 \left( \frac{P_w}{T^2} \right) - 4.03 n_e / f^2 \quad (1.8)$$

bu yerda,  $P$ -atmosfera bosimi (mbar),  $P_w$ -suv bug'i (mbar),  $T$ -temperatura (K),  $n_e$ - bir kub metr hajmagi erkin elektronlar zichligi.

GPS atmosferani raqamli bashorat qilish, atmosfera parametrlarini bashoratlash potensialiga ega bo'lsada, ekvatorial atmosferani o'rganish uchun muhim tadqiqotlar talab etiladi.

*Meteorologik stansiyalar.* Turli sohalarda iqtisodiy faoliyatni meteorologik ta'minlash ob-havo tahliliga asoslanadi. Meteorologik vaziyatni tahlil qilish uchun turli xil yerdagi va kosmik o'lchash tizimlari yordamida amalga oshirilgan o'lchovlar natijalari qo'llaniladi. Hozirgi kunda meteorologik ta'minotning samaradorligi ko'p jihatdan zamonaviy meteorologik qurilmalar va avtomatlashtirish vositalari bilan jihozlanish darajasiga bog'liq. Turli maqsadlar va sohalarda qo'llanuvchi meteostansiyalar, masofadan zondlash, yerning meteorologik sun'iy yo'ldoshlari va raketalar asosida o'lchanadigan meteorologik usullar asosida monitoring tizimlari takomillashtirilib, olingan meteorologik ma'lumotlarning aniqligi oshmoqda. Ammo, meteorologik stansiyalardan foydalanish yangi texnologiyalarni qo'llash hamda ma'lumotlarni qayta ishlash natijalarining obyektivligi hisobiga meteorologik ma'lumotlar ishonchligini oshiradi. Meteorologik stansiyalar asosida atmosferani monitoring qilish usuli – dasturiy ta'minot va apparat vositalaridan foydalanilgan zamonaviy elektron integrallashtirilgan tizim bo'lib, turli sensorlardan olingan meteorologik ma'lumotlarni uzatadi [20].

Troposferaning real vaqtda kuzatish O‘zbekiston Gidrometeorologiya markazi tomonidan amalga oshirilib ob-havo prognozlari uchun 75 dan ortiq meteorologik stansiyalardan foydalanmoqda (<https://hydromet.uz/uz/node/1807>).

Meteorologik stansiyalar meteoparametrlar o‘lchanadigan sensorlardan tashkil topgan bo‘lib, ular analog va raqqli turlarga bo‘linadi. Analog meteostansiyada meteorologik o‘lchovlar standart 3 soat vaqtda diskretlik bilan amalga oshiriladi. Avtomatik meteorologik stansiyalardan olingan ma’lumotlar o‘lchangan meteoqiymatlarning vaqt bo‘yicha sinxronlashtirilgan meteoma’lumotlari olish imkonin beradi [21].

Meteostansiyalar quyidagi tuzilishga ega [22]:

- Ma’lumot registratorlari – turli sensor chiqish ma’lumotlarini o‘qiydi va saqlaydi;
- Sensorlar- atmosferaning turli xil meteo parametrlarini aniqlaydi;
- Telemetriya-ma’lumotlar uzatish imkonini beradi;
- Quyosh batareyasi-batareyani zaryadlaydi.



1.7- rasm. Meteostansiya tuzilishi.

Hozirgi kunda bir nechta ishlab chiqaruvchilar tomonidan mteyeostansiyalar ishlab chiqilmoqda va ular ma'lumotlarning aniqligiga qarab farq qiladi. O'lchovlarning aniqligi monitoring maqsadlariga qarab qo'llaniladi. Hozirgi kunda, atmosferani monitoring qiluvchi meteostansiyalarni ishlab chiqaruvchilar ko'p bo'lib ular olrasida Paroscientific (AQSh), Vaisala (Finlyandiya), Rotronic (AQSh), LAB-EL (Elektronika Laboratoryjna, Polsha kabi firmalar mavjud [23]).

So'nggi yillarda masofaviy bilvosita usullarining o'rganish obyektiga ta'sirlarining yo'qligi va o'lchovlarning bir xilligi sababli, masofaviy bilvosita usullarini ishlab chiqishga e'tibor qaratilmoqda.

Meteostansiyalar uchun keng qo‘llaniladigan sensorlarning qiyosiy  
jadvali

<b>Метеостанция</b>		<b>AWS-2700</b>	<b>BWS200</b>	<b>WXT20</b>	<b>Vantage Pro</b>
Firma nomi		Aanderraa data instruments	Campbell Scientific	Vaisala	Davis Data Instruments
Mamlakat nomi		Norvegiya	Buyuk Britaniya	Finlandiya	Amerika
O‘lchov diapazoni va aniqligi	Atmosfera bosimi, gPa	720-1080 , $\pm 0.2$	600-1100, $\pm 0.3$	600-1100, $\pm 0.3$	600-1100, $\pm 1.0$
	Havo temperaturasi, $^{\circ}\text{C}$	-43...+48, $\pm 0.1$	-40...+55, $\pm 0.2$	-52...+60, $\pm 0.2$	-40...+65, $\pm 0.5$
	Namlik %	0-100, $\pm 2$	0-100, $\pm 4$	0-100, $\pm 4$	0-100, $\pm 5$
	Shamol tezligi m/s	0-80, $\pm 2\%$	0-70, $\pm 3\%$	0-60, $\pm 2\%$	0-40, $\pm 5\%$
	Shamol yo‘nalishi, grad	0-360, $\pm 2$	0-360, $\pm 5$	0-360, $\pm 2$	0-360, $\pm 10$

*Tovush to‘lqinlarining tarqalishi asosida.* Atmosferani akustik zondlash usuli troposferaning pastki qismida onlayn rejimda kuzatish imkonini beradi. Ushbu usullarning ishlab chiqishning dolzarbligi akustik to‘lqinlarning atrof muhit parametrlarining dinamikasiga o‘ta yuqori sezuvchanligidir [24].

So‘nggi yillarda meteorologik parametrlarni o‘lchashning an’anaviy usullarini takomillashtirish bilan birga elektromagnit va tovush to‘lqinlari orqali atmosferani masofadan turib bilvosita usullari ham ancha rivojlandi.



Akustik zondlashning afzalliklaridan biri akustik to‘lqinlarning atrof-muhit parametrlarining dinamikasiga o‘ta yuqori sezuvchanligi hamda uzoq muddatli uzluksiz o‘lchovlarin amalga oshirish imkoniga egaligidir. Bu spektrning aksariyat hududlarida elektromagnit to‘lqinlarga qaraganda ancha kuchliroq hisoblanadi va shuning uchun tovush to‘lqinlari hosil qilish uchun oddiy uskunalardan foydalanish mumkin. Atmosferani masofadan zondlash (akustik zondlash) uchun tovush nurlanishidan foydalanish uzoq tarixga ega. U akustik to‘lqinlarning atmosfera turbulentligi natijasida hosil bo‘lgan sinishi indeksining bir hil bo‘lmaganligi bo‘yicha tarqalish hususiyatiga asoslanadi. Shu bilan birga, akustik tovushda ishlatiladigan eshitaladigan chastota diapazonining tovush to‘lqinlari elektromagnit to‘lqinlarga nisbatan atmosferada kichik penetratsion kuchga ega. Ovoz berish diapazoni (shovqin bilan birga) molekulyar yutilish, shamol va haroratning sinishi va turbulent zaiflashuv bilan cheklangan. Shuning uchun tabiiy akustik tovushni atmosferaning chegara qatlami deb ataladigan bir kilometr balandlikdagi atmosferaning pastki qismida qo‘llaniladi. Bu qatlamda akustik zondlash radio va optik zondlash usullariga nisbatan bir qator muhim afzalliklarga ega [25].

Zamonaviy akustik lokatorlar yuqori texnik darajada ishlab chiqarilgan va hozirgi vaqtda usulning asosiy muammosi olingan ma’lumotlarni qayta ishlash uchun adekvat nazariyaning yo‘qligi hisoblanadi. Uning qurilishi bir hil bo‘lmagan harakatlanuvchi muhitda tovush tarqalishining bir qator teskari muammolarini tahlil qilishni talab qiladi. Kelajakda bir hil bo‘lmagan muhitda tovush tarqalishining nazariy

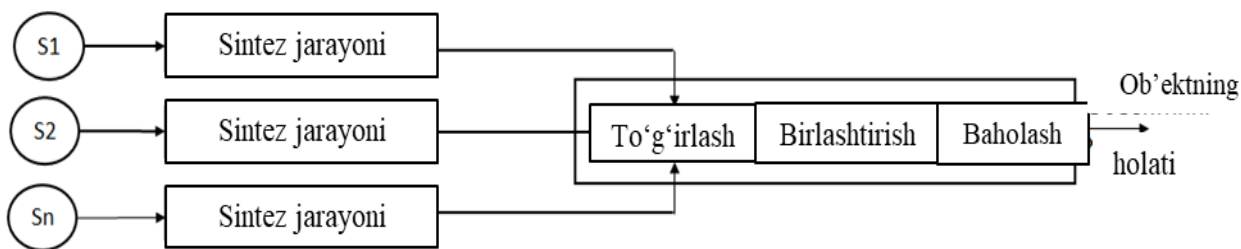
asoslarini va atmosfera chegara qatlamining dinamikasini takomillashtirish zarur [26].

Hozirgi kunda raqamli texnologiyalar yordamida bir nechta turdagi ma'lumotlarni sinxron ravishda qayta ishlash, ular asosida tegishli qaror qabul qilish va monitoring jarayonlarini amalga oshirish dolzarb masalalardan biri hisoblanmoqda. Ushbu yo'nalishda sensorlardan olingan ma'lumotlar sintezi yo'nalishi bo'yicha bir qancha tadqiqotlar olib borilmoqda. Sensor ma'lumotlari sintezi asosan o'zgaruvchan muhit parametrlarini o'lchash va kuzatish imkonini beruvchi sensorlar hamda qurilmalardan iborat bo'lgan tizim ma'lumotlarini bitta signalga yoki ma'lumotga birlashtira olish imkonini beradi [27]. Bir nechta sensorlardan olingan ma'lumotlarni birlashtirish "Sensor ma'lumotlar sintezi" yoki "ma'lumotlarni birlashtirish" algoritmlari yordamida qayta ishlanadi va sensor ma'lumotlar sintezi deb yuritiladi [28].

Raqamli tizimlarda ko'p kanalli sensorlardan olingan ma'lumotlarni ma'lum vaqtda kechikishi yoki o'lchash uchun ketadigan vaqt hisobiga olingan ma'lumotlarning aniqlik darajasi pastligi tufayli ma'lum bir xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Ushbu xatoliklarni bartaraf qilish uchun hozirgi kunda mavjud bo'lgan arxitekturalar asosida markazlashgan tizimlar ishlab chiqilgan. Ular markazlashtirilgan, markazlashtirilmagan va taqsimlangan kabi turlarga bo'linadi [29].

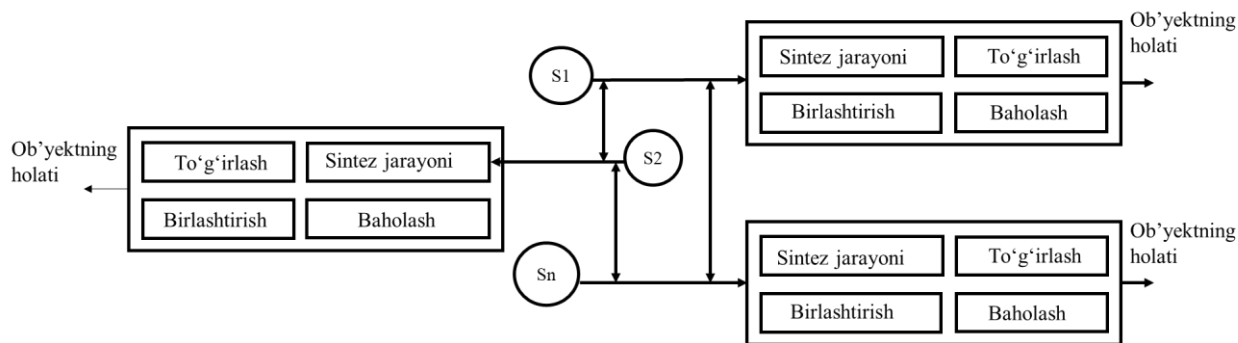
Markazlashtirilgan arxitektura tizimida sensorlardan olingan ma'lumotlar sintez jarayoni boshqaruv blokida amalga oshiriladi. Arxitektura tuzilish jihatidan sodda bo'lganligi bilan, boshqaruv tizimining

ishlash jarayonida katta yuklama bo‘lib, sekinroq ishlashiga olib keladi (Rasm 1.9) [30] .



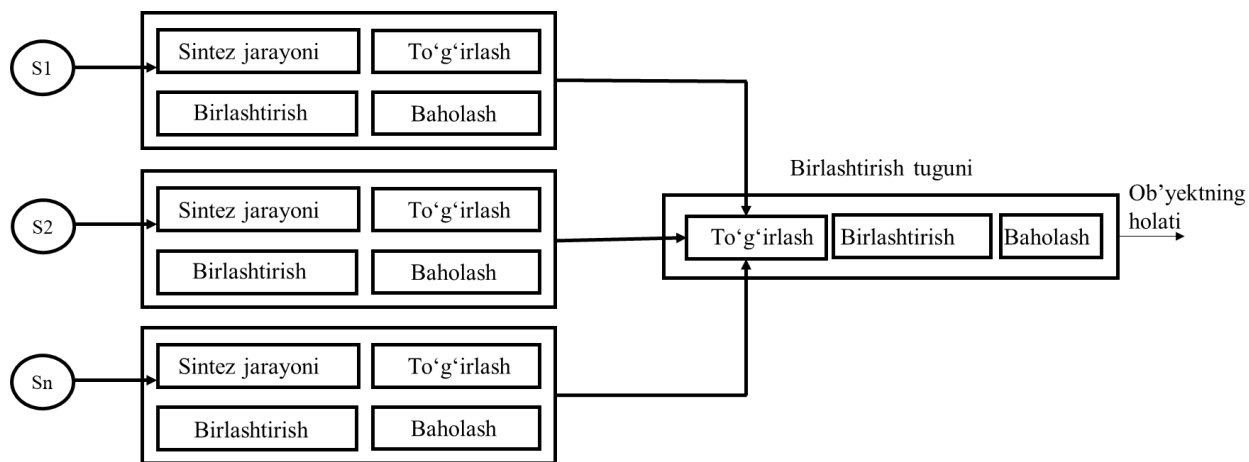
1.9-rasm Markazlashtirilgan arxitektura

Markazlashtirilmagan arxitekturada sensorlardagi o‘lchab olingan ma’lumotlar o‘zaro sensor ma’lumotlarini birlashtirish tugunlaridagi ma’lumotlar bilan birlashtiriladi. Bu markazlashtirilgan arxitekturaga qaraganda samaraliroq bo‘lib, lekin tizimda sensorlar ortgani sari arxitektura murakkablashib boradi (Rasm 1.10).

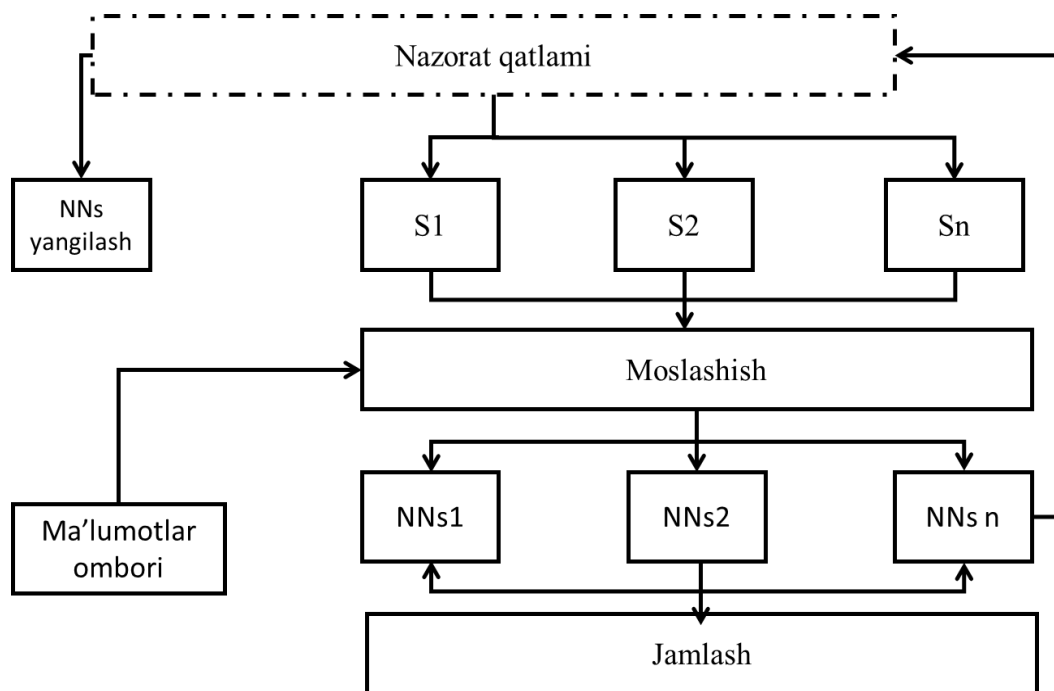


1.10-rasm. Markazlashtirilmagan arxitektura.

Taqsimlangan arxitekturada esa sensorlardan olingan ma’lumotlarni birlashtiruvchi blokka yuborishdan oldin sensor ma’lumotlarini qayta ishlash tugunlarida sintez qiladi. Ma’lumotlarni qayta ishlash blokida sintez qilingan ma’lumotlar birlashtiriladi (Rasm 1.11).



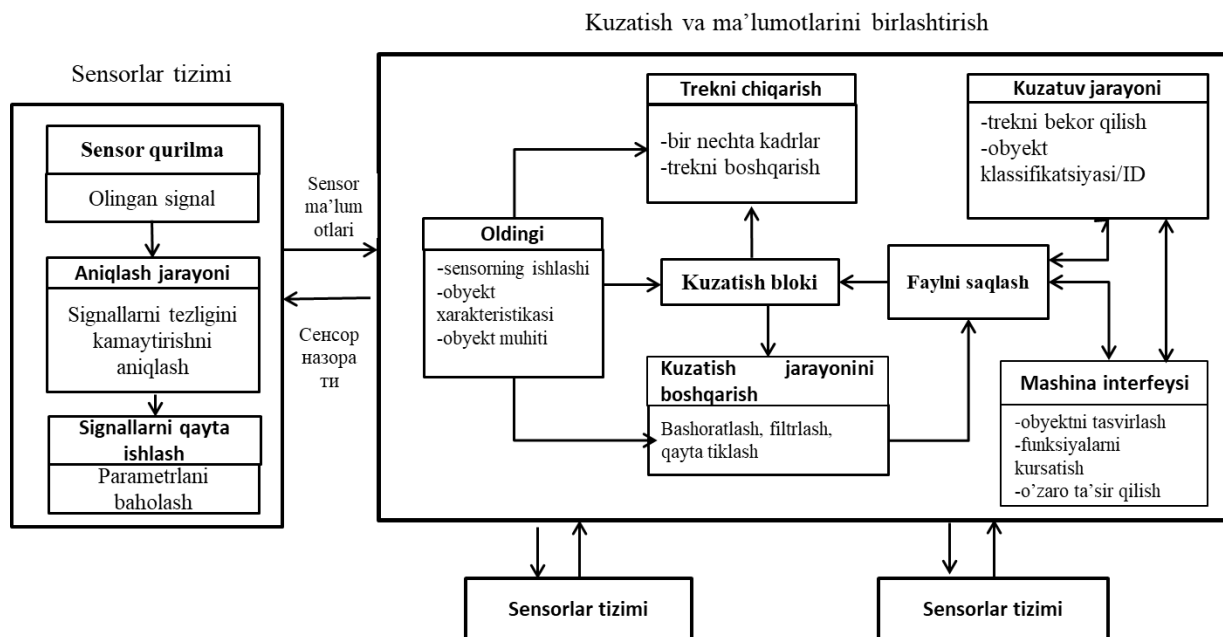
1.11-rasm. Taqsimlangan arxitektura [29]



1.12-rasm. Gibridd arxitektura [31]

Taqsimlangan va markazlashtirilgan axitekturaning birlashmasidan iborat bo'lgan gibridd axitektura tuzilishi 1.12-rasmida ko'rsatilgan. Gibridd axitektura, yuqorida ko'rib chiqilgan axitekturalarga nisbatan aloqa yukini va hisoblash murakkabligini oshiradi. Lekin, ko'rib chiqilgan

arxitekturalardan taqsimlangan arxitektura multisensorli birlashtirish axitekturalar eng ko‘p qo‘llaniladi. Shuningdek, ko‘p kanalli sensorlarning birlashtirish usullari va algoritmlarini takomillashtirish taqsimlangan arxitektura asosida monitoring faoliyatini yaxshilashi mumkin [32].



1.13-rasm. Sensor ma'lumotlari sintezining umumiy funksional blok-sxemasi [32].

Sensor ma'lumotlari sintezining umumiy funksional blok-sxemasi ikkita qismdan iborat bo'lib, sensorlar tizimida o'lchab olingan signallar bilan bog'liq bo'lgan ma'lumotlar.

Ko'p kanalli sensor ma'lumotlarini sintez qilish texnologiyasi birinchi marta ikkinchi jahon urushi oxirida zenit artilleriya otishmani boshqarish tizimida radar ishlatilganda sensolarni birlashtirish usulidan foydalanilgan. Ushbu tizimda nishonlar mavjudligini aniqlash uchun datchiklardan to'liq qo'llanilgan va nishonlargacha bo'lgan masofani

o'lchash uchun radarlardan foydalanildi, bu esa og'ir jang maydonining ta'sirini bartaraf etgan va artilleriya tizimining nishonga olish samarasini oshirgan [33].

Kichik maqsadli optik tasvirlashning xususiyatlariga asoslanib tasvirni qayta ishlash sohasidagi chegara nazariy usullaridan to'liq foydalanadi va ko'rinadigan va infraqizil tasvir ma'lumotlarini birlashtirishga asoslangan kichik maqsadni aniqlash algoritmi jarayoni tizimini taklif qiladi va aniqligi va barqarorligini yaxshilaydi. Fotoelektrik meridianni kuzatish tizimida multisensorli axborot sintezi algoritmini takomillashtirish orqali maqsadni aniqlash. Kichik maqsadni aniqlash muammosini hal qilish uchun amaliy qo'llanma taqdim etiladi. Ko'p sensorlarni birlashtirish algoritmini osonlashtirish va tezkor tekshirish uchun Gazebo dasturi asosida aqlli avtomobil va eksperimental muhit uchun simulyatsiya platformasi qurilgan bo'lib, u sensor ma'lumotlarini yig'ish va aqlli avtomobilning boshqaruv qarori funksiyasini amalga oshirishi mumkin. Aqlli transport vositasining kinematik modeli birinchi navbatda dizayn talablariga muvofiq tavsiflanadi va kamera koordinata tizimi, LiDAR koordinata tizimi va sensorlarning avtomobil tanasi koordinatalari tizimi o'rnatilgan.

Keyingi yillarda Muzammal va boshqa olimlar tomonidan sensor ma'lumotlarini birlashtirish texnologiyalar sohasida ham izlanishlar davom etmoqda [34]. Bakalos va boshqalar ko'p sensorli ma'lumotlarni birlashtirish algoritmiga asoslangan matematik modelni taklif qildi [35].

Chjan va boshqalar muhim tizimlarni kuzatish uchun multimodal ma'lumotlar sintezi va adaptiv chuqur o'rganishdan foydalangan. Vang va boshqalar nosozliklarini aniqroq tashxislash uchun uchuvchisiz apparat vositasi xavfsizligi masofa diagnostikasi uchun ko'p sensorli ma'lumotlarni birlashtirishga asoslangan usulni taklif qildi [36]. Yuqorida tahlil qilingan usullar ko'rib chiqilib, keyingi bobda sensor ma'lumotlarini birlashtirishda vaqt bo'yicha sinxronlash usulidan foydalanib, atmosfera parametrlarini monitoring qurilmasini modeli ishlab chiqildi.

## **2. MAXSUS VAZIFALI QURILMALAR UCHUN ATMOSFERA PARAMETRLARINING MONITORING USULINI ISHLAB CHIQISH.**

### **§ 2.1. Ko‘p kanalli sensor ma’lumotlarini birlashtirish asosida atmosfera parametrlarini monitoring modelini ishlab chiqish.**

Nishonning fazodagi koordinatasini aniqlashda va maxsus vazifalarni bajaruvchi tizimdagi xatoliklarini oldini olish maqsadida kichik meteostansiyalardan olingan ma’lumotlarni aniqligi muhim hisoblanadi. Birinchi bobda, ushbu muammoni bartaraf etish uchun kuzatilayotgan obyekt koordinatalarini aniqlash va trayektoriyasini bashoratlashni tashkil etish bo‘yicha aniq vazifalar qo‘yildi.

Nishonni uch o‘lchamli fazodagi harakatini kuzatish uchun asosan *model, statistik nazariya, axborot nazariyasi va sun‘iy intellektga asoslangan* usullari mavjud. Ushbu bobda modelga asoslangan ma’lumotlarni birlashtirish usulining algoritmi ishlab chiqilgan.

Atmosfera parametrlari dinamik o‘zgarib turganligi sababli monitoring tizimi uchun real vaqtda olingan ma’lumotlar muhim hisoblanadi. Real vaqt rejimida dinamik atmosferaning parametrlarini kuzatish murakkab jarayon bo‘lib, mazkur tizimda kuzatilayotgan obyektga real vaqtda meteofaktorlar ta’sirini hisobga olgan holda sensor ma’lumotlarini birlashtirish kabi muammolari mavjud. Atmosfera parametrlarini real vaqtda monitoring qiluvchi va ma’lumotlarni sinxron ishlash tizimini tashkil etish orqali ushbu muammolar bartaraf qilinadi.



Monitoring jarayoni - bu atmosfera holatini va parametrlarini rejimli kuzatuvchi axborot, shuningdek atrof-muhit holatini baholash va bashoratlash tizimi hisoblanadi [37].

Mazkur ishning ushbu bobida ko‘p kanalli sensor ma’lumotlarini birlashtirish usullari asosida atmosfera parametrlarini monitoring qilish hamda kuzatilayotgan obyektning fazodagi koordinatasini aniqlash tizimining modeli taklif qilingan. Ushbu vazifalarni bajarish uchun bir nechta usullar tanlangan bo‘lib, dastlab ishlab chiqiladigan tizimga qo‘yiladigan talablar shakllantirildi:

- fazoda harakatlanayotgan obyektning masofasini va hajmini aniqlash;

- obyektning fazodagi harakatlanish trayektoriyasiga ta’sir qiluvchi atmosfera parametrlarini uzluksiz ravishda monitoring qilish;

- turli parametrlar boshqaruvini avtomatlashtirishni ta’minlovchi monitoring qilinadigan hududda ko‘p kanalli axborot-o‘lchov tizimi ma’lumotlarini sinxron qayta ishlash;

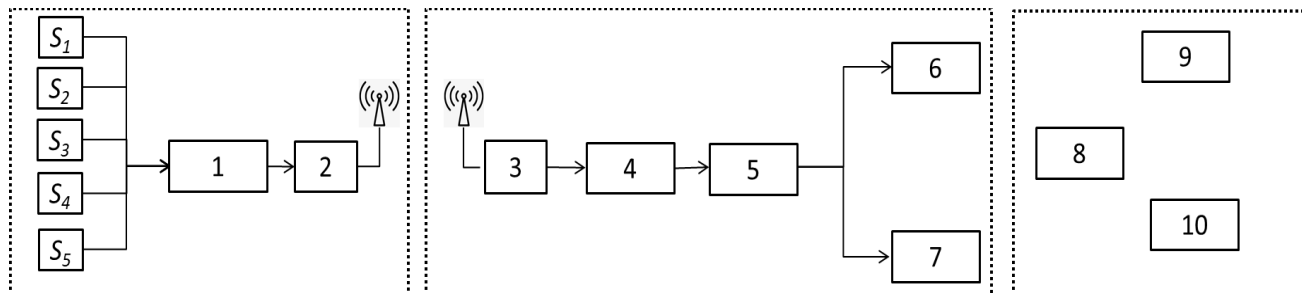
- atmosfera parametrlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarni raqamli ko‘rsatkichlar ko‘rinishida axborot kanallari orqali monitoring markaziga jo‘natish;

- tegishli ma’lumotlar asosida tizimning qaror qabul qilish qismini ishlab chiqish.

**Tizimning texnik qismini amalga oshirish.** Ushbu model/tizimning asosiy komponentlari quyidagi asosiy tashkil

etuvchilardan iborat: Atmosfera parametrlari monitoringi uchun sensorlar, radar, masofa o‘lchagich.

Texnik tizimning ishlash prinsipi 2.1-rasmda ko‘rsatilgan.



2.1-rasm. Ko‘p kanalli sensorlarga asoslangan meteostansiya yordamida fazoda harakatlanayotgan obyekt trayektoriyasini bashoratlash va kuzatish modelini amalga oshirishning funksional sxemasi.

Model quyidagi tarzda ishlaydi. Meteoparametrlarni o‘lchovchi sensorlardan ( $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ ) olingan qiymatlar ma’lumotlarni sinxron ishlash blokida (1) vaqt bo‘yicha qayta ishlanadi. Ma’lumotlarni uzatish bloki (2) sinxron qayta ishlangan ma’lumotlarni qabul qiluvchi blokga (3) uzatadi. Ma’lumotlarni matematik qayta ishlash blokida (4) har bir parametrlar maxsus jadvallar asosida korrektirovkalanadi va aniqlangan burchak monitorda (5) ko‘rinadi.

Eng oddiy hollardan tashqari meteostansiya sensorlari tomonidan kuzatiladigan barcha obyektlar orasida haqiqiy nishonni aniqlash muammo bo‘lib, qo‘shimcha radar (6) hamda masofa o‘lchagich (7) ma’lumotlarini ham real vaqtda birlashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Blok-sxemaning o‘ng tomonida (8,9,10) tasvirlangan maxsus vazifalarni

bajarishga mo'ljallangan tizim bilan bog'lanishining va qaror qabul qilishning umumiy ko'rinishi bo'lib, nishonni aniqlash uchun u turli sensorlar, radar va masofa o'lchagichdan olingan ma'lumotlarni Kalman algoritmi asosida birlashtiriladi.

## **§ 2.2. Ko'p kanalli sensor ma'lumotlarini birlashtirish asosida fazoda harakatlanayotgan obyekt vektorini baholash va aniqlashning matematik modeli**

Kalman algoritmi ma'lumotlarni nazariy jihatdan ma'lumot manbalari orasidagi o'zaro bog'liqlikni to'g'ri hisobga olish va tizim holatini baholash uchun xizmat qiladi. Kalman filtri shovqinlarni o'lchash va sensorlardan olingan o'lchovlar asosida tizimning holatini samarali baholash uchun ishlatiladi.

Taklif etilayotgan tizimdagi parametrlar dinamik bo'lganligi sababli, tizimning holati vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Kalman filtri asosida vaqt davomida tizimning holati qanday bo'lishini aniqlash mumkin. Ushbu algoritm ishlash prinsipi obyektning har bir qadamida sensor ma'lumotlarini (shovqin va boshqa halaqitlar bilan), oldingi bosqichdagi holatini oladi va ushbu ma'lumotlardan foydalanib, joriy bosqichdagi obyekt holatini baholaydi. Shuningdek, u obyektning joriy holat vektorining haqiqiy holatiga (vektordagi har bir o'zgaruvchi uchun qiymatlarning tarqalishi) mos kelishini baholab boradi. Kalman filtri shovqinlarsiz to'g'ridan-to'g'ri o'lchanmagan parametrlarni baholashning

ham imkonini beradi. Shuningdek, o‘lchovlardagi hatoliklar butun tizim ishlashining hatoliklariga olib kelinmasligi uchun sensor ma’lumotlari qayta ishlanishi kerak. Kalman algoritmi yordamida olingan sensor ma’lumotlarini (shovqinlar bilan) obyektning oldingi bosqichdagi holat vektoridan foydalanib obyektning joriy bosqichdagi holatni baholaydi. Hamda, obyektning joriy holatini haqiqiy holatga qanchalik mos kelishini baholab kuzatib boradi [38].

Kuzatilayotgan obyektning  $x$ , o‘lchab olingan atmosfera parametrlarining kuzatuvlari  $z_n$  asosida, sensor qiymatlarini uzatishda va o‘lchash natijasida yuzaga keladigan shovqinlar  $n_n$  sababli hatoliklar kelib chiqadi. Atmosfera parametrlari 5 ta sensorlar  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  yordamida o‘lchanadi va yuzaga keladigan shovqinlar  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$ , obyekt  $x$  uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} z_1 = x + n_1 \\ z_2 = x + n_2 \\ z_3 = x + n_3 \\ z_4 = x + n_4 \\ z_5 = x + n_5 \end{cases} \quad (2.1)$$

Bunday shovqinlar, o‘rtacha taqsimot qonuni va shartli matematik kutish taqsimotiga amal qiladi va unga mos ravishda shovqinlarning  $n_1 \dots n_5$  dispersiyasi  $\sigma_1^2 \dots \sigma_5^2$  quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega(n_1) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} * \exp \left\{ -\frac{n_1^2}{2\sigma_1^2} \right\}$$

$$\omega(n_2) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} * \exp \left\{ -\frac{n_2^2}{2\sigma_2^2} \right\}$$

$$\omega(n_3) = \frac{1}{\sigma_3\sqrt{2\pi}} * \exp\left\{-\frac{n_1}{2\sigma_3^2}\right\} \quad (2.2)$$

$$\omega(n_4) = \frac{1}{\sigma_4\sqrt{2\pi}} * \exp\left\{-\frac{n_1}{2\sigma_4^2}\right\}$$

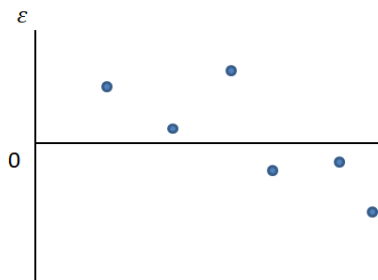
$$\omega(n_5) = \frac{1}{\sigma_5\sqrt{2\pi}} * \exp\left\{-\frac{n_1}{2\sigma_5^2}\right\}$$

Qabul qiluvchi blok kuzatuvlar asosida olingan 5 ta parametr qiymatlarini ya'ni, foydali signalni  $x$  hisoblashdan iborat. Foydali signalning  $x$ , aniq qiymatini topish mumkin emas. Shuning uchun, uning taxminiy qiymatini  $\hat{x}$  hisoblaymiz.  $\hat{x}$  shunday qiymat bo'lishi kerakki, uning chiqishida quyidagi baholash ifodasiga ega bo'lishi kerak.

$$\hat{x} = u(z_1, z_2) \quad (2.3)$$

Foydali signalni hisoblash atmosferani kuzatuvlari  $z_1 \dots z_5$  asosida amalga oshiriladi va algoritm qurish va uning ishlashini va aniqligini baholash vazifalari qo'yiladi.

Algoritm ishlashini baholash mezonlari va turiga bog'liq bo'lib, har qanday algoritm  $\varepsilon$  hatoliklarga, ya'ni algoritm chiqishida taxminiy koordinatasining qiymati va haqiqiy qiymat o'rtasidagi xatolik olib keladi [39].



2.2-rasm.  $\varepsilon$  xatoliklar.

Hatoliklar o'rtacha nol qiymatda o'zgarib turadi (2.2-rasm), ya'ni matematik kutishga ega bo'ladi. Algoritm uchun hatolar o'rtacha nolga teng bo'lishi va hato qiymatlari kichik bo'lish talablari belgilangan. 2.2-rasmda keltirilgan  $\varepsilon$  xatoliklar manfiy va musbat qiymatlarni ham qabul qilishi mumkinligi sababli, hatoliklar kvadrati tenglamasi olindi. Bu tenglama asosida hatoliklar qiymati oshgani sari, algoritm yomon ishlashi hamda hatoliklar qanchalik kam bo'lsa algoritm shuncha yaxshi ishlashi ko'rsatadigan mezonni shakllantirish mumkin. Algoritm sifat mezoni quyidagicha yoziladi:

$$R(\varepsilon) = \varepsilon^2 = (x - \hat{x})^2 \quad (2.4)$$

Ifodaning  $R$  qiymati katta sonlar chiqishi mumkinligini hisobga olib,  $(x - \hat{x})^2$  hatoliklar kvadratini kichiklashtirishni o'rniga o'rtacha son qiymatini berish kerak. O'rtacha son qiymatini olish uchun matematik kutishdan foydalanib sifat mezonini quyidagicha yozamiz:

$$\bar{R}(\varepsilon) = M\{\varepsilon^2\} = M\{(x - \hat{x})^2\} = \sigma_\varepsilon^2 \quad (2.5)$$

Ushbu ifoda o'rtacha hatoliklar kvadratini minimallashtiradi. Bundan foydalanib, Gauss shovqinlari asosida, dispersiya  $\sigma_\varepsilon^2$  qiymatini kamaytiradigan vazn koeffitsiyentiga  $\alpha_1$  bog'liq chiziqli kombinatsiya algoritmini tuzamiz.

$$u(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5) = \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \alpha_4 z_4 + \alpha_5 z_5 \quad (2.6)$$

Baholash mezonlari  $\alpha_1 \dots \alpha_5$  parametrlarga bog'liq bo'lib quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\bar{R}(\varepsilon) = M\{\varepsilon^2\} = M\{(x - \hat{x})^2\} = \sigma_\varepsilon^2 \quad (2.7)$$

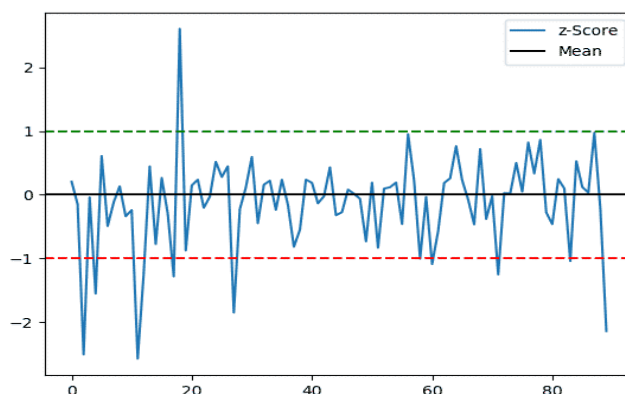
Agar bularning barchasini  $\hat{x}$  o‘rniga  $(z_1, \dots, z_5)$  kuzatilaytgan parametrlarni qo‘yib yozsak, quyidagicha bo‘ladi.

$$\bar{R}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5) = M\{(x - \hat{x})^2\} = M\{(x - [\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \alpha_4 z_4 + \alpha_5 z_5])^2\} \quad (2.8)$$

Ifodada keltirilgan 5 ta koeffitsiyentlar o‘rniga bitta optimal koeffitsiyent keltirib chiqarilishi kerak, va ularning yig‘indisi 1 ga teng bo‘lgan qoidaga bo‘ysunadi.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1 \quad (2.9)$$

Keltirilgan qoidaga amal qilinishining sababi, algoritm uchun hatoliklar o‘rtacha nolga teng bo‘lishi kerak. Agar bizda ba’zi hatoliklar va koeffitsiyentlar yig‘indisi  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 > 1$  bo‘lsa, yashil bilan belgilangan musbat qiymatlar olinadi (2.3-rasm).  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 < 1$  bu shartda esa, qizil bilan belgilangan manfiy qiymatlar olinadi.



2.3-rasm. Xatoliklarning diagrammada ko‘rinishi.

Koeffitsiyentlar yig'indisi  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1$ , ga teng bo'lsa nol qiymatda bo'lib, o'rtacha baholarni olamiz va kuzatishlarni qayta ishlash algoritmi quyidagicha bo'ladi.

$$\begin{aligned}\hat{x} &= (1 - \alpha)z_1 + \alpha z_2 \\ \hat{x} &= (1 - \alpha)z_2 + \alpha z_3 \\ \hat{x} &= (1 - \alpha)z_3 + \alpha z_4 \\ \hat{x} &= (1 - \alpha)z_4 + \alpha z_5\end{aligned}\tag{2.10}$$

Baholash mezonlari bitta parametrga bog'liq bo'ladi.

$$\begin{aligned}P &= \bar{R}(\alpha) = M\{(x - \hat{x})^2\} = M\{(x - [(1 - \alpha_1)z_1 + \alpha_2 z_2])^2\} \\ P &= \bar{R}(\alpha) = M\{(x - \hat{x})^2\} = M\{(x - [(1 - \alpha_2)z_2 + \alpha_3 z_3])^2\} \\ P &= \bar{R}(\alpha) = M\{(x - \hat{x})^2\} = M\{(x - [(1 - \alpha_3)z_3 + \alpha_4 z_4])^2\} \\ P &= \bar{R}(\alpha) = M\{(x - \hat{x})^2\} = M\{(x - [(1 - \alpha_4)z_4 + \alpha_5 z_5])^2\}\end{aligned}\tag{2.11}$$

Ushbu formulaga mos ravishda  $z_1 \dots z_2$  matematik qiymatlar qo'yilsa baholash mezonlari quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\begin{aligned}P &= M\{([(1 - \alpha_1)z_1 + \alpha z_2 - x])^2\} = M\{((1 - \alpha)x + (1 - \alpha)n_1 + \alpha x + \alpha n_2 - x)^2\} \\ &= M\{((1 - \alpha)n_1 + \alpha n_2)^2\}\end{aligned}\tag{2.12}$$

Bundan tashqari, ular extimollar nazariyasiga ko'ra qo'llaniladi. Kuzatuvlarni va shovqinlarni  $n_1 \dots n_2$  alohida kvadrat yig'indining matematik kutilish kvadratlar yig'indisiga bo'linadi.

$$P = M\{((1 - \alpha)n_1)^2\} + M\{(\alpha n_2)^2\} = (1 - \alpha)^2 \sigma_1^2 + \alpha^2 \sigma_2^2\tag{2.13}$$



Ushbu ifodadani  $\alpha$  optimal parametrini topishimiz mumkin hamda minimal signalni topishimiz uchun  $\alpha$  parametrga nisbatan hosilani hisoblash va uni nolga tenglashtirish orqali ushbu ifodani hosil qilamiz.

$$\frac{dP(\alpha)}{d\alpha} = -2(1 - \alpha)\sigma_1^2 + 2\alpha\sigma_2^2 = 0 \quad (2.14)$$

Hamma qiymatlarni  $\alpha$  bilan farqlash uchun, matematik o'zgartirishni amalga oshiramiz.

$$\alpha = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (2.15)$$

$\alpha$  shovqin dispersiyasi asosida aniqlanadi va qayta ishlash algoritmi quyidagicha bo'ladi.

$$\hat{x} = \left(1 - \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}\right) * z_1 + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} * z_2 \quad (2.16)$$

Yuqoridagi ifodaning  $1 - \alpha$  o'rniga  $z_1 \dots z_5$  kuzatishlar qo'yiladi.

$$1 - \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (2.17)$$

Algoritmi baholash quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\hat{x} = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} * z_1 + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} * z_2 \quad (2.18)$$

Xatolar dispersiyasini baholashda har bir koeffitsiyent kuzatuv qiymatlariga ko'paytirilib chiqiladi. Ushbu natijani baholash algoritmini Kalman filtri amalga oshiradi va 5 ta chiqish parametrlarini baholashni shakllantiradi.

Bundan tashqari, ushbu formuladan foydalanib, ushbu algoritmning ish sifatini baholashimiz mumkin. Bunda algoritmga  $\alpha$  qiymatlarni qo‘yamiz.

$$P = (1 - \alpha)^2 \sigma_1^2 + \alpha^2 \sigma_2^2 \quad (2.19)$$

$$P = \frac{\sigma_2^4}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^2} * \sigma_2^4 + \frac{\sigma_1^4}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^2} * \sigma_2^2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \alpha \sigma_2^2$$

### **Kalman filtrining rekkurent formasi yoramida .**

$\hat{x} = (1 - \alpha)z_1 + \alpha z_2$  bu baholash algoritmining boshlang‘ich shakli hisoblanadi va  $\alpha$  o‘rniga  $\alpha = \frac{P}{\sigma_2^2}$  ifodasi qo‘yilsa, quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi [40]:

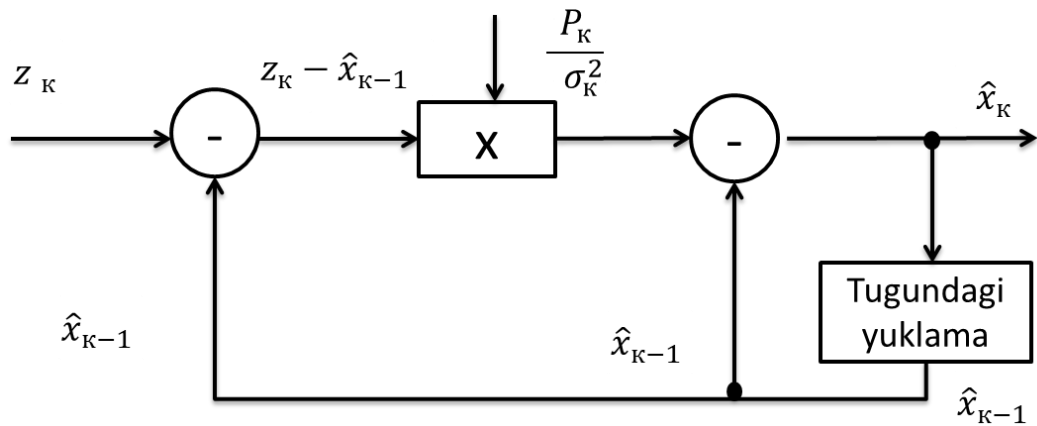
$$\hat{x} = z_1 + \frac{P}{\sigma_2^2} * (z_2 - z_1) \quad (2.20)$$

Har qanday kuzatish uchun quyidagi formula hosil bo‘ladi. Bu formula diskret vaqtda Kalman filtrini ifodalaydi.

$$P_k = \frac{P_{k-1} * \sigma_k^2}{P_{k-1} + \sigma_k^2} \quad (2.21)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + \frac{P_k}{\sigma_k^2} * (z_k - \hat{x}_{k-1}) \quad (2.22)$$

$z_k$  kuzatuvlar kirish qismiga keladi va  $(z_k - \hat{x}_{k-1})$  asosida holatni baholaymiz, hamda  $\frac{P_k}{\sigma_k^2}$  ga ko‘paytiriladi, va chiqishda  $\hat{x}_k$  baholanadi. Ushbu sxemadan, qancha kuzatuv qiymatlari ko‘p bo‘lsa shunchalik baxolanishining aniqligi yo‘qolishini ko‘rish mumkin.



2.4-rasm. Kalman filtring strukturaviy sxemasi

**Kalman vektori.** Tizimning har bir holatini uning parametrlari vektori bilan tavsiflash mumkin. Fazoda harakatlanayotgan obyekt bir holatdan ikkinchi holatga o'tadi va barcha tizim holatlari uning o'tishlar to'plami ma'lum bir modelni tashkil qiladi. Kuzatish ma'lumotlari vektori tushunchasi mavjud. Bu tizimning hatti-harakatlarini kuzatish natijasidan olishimiz mumkin bo'lgan tizim parametrlari to'plami hisoblanadi. Aksariyat hollarda tizim holati vektorining o'lchamini kuzatish ma'lumotlari vektorining o'lchamidan oshib ketadi. Bunday holda, Kalman filtri tizimining to'liq ichki holatini qanaydir ehtimollik baholashga qodir.

Kalman filtri vaqt bo'yicha diskretlangan chiziqli dinamik tizimlar bilan ishlaydi. Bunday tizimlar normal taqsimotga ega chiziqli operatorlar yordamida Markov zanjirlari bilan modellashtiriladi. Vaqtning har bir diskret momentida chiziqli operator xolatiga ta'sir qiladi va uni boshqa holatga o'tkazadi, oddiy shovqin ko'rinishidagi ba'zi tasodifiy qiymatni va

umumiy holda, boshqaruv signalning ta'sirini simulyatsiya qiluvchi boshqaruv vektorini qo'shadi.

Bir vaqtning o'zida  $x, y, z$  koordinatalari bo'ylab harakatlanayotgan obyektning harakatlanish koordinatasi ushbu algoritm bilan aniqlanadi.

$$\begin{cases} \hat{x}_k = u(z_k, \hat{x}_{k-1}) \\ \hat{y}_k = u(z_k, \hat{y}_{k-1}) \\ \hat{z}_k = u(z_k, \hat{z}_{k-1}) \end{cases} \quad (2.23)$$

(2.23) harakatlanish koordinatasining xar bir  $x, y, z$  nuqtalari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi.

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + \frac{P_k}{\sigma_k^2} \cdot (z_k - \hat{x}_{k-1}); \quad P_k = r^2 P_{k-1} + \sigma_\xi^2; \quad (2.24)$$

$$P_k = \frac{P_{k-1} \cdot \sigma_k^2}{P_{k-1} + \sigma_k^2}; \quad \hat{x} = \hat{x}_k + \frac{P_k}{\sigma_k^2} \cdot (z_k - \hat{x}_k) \quad (2.25)$$

Keltirilgan formulalardan foydalanib matritsa shakldagi (2.24; 2.25) ifodani Markov modeli asosida vektor ko'rinishida quyidagicha yozishimiz mumkin.

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_x & 0 & 0 \\ 0 & r_y & 0 \\ 0 & 0 & r_z \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \\ z_{k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_{xk} \\ \xi_{yk} \\ \xi_{zk} \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

$$\hat{x} = R * \bar{x}_{k-1} + \bar{\xi}_k \quad (2.27)$$

Bu yerda,  $\hat{x}$  –vektor,  $R$ - matritsa,  $\bar{x}_{k-1}$  – obyektning oldingi holati,  $\bar{\xi}_k$  –shovqinning hosil bo'lishi.

$\bar{\xi}_k$  - shovqinlar tasodifiy sonlar bo‘lib, nol matematik kutish bilan normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi. Dispersiyalarni (2.23) vektor asosida hisoblash uchun matematik kutish bilan normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi.

$$M\{\bar{\xi}_k, \bar{\xi}_k^T\} = M\left\{[\xi_{xk}, \xi_{yk}, \xi_{zk}] * \begin{bmatrix} \xi_{xk} \\ \xi_{yk} \\ \xi_{zk} \end{bmatrix}\right\} = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi_x}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\xi_y}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\xi_z}^2 \end{bmatrix} = V_{\xi} \quad (2.28)$$

$x + \bar{n}_k$  kuzatuv shovqiniga asoslangan vektor holatini aloqa kanallari yoki o‘lchov aniqligi bilan belgilanadigan Z kuzatish vektoriga egamiz.

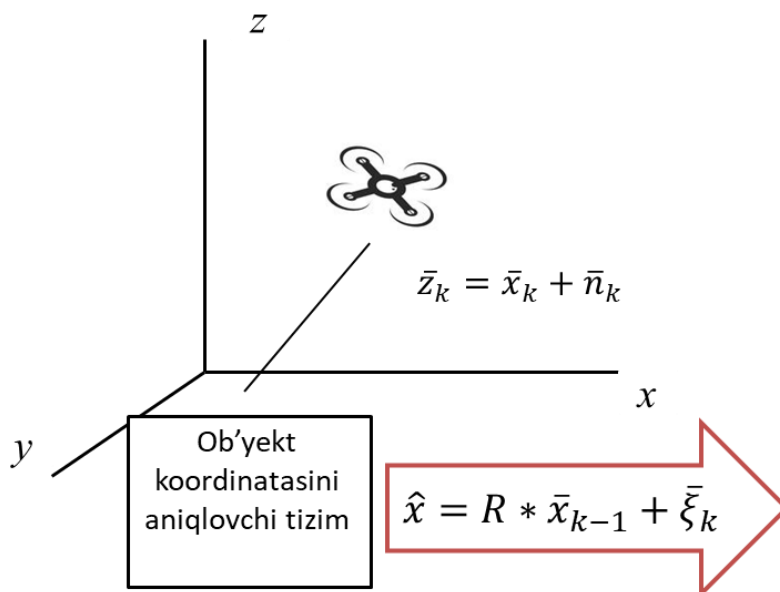
$$\begin{bmatrix} Z_{xk} \\ Z_{yk} \\ Z_{zk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{xk} \\ n_{yk} \\ n_{zk} \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

$\bar{z}_k = \bar{x}_k + \bar{n}_k$

Ma’lumotlarni uzatishda shovqinlar doimo mavjud bo‘lib, bu shovqinlarning tarqalishi asosiy diagonal  $\sigma_{n_x}^2, \sigma_{n_y}^2, \sigma_{n_z}^2$  bo‘ylab ushbu shovqin komponentlarning dispersiyalari mavjud bo‘lgan bir-biridan mustaqil matritsa bilan aniqlanadi.

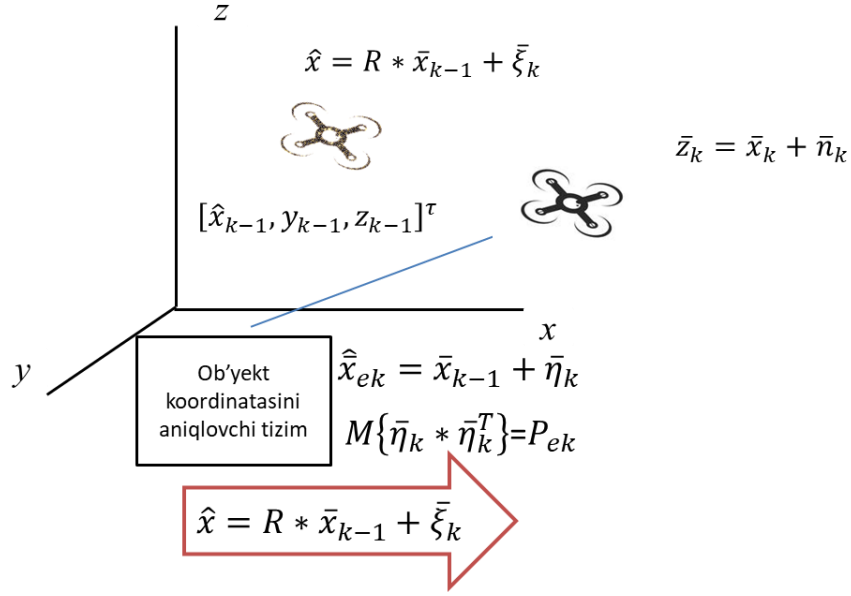
$$M\{\bar{n}_k, \bar{n}_k^T\} = M\left\{\begin{bmatrix} n_{xk} \\ n_{yk} \\ n_{zk} \end{bmatrix} * [n_{xk}, n_{yk}, n_{zk}]\right\} = \begin{bmatrix} \sigma_{n_x}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{n_y}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{n_z}^2 \end{bmatrix} = V_k \quad (2.30)$$

2.5-rasmda keltirilgan obyektning kuzatish  $\bar{z}_k = \bar{x}_k + \bar{n}_k$  ifodasi bilan belgilanadi va uning harakatini Markov vektor modeli asosida  $\hat{x} = R * \bar{x}_{k-1} + \bar{\xi}_k$  ifodalaymiz.



2.5-rasm. Markov modeli asosida obyekt joriy holatini matematik baholanishi.

Obyekt keyingi nuqtaga siljisa, oldingi va keyingi holat uchun ham kuzatuvga  $\bar{z}_k = \bar{x}_k + \bar{n}_k$  bog'liq hisoblanadi. Obyektning keyingi nuqtasini bashoratlashda oldingi holatini baholash qiymati  $[\hat{x}_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1}]^T$  hamda, keyingi nuqtasini qiymatlarini topish zarur bo'ladi. Keyingi nuqtasini topish uchun siljish modelidagi  $R$  matritsani oldingi holat baholash qiymatiga  $\hat{x}_1$  ko'paytmasi orqali keyingi nuqtani ekstropolyatsiya qilish mumkin  $\hat{x}_{e2} = R * \hat{x}_1$ .



2.6-rasm. Obyektning keyingi nuqtasini ekstrapolyatsiya qilish.

Ekstropoyatsiya bu tashqi muxitda dinamik qatorda bo‘lgan prognozlovchi kattaliklarning qiymatlari aniqlashdir.

Ob'yektning joriy holatini baholash uchun bizda 2 ta kuzatuv  $\bar{z}_2 = \bar{x}_2 + \bar{n}_2$ ,  $\hat{x}_{e2} = R * \hat{x}_1$  mavjud bo‘lib, bu yerda  $\bar{n}_2$  shovqini bizga ma'lum lekin  $\hat{x}_{ek} = \bar{x}_{k-1} + \bar{\eta}_k$  ga tegishli bo‘lgan  $\bar{\eta}_k$  shovqin dispersiyasini ehtimolligini  $P_{e2}$  topish kerak bo‘ladi.

Shovqin dispersiyasini bashoratlash uchun quyidagi formuladan foydalanib  $P_{e2} = M\{(\bar{x}_2 - R\hat{x}_1)^2\}$ ,  $\bar{x}_2$  o‘rniga siljish modeli  $R\bar{x}_1 + \bar{\xi}_2$  ni qo‘yib quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$P_{e2} = M\{(\bar{x}_2 - R\hat{x}_1)^2\} = M\{(R\bar{x}_1 + \bar{\xi}_2 - R\hat{x}_1)^2\} = RM\{(\bar{x}_1 - \hat{x}_1)^2\}R^T + V_{\xi} = R * P_1 * R^T + V_{\xi} \quad (2.31)$$

Bu yerda  $P_1$  –oldingi holat dispersiya hatoligini baholash.

Obyektning koordinatasini baholash uchun Kalman filtrining skalyar ko‘rinishini keltirgan edik. Avval dispersiya hatoliklarini aniqlab so‘ng baholanishini yozgan edik.

$$P_k = \frac{P_{ek} * \sigma_k^2}{P_{ek} + \sigma_k^2} \quad \hat{x}_k = \hat{x}_{ek} + \frac{P_k}{\sigma_k^2} * (z_k - \hat{x}_{ek}) \quad (2.32)$$

(2.32) formulalar asosida Kalman filtri vektor ko‘rinishga almashtirish uchun, skalyar qiymatlar o‘rniga vektor qiymatlarni qo‘yib chiqamiz.

$$P_k = P_{ek} * V_k * (P_{ek} + V_k)^{-1} \quad (2.33)$$

O‘z-o‘zini baholash esa analogiya bo‘yicha quriladi

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{ek} + P_k * V_k^{-1} * (\bar{z}_k - \hat{x}_{ek}) \quad (2.34)$$

Natijada, harakatlanayotgan obyektning ikkinchi nuqtasini baholash quyidagicha bo‘ladi.

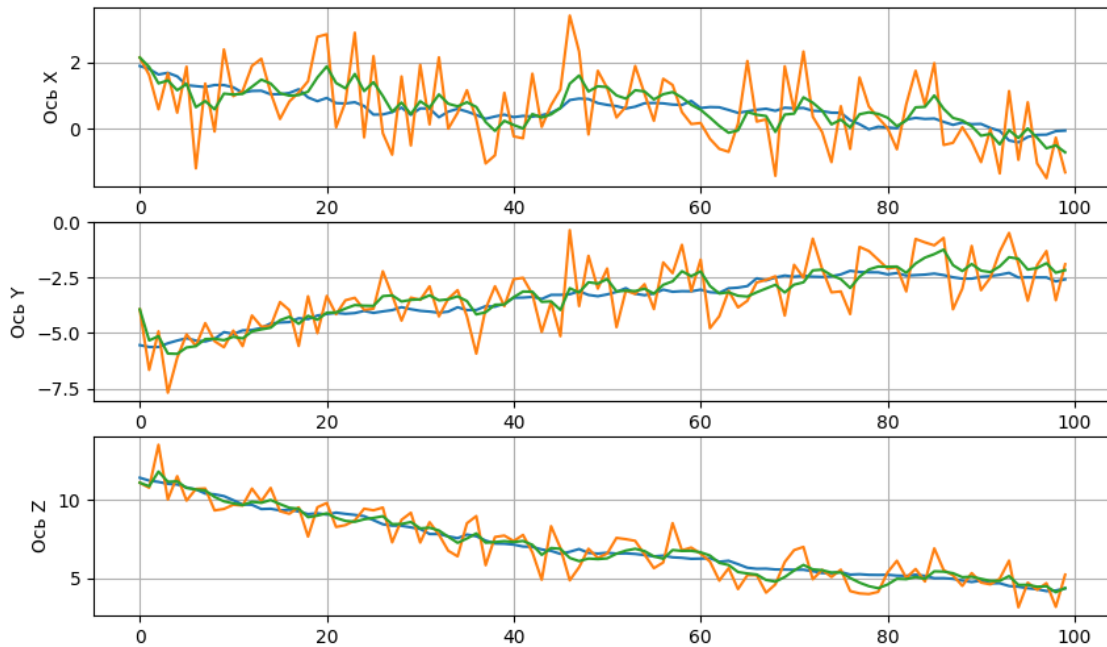
$$\begin{aligned} P_2 &= P_{e2} * V_2 * (P_{e2} + V_2)^{-1} \\ \hat{x}_2 &= \hat{x}_{e2} + P_2 * V_2^{-1} * (\bar{z}_2 - \hat{x}_{e2}) \end{aligned} \quad (2.35)$$

Yuqorida keltirilgan formulalardan foydalanib, keyingi bobda obyektga ta‘sir qilinuvchi meteota‘sirlar bilan obyekt nuqtalarini bashoratlash algoritmi keltirilgan.

Yuqorida keltirilgan matematik formulalar yordamida  $x, y, z$  koordinatalar bo‘yicha obyektning keyingi nuqtasini topish ehtimolligini baholanishining grafigi hosil qilindi. Harakatlanayotgan obyektning ikkinchi nuqtasini aniqlash va algoritmi baholash grafigi 2.7-rasmda



keltirilgan. Grafikda keltirilgan ko‘k rangli chiziq haqiqiy koordinatani, sariq rangda keltirilgan shovqinlarni va yashil rangda keltirilgani chiziq obyektning keyingi nuqtasini aniqlashning ehtimoliy holatni bildiradi.



2.7-rasm.  $x, y, z$  koordinatalar bo‘yicha obyektning keyingi nuqtasini topish ehtimolligini baholanishini.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, Kalman filtri asosida ishlab chiqilgan obyektning keyingi koordinata nuqtasini aniqlash algoritmi, shovqinlar va halaqitlarni, tashqi ta’sirlarni hisobga olgan holda bashorat qilish samarali hisoblanadi.

### **§ 2.3. Ko‘p kanalli sensorlardan olingan ma’lumotlarini vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish usuli va algoritmi.**

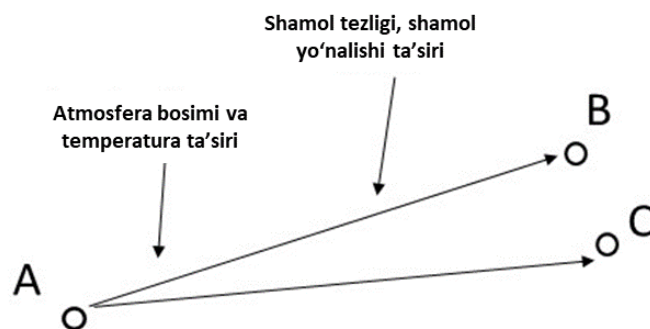
Ko‘p kanalli sensorlarni asosida qurilgan kichik meteostansiyadan olingan ma’lumotlar real vaqt mobaynida ishlashi uchun o‘lchashga ketadigan vaqtni hisobga olish, sensor o‘lchovlarining kechikish vaqtini sinxronlashtirish kerak bo‘ladi. Atmosfera jarayoni dinamik bo‘lganligi sababli, juda kichik vaqtda ham meteoparametrlarning qiymatlari o‘zgarishi mumkin. Natijada, tizimning ma’lumotlarni qayta ishlash blokida hisoblash xatoliklariga olib keladi. Sensorlardan olingan ma’lumotlarni qayta ishlash blokiga yetib kelish vaqtini sinxronlashtirish har bir sensorning o‘lchov uchun ketadigan vaqtini chiziqli filtrlash orqali amalga oshiriladi. Yuqorida keltirilgan bobda Kalman filtri yechimi asosida aniq vaqt ma’lumotlari va o‘lchovlarning to‘g‘ri vaqt tartibi keltirilgan ammo o‘lchov vaqti hisobiga kechikishlar hisobga olinmagan.

Aniqlikni oshirish maqsadida sensorlardan olingan ma’lumotlar ma’lum parametrlarni o‘lchashga mo‘ljallangan sensorlarning o‘lchov vaqtlari turlicha bo‘lib, ularni bir davrda tugash nuqtasi  $\theta$  deb belgilab olinadi.

Fazoda harakatlanayotgan jismga asosan meteorologik omillar ta’sir ko‘rsatadi, shu sababli meteorologik parametrlarning real rejimdagi haqiqiy qiymatlari muhim hisoblanadi. Fazoda harakatlanayotgan jismning trayektoriya nuqtasini bashorat qilish uchun atmosfera asosiy parametrlarining ta’siri va meteorologik faktorlarning ahamiyati katta.

Fazoda  $x, y, z$  koordinataci bo'yicha  $t$  vaqtda harakatlanayotgan A nuqtadagi jismning B trayektoriya nuqtasiga atmosfera parametrlari ta'sirlarisiz yetib keladi deb hisoblasak, meteofaktolar ta'sirida  $t$  vaqtda harakatlanayotgan A nuqtadagi jism C nuqtaga yetib kelishini 2.8-rasmda ko'rishimiz mumkin. Ushbu trayektoriya nuqtasini to'g'ri bashorat qilish uchun meteoparametrlarning haqiqiy (real) qiymatlari hisobga olinishi kerak [41].

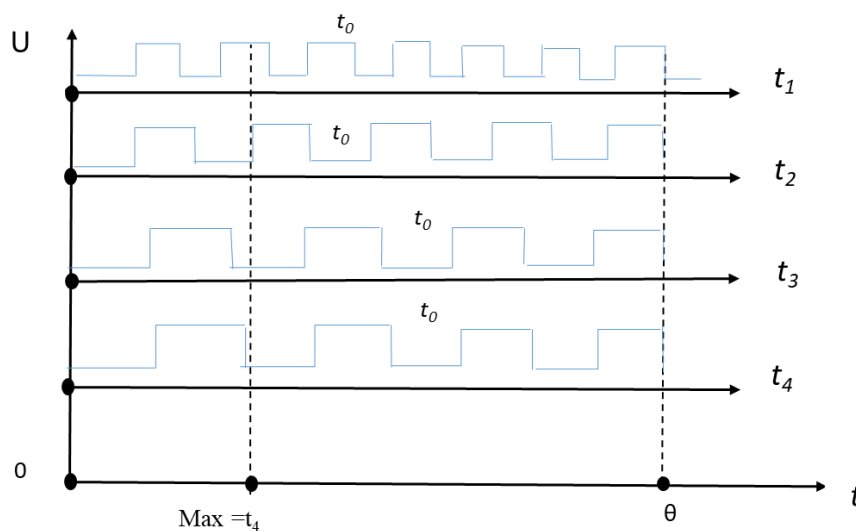
Atmosferaning quyidagi asosiy parametrlari havo temperaturasi  $T_v$ , shamol tezligi  $w_0$  va yo'nalishi  $a_w$ , havo bosimi  $H_0$  ning o'zgarishi fazoda jism harakatlanadigan trayektoriyasini o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin. Fazodagi jismga ta'sir qiluvchi atmosfera  $T_v, H_0, a_w, w$  parametrlari kichik meteostansiya yordamida o'lchanadi.



2.8-rasm. Fazoda trayektoriya bo'ylab harakatlanayotgan jismga atmosferaning ta'sirlari.

Kichik meteostansiyadan olingan ma'lumotlar real vaqt mobaynida ishlashi uchun o'lchashga ketadigan vaqtni hisobga olish kerak bo'ladi. Aniqlikni oshirish maqsadida sensorlardan olingan ma'lumotlar ma'lum parametrlarni o'lchashga mo'ljallangan sensorlarning o'lchov vaqtlari turlicha bo'lib, ularni bir davrda tugash nuqtasi  $\theta$  deb belgilab olinadi.

Ma'lumotlarni sinxron ishlashi uchun meteoparametrlarni vaqt bo'yicha o'lchash davrlari 2.9-rasmda keltirilgan.



2.9-rasm. Ma'lumotlarni sinxron ishlashi uchun meteoparametrlarni vaqt bo'yicha o'lchash davrlari.

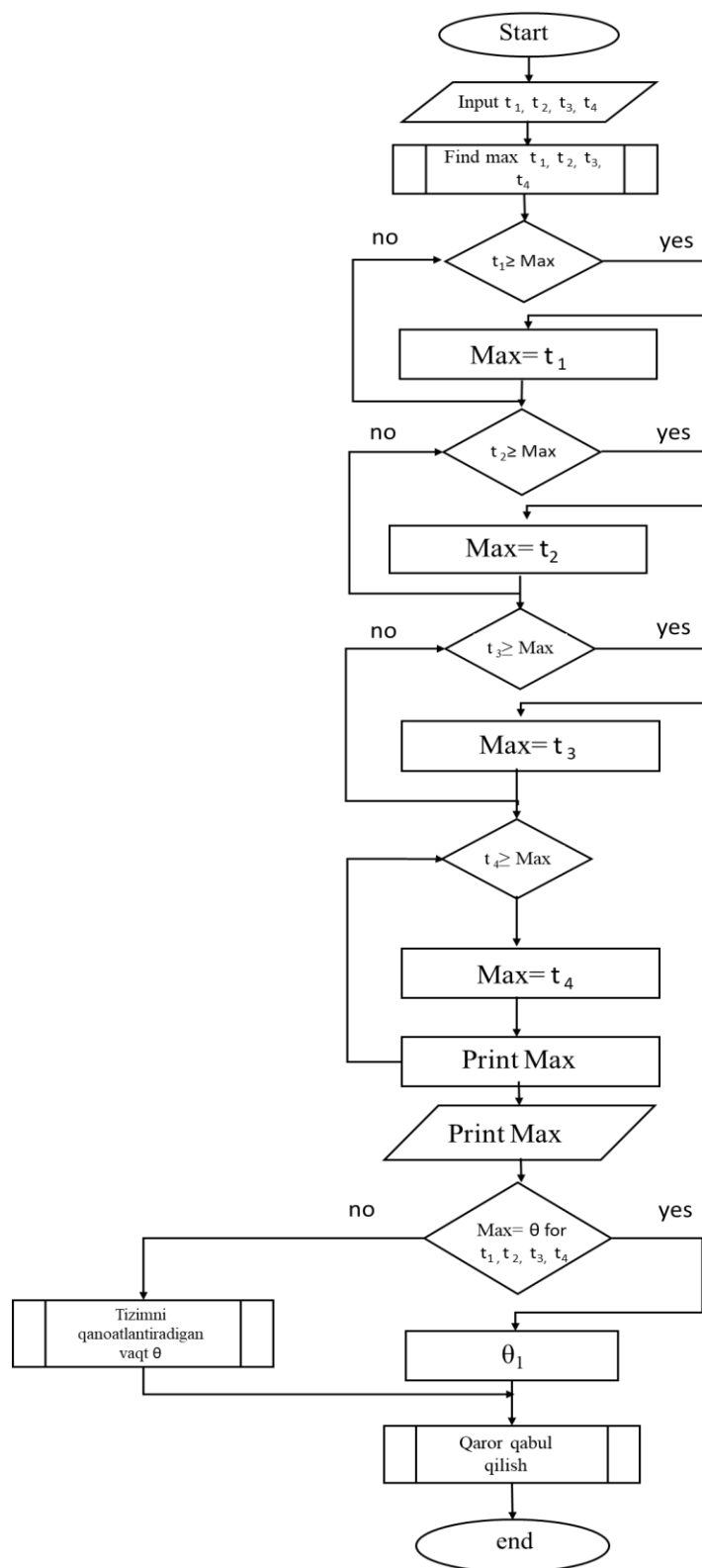
Ma'lumotlarni sinxron ishlashi uchun ma'lum parametrlar bo'yicha sensorlardagi o'lash uchun ketadigan vaqtlari  $t_1, t_2, t_3, t_4$  muhim hisoblanadi.

Bir nechta sensorlarning o'lchov davri  $t_0$  bitta nuqtada tugamasligi sababli, eng katta qiymatli o'lchov vaqtini  $Max = t_4$  deb belgilab olamiz. Qolgan parametrlar o'sha topilgan qiymat bo'yicha sikl davomida o'lchaydi.

$t_0, t_1, t_2, t_3$  o'lchash uchun ketadigan vaqt topiladi. Bunda o'lchash uchun ketadigan vaqtning maksimalini topib olamiz va qolgan parametrlar o'sha topilgan qiymat bo'yicha sikl davomida o'lchanadi. Har bir parametrni o'lchash uchun ketadigan vaqti  $Max = t_4$  ga teng bo'lsa, yoki  $t_0, t_1, t_2, t_3$  sikllarining tugash davri  $t_4$  ning tugash davri bilan teng bo'lsa  $\theta$  vaqt meteoparametrlarni o'lchashning Start nuqtasi deb olinadi. Hamda qaror qabul qilish blokiga yuboriladi

Aniqlik darajasini oshirish maqsadida fazoda jism harakatlanayotgan trayektoriyasiga bo'ladigan ta'sirlarni hisobga olgan holda, meteoparametrlarni o'lchash hamda ma'lumotlarni qayta ishlash uchun ketadigan vaqtni hisobga olgan holda sinxron qayta ishlash algoritmi taklif etiladi.

Ko'p kanalli sensorlardan olingan ma'lumotlarni vaqt bo'yicha sinxron qayta ishlash algoritmi ishlab chiqilgan (2.10 rasm). Ushbu algoritm sensorlarning o'lchash vaqtlari  $t_1, t_2, t_3, t_4$  o'qib olishdan boshlanadi. Keyingi bosqichda sensorlarning o'lchash vaqtlaridan maksimal qiymatni topish amalga oshiriladi. Bunda,  $t_1, t_2, t_3, t_4$  har bir qiymat solishtiriladi.



2.10-rasm. Ko‘p kanalli sensorlardan olingan ma’lumotlarni vaqt bo‘yicha sinxron qayta ishlash algoritmi

Har bir parametrning o'lchov vaqtlari ketma-ketlikda tekshirilib, maksimalini topish shartlari bajariladi.  $Max = t_4$  deb belgilansa, ekranga ushbu qiymat chiqariladi. Agar ushbu shart bajarilmasa,  $Max = \theta$  ga teng deb olinadi,  $\theta$ - bu tizimni qanoatlantiradigan vaqt. Yuqorida keltirilgan shartlar bo'yicha sikl uzluksiz o'lchaydi [41].

Yuqorida taqdim etilgan algoritm asosiy bosqichlari bilan tavsiflangan.

### **3. IQLIM PARAMETRLARINI MONITORING TIZIMINI YARATISH ASOSIDA MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH**

#### **§ 3.1 Ko'p kannalli sensorlardagi ma'lumotlarni avtomatlashtirilgan tahlilini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasining arxitekturasini ishlab chiqish**

*Ko'p kannalli sensorlardagi ma'lumotlarni avtomatlashtirilgan tahlilini identifikatsiyalash moduli.* Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida (MQIT) ko'p kannalli sensorlardagi ma'lumotlar– eng avvalo, MQIT ishlashi uchun zarur bo'lgan jarayon va hodisalar haqidagi barcha ma'lumotlarni o'z ichiga olgan bir nechta modullar yig'indisidan tashkil topgan bo'ladi. Ushbu modullar quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin: jarayon yoki hodisa identifikatori, bajariladigan modulning xotiradagi joylashuvi to'g'risidagi ma'lumotlar, jarayonning ustuvorlik darajasi va boshqalar.

Jarayon va hodisalarni boshqaruv bloki yadro sathi faol yoki passiv bo'lishidan, shuningdek MQIT barcha resurslar holati operativ xotirada yoki doimiy xotirada saqlanishidan qat'iy nazar jarayon yoki hodisaning hayotiy sikli davomida zarur bo'lgan ma'lumotlar to'plamini o'z ichiga oladi. Ushbu ma'lumotlarni uch toifaga bo'lish mumkin:

- ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan jarayon va hodisalarning identifikatsiyalash;



- ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan jarayon va hodisalarning holati to'g'risidagi audit ma'lumotlari;

- ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan jarayon va hodisalarni boshqarishda foydalaniladigan ma'lumotlar.

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan har bir jarayon va hodisaga raqamli identifikator biriktiriladi. Yangi jarayon yoki hodisa yuzaga kelganida, identifikatorlar jadvali jarayon va hodisaning asosiy yoki qism jarayon ekanligini aniqlaydi.

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida jarayon va hodisalarni boshqarish moduli quyidagilarni o'z ichiga oladi:

ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida bajarilishga tayyor bo'lgan jarayon yoki hodisaning holatini;

jarayon va hodisaning ustuvorlik darajasini;

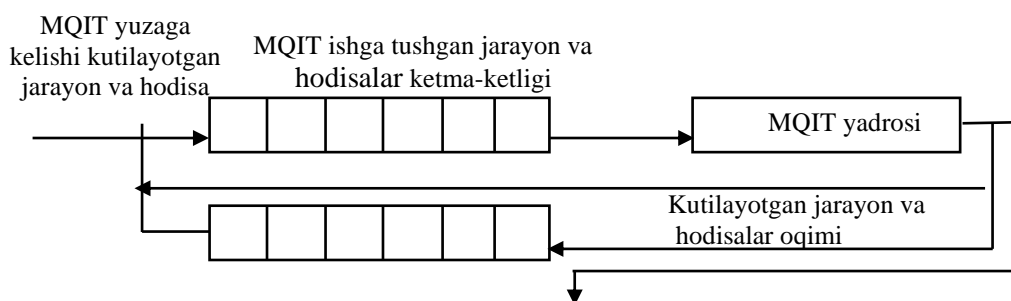
jarayon va hodisalar identifikatori to'g'risidagi ma'lumotlarni;

boshqa jarayon va hodisalar bilan bog'liqligini;

jarayon va hodisalar tomonidan boshqariladigan resurslarga tegishli ma'lumotlarni;

ma'lumotlarni qayta ishlash tizim resurslaridan va jarayonidan foydalanish tarixi haqidagi ma'lumotlarni.

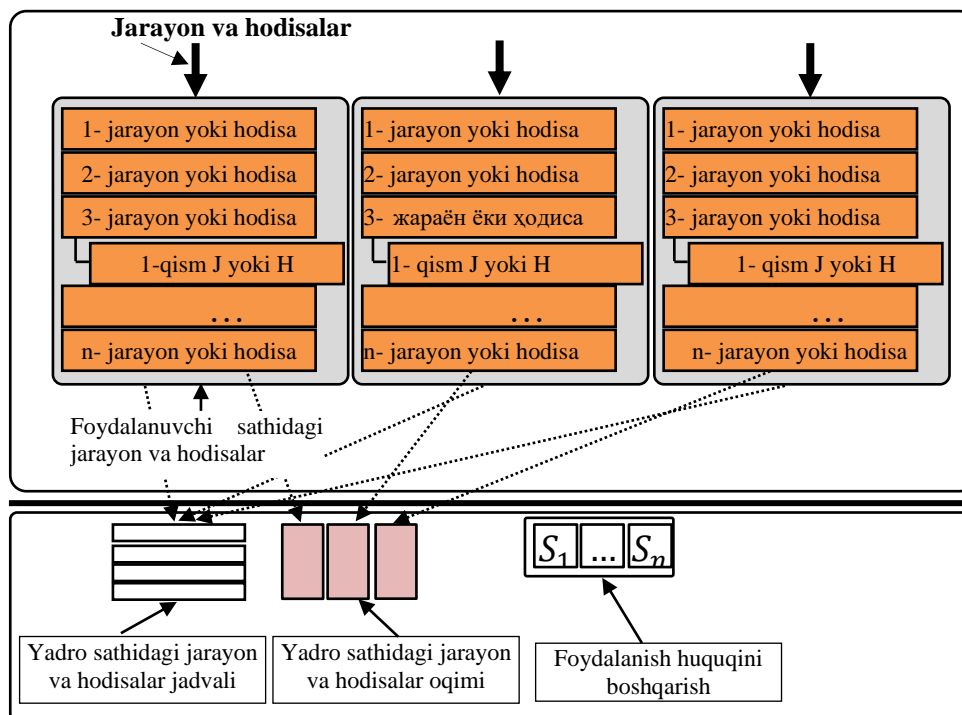
Yuqoridagilardan kelib chiqib, ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan barcha jarayon va hodisalarni ikki turga bo'lish maqsadga muvofiq hisoblanadi: MQIT ishga tushishga tayyor bo'lgan hamda bloklangan jarayon va hodisalar to'plami. MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalarni identifikatsiyalash moduli 3.1-rasmda keltirilgan.



3.1-rasm. Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida yuzaga keladigan jarayon va hodisalarni identifikatsiyalash moduli.

***MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalar oqimini boshqarish moduli.*** MQIT yuzaga keladigan jarayon, hodisa va oqimlar MQIT tomonidan barcha turdagi resurslar uchun so'rovlar yoki konteynerlar sifatida ko'rib chiqiladi. Ushbu resurslar MQIT ishlashi uchun kerak bo'ladigan boshqa vazifalar oqimlar orasida taqsimlanadi. MQIT bajariladigan vazifalar buyruqlar ketma-ketligidan tashkil topganligi sababli jarayon va hodisalar oqimi deb nomlanadi. Har bir jarayon bitta oqimdan tashkil topgan bo'ladi, ammo jarayon tomonidan dinamik ravishda yangi qo'shimcha oqimlar ham yaratilishi mumkin.

MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalar oqimini boshqarish moduli 3.2- rasmda keltirilgan.



3.2-rasm. MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalar oqimini boshqarish moduli.

Odatda, MQIT yuzaga keladigan oqimlar foydalanuvchi sathida ishlaydi, lekin u tizim chaqiruvlarini MQIT yadro sathiga yo‘naltiradi. Tizim chaqiruvi tugallangandan so‘ng, oqim foydalanuvchi sathida ishlashni davom ettiradi. Har bir oqim ikkita to‘plamdan tashkil topgan bo‘ladi. Ushbu oqimning biri yadro sathi, ikkinchisi foydalanuvchi sathi uchun xizmat qiladi. Identifikatorlar va to‘plamlar holatiga qo‘shimcha ravishda, har bir oqim kontekstga ega bo‘ladi. MQIT oqimi o‘z vazifasini yakunlagach, kontekst o‘z faoliyatini to‘xtatishi mumkin. Oxirgi faol oqim o‘z vazifasini tugatgandan keyin jarayon to‘liq tugallangan hisoblanadi.

***MQIT jarayon va hodisalarini tutib olish (hook) dasturiy modulining arxitekturasi.*** MQIT auditini amalga oshirish davomida

yuzaga kelgan jarayon va hodisalarni tutib olish va identifikatsiya qilish uchun tutib olish dasturiy modulini ishlab chiqish kerak bo‘ladi. MQIT tutib olish uchun ishlab chiqilgan dasturiy modul quyidagi ketma-ketlikda ishlaydi. Tutib olish dasturiy modulini yaratishda MQIT yuzaga kelgan jarayon yoki hodisalar haqidagi barcha ma’lumotlarni o‘z ichiga olgan strukturani yaratib oladi. Shu bilan birga, yaratilgan struktura yaratilgan tutib olish dasturiy moduliga tegishli bazaga yozib qo‘yiladi. MQIT yangi jarayon yoki hodisa yuzaga kelganda, tutib olish moduli bazasiga yozilgan ma’lumotlar asosida oldindan belgilab olingan jarayon yoki hodisalarni filtrlash funksiyasi ishga tushadi. MQIT yuzaga kelgan jarayon yoki hodisalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tutib olishning imkoni mavjud emas. MQIT yangi jarayon yoki hodisa yuzaga kelganda tezkor xotirada ushbu jarayon yoki hodisa ishlashi uchun zarur bo‘lgan funksiyalar haqida ma’lumot saqlanadigan MQIT dinamik kutubxonalari yaratiladi. Ushbu kutubxonalarda mavjud jadvalda har bir yuzaga kelgan jarayon yoki hodisaning ishga tushishi uchun chaqirib olingan funksiyaning dinamik DLL kutubxona nomi saqlanadi.

***MQIT tutib olish dasturiy modulini joriy qilish.*** DLL kutubxonasi va MQIT qo‘llab-quvvatlaydigan \*.msi, \*.exe va boshqa obyekt fayllari strukturalari bir-biri bilan o‘xshash. Buning sababi ThreadStart va LoadLibrary funksiyalari signaturalari strukturasi o‘zaro o‘xshash hisoblanadi. MQIT ishga tushadigan jarayon yoki hodisalar oqimini ushlab olishda argument sifatida LoadLibrary funksiyasini belgilash mumkin bo‘ladi.

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizim DLL kutubxonalar orqali ishga tushirilgan jarayon yoki hodisani tutib olish dasturiy modulining ishlash ketma-ketligi:

1. Ushlab olinishi kerak bo'lgan DLL kutubxona bilan bog'liq oqim Kernel32.dll kutubxonasidan LoadLibrary funksiyasi orqali aniqlanash;

2. Ushbu funksiyaning argumentlarini saqlash uchun mo'ljallangan xotirani aniqlash;

3. Oqimni yaratuvchi ThreatStart funksiyasi sifatida LoadLibrary va uning argumentini ko'rsatish;

4. Oqim o'z ishini bajaradi, kutubxonani yuklaydi va oqim tugatiladi;

5. DLL kutubxonasi boshqa oqim manzili maydoniga joriy qilindi.

Amalda, tutib olish dasturiy modulini OT bog'lash SetWindowsHookEx() funksiyasi yordamida amalga oshiriladi. SetWindowsHookEx() funksiya kirish parametrlari sifatida quyidagilarni o'z ichiga oladi:

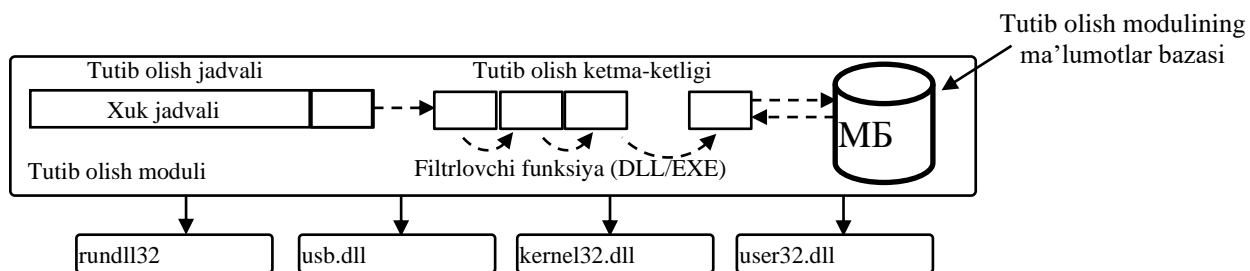
int idHook – o'rnatilishi majburiy bo'lgan tutib olish turi;

HOOKPROC lpfnc – tutib olish dasturiy modulining funksiyasi boshqaruvni qo'lga kiritisa, ishga tushiriladigan protseduraning manzili;

HINSTANCE hMod – dinamik kutubxona deskriptori bo'lib, tutib olish dasturiy moduli tomonidan o'rnatilgan ishga tushiriladigan protsedura;

DWORD dwThreadId – tutib olish dasturiy moduli ishga tushadigan oqim identifikatori.

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida jarayon va hodisalarni tutib olish (hook) dasturiy modulining arxitekturasi 3.3-rasmda keltirilgan. Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimida tutib olish dasturiy modulini bajaradigan asosiy vazifasi MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalar oqimini ushlab va identifikatsiya qilish uchun asosiy modullardan biri hisoblanadi.



3.3-rasm. Windows OT jarayon va hodisalarni tutib olish (hook) dasturiy modulining arxitekturasi.

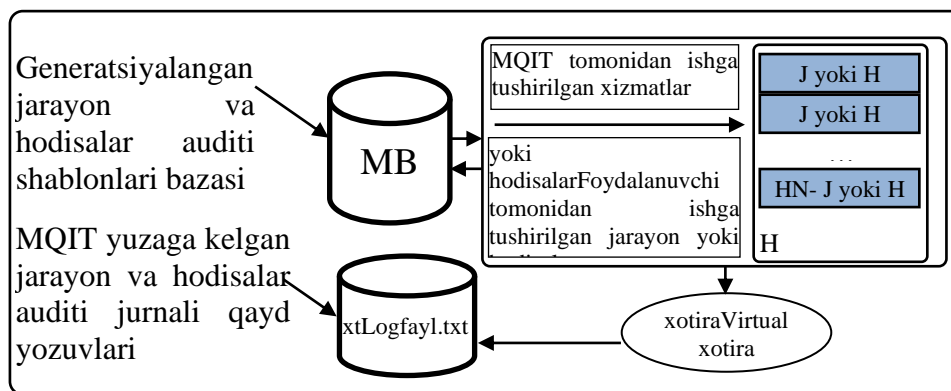
Operatsion tizimda yuzaga keladigan jarayon va hodisalar auditini amalga oshirish uchun tutib olish dasturiy moduli asos bo'lib xizmat qiladi.

***MQIT auditini amalga oshiruvchi dasturiy moduli arxitekturasi.***

Ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari va MQIT tomonidan ishga tushiriladigan jarayon yoki xizmatlar ishga tushirilishi vaqtida tutib olingan jarayon yoki hodisalar MQIT auditini amalga oshiruvchi dasturiy modulga uzatiladi. Ma'lumotlarni qayta ishlash tizim auditini amalga oshirish uchun zaruriy parametr bo'lib DLL kutubxonalarining funksiyalarini o'z ichiga olgan filtrlovchi funksiyalar xizmat qiladi. Agar foydalanuvchi tomonidan jarayon yoki hodisa ishga tushirilsa, ushbu

dasturiy modul xar bir jarayon yoki hodisaning manzillar maydoniga DLL nusxalarini yozishni amalga oshiradi. Shundan so‘ng, foydalanuvchining xatti-harakatlari audit ma’lumotlar bazasiga saqlanib boriladi.

Ma’lumotlarni qayta ishlash tizim auditini amalga oshiruvchi dasturiy modul oldindan generatsiyalangan jarayon va hodisalar audit shablonlari bazasi asosida MQIT yuzaga kelgan jarayon va hodisalarni identifikatsiya qilishni amalga oshiradi. Oldindan generatsiyalangan jarayon va hodisalar audit shablonlari bazasida dinamik identifikatsiya qilingan jarayon yoki hodisaga oid vektor parametrlari aniqlansa, MQIT yuzaga kelgan jarayon yoki hodisa audit jurnali ma’lumotlar bazasiga sinflarga ajratilgan holda yozishni amalga oshirish uchun virtual xotiraga uzatadi. Virtual xotirada MQIT yuzaga kelgan jarayon yoki hodisa sinflarga ajratiladi va MQIT yuzaga kelgan jarayon va hodisalar audit jurnali qayd yozuvlari bazasiga yozib qo‘yiladi. Oldindan generatsiyalangan jarayon va hodisalar audit shablonlari bazasidan dinamik identifikatsiyalanmagan jarayon yoki hodisalar anomal hodisa sifatida qaraladi hamda audit ma’lumotlar bazasi qayd yozuvlariga yozilmaydi. Ma’lumotlarni qayta ishlash tizim auditini amalga oshiruvchi dasturiy modul arxitekturasi 3.4-rasmda keltirilgan.

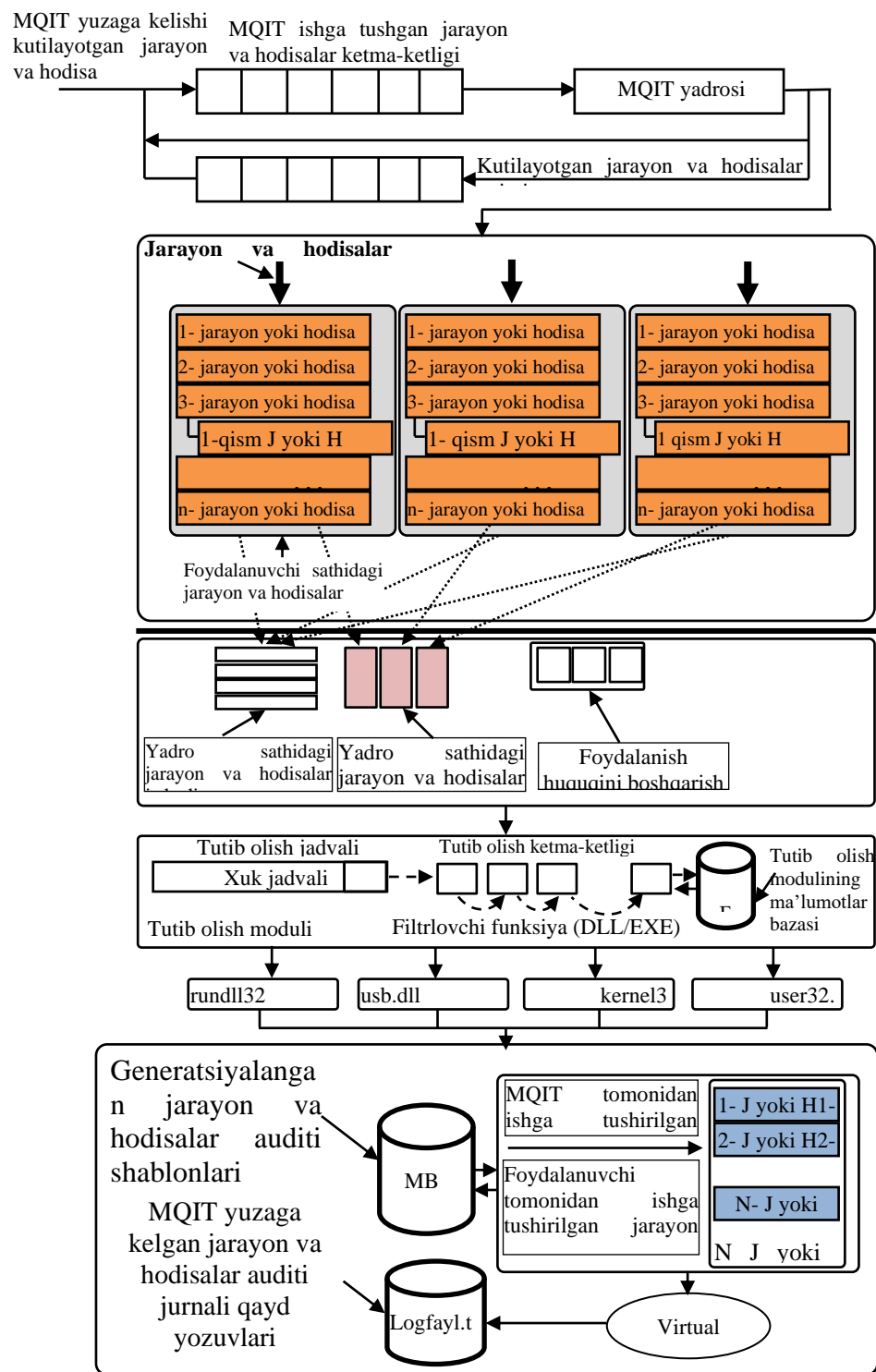


3.4-rasm. MQIT auditini amalga oshiruvchi dasturiy modul arxitekturasi.

*MQIT jarayon va hodisalarni avtomatlashtirilgan auditini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasining umumiy arxitekturasi quyida keltirilgan dasturiy modullardan tashkil topgan (3.5- rasmda keltirilgan):*

1. MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalarni identifikatsiyalash moduli;
2. MQIT yuzaga keladigan jarayon va hodisalar oqimini boshqarish moduli;
3. MQIT jarayon va hodisalarni tutib olish (hook) dasturiy moduli;
4. MQIT auditini amalga oshiruvchi dasturiy moduli.
5. MQIT jarayon va hodisalarni avtomatlashtirilgan auditini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasining dasturiy qismi ikki qismdan iborat:
  6. apparat-dasturiy majmuasining interfeysi va funksional imkoniyatlari;





3.5-rasm. MQIT jarayon va hodisalarni avtomatlashtirilgan auditini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasining umumiy arxitekturasi.

7. apparat-dasturiy majmuasida audit qayd yozuvlari bazasidan audit ma'lumotlarini filtrlash va eksport qilish.

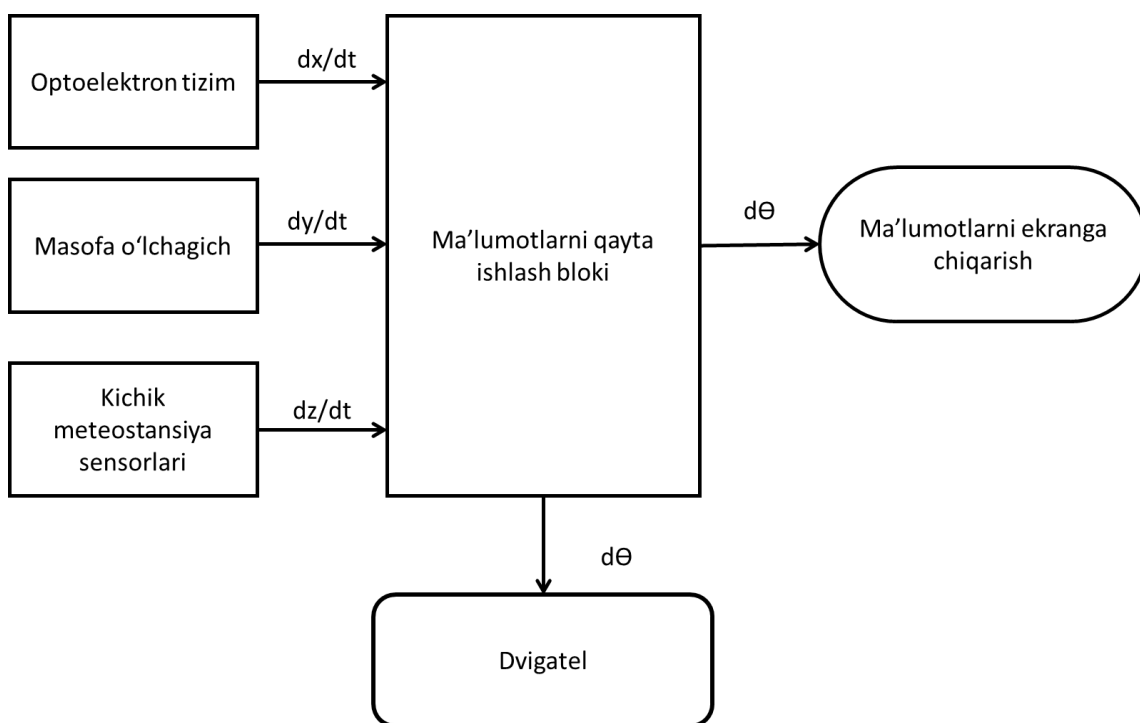
*Apparat-dasturiy majmuasining interfeysi va funksional imkoniyatlari.* MQIT jarayon va hodisalarni avtomatlashtirilgan auditini olib boruvchi apparat-dasturiy majmuasi arxitekturasi asosida ishlab chiqilgan apparat-dasturiy majmuasi ko'p kannali sensor tizimlari bloki tarkibiga o'rnatiladi.

### **§ 3.2 Ko'p kanalli sensorlardan olingan ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash algoritmini ishlab chiqish**

Ko'p kanalli sensorlardan olingan ma'lumotlarni bir vaqtda sinxronlashtirish har qanday tizimning muhim qismi hisoblanadi. Ob-havo bilan bog'liq bo'lgan tizimlarda vaqt bo'yicha sinxronlashtirish o'zgaruvchan meteoma'lumotlarni to'g'ri interpretatsiya qilish hamda to'g'ri hisoblash uchun muxim hisoblanadi. Meteoma'lumotlarni vaqt bilan sinxronlashtirilgan tizimini gidrometeorologiya markazi, hamda harbiy sohaning ballistik artilleriyasi va aviatsiyasida maxsus vazifalarni bajarish maqsadida qo'llash muxim sanaladi. Fazoda harakatlanayotgan obyektga meteoparametrlarning o'zgarishi ta'sir qiladi. Ushbu parametrlardan shamol yo'nalishi va tezligining ta'siri sezilarli darajada bo'lib, daqiqasiga o'z yo'nalishini o'zgartirishi sababli ma'lum maqsadlarga erishishda xatoliklar vujudga kelmoqda. Amaliyotda fazoda harakatlanayotgan obyektни ma'lum  $t$  vaqtdan keyin yetib kelish nuqtasini bashorat qilishga asoslangan ko'plab sensorlardan ma'lumotlar olish va

ularni bir vaqtda sinxron qayta ishlash usul, algoritmlarini ishlab chiqish asosida qurilma modeli bo'yicha deyarlicha tadqiqotlar olib borilmagan.

Fazoda harakatlanayotgan obyektning nishonga olish uchun obyektning masofasi  $s$  hamda uning tezligi  $v$  kabi parametrlaridan tashqari atmosfera ta'sirlari ham muhim hisoblanadi. Bunga havo temperaturasi  $T_v$ , shamol tezligi  $w_0$  va yo'nalishi  $\alpha_w$ , havo bosimi  $H_0$  ta'sirida obyektning ikkinchi koordinatasini o'zgarishiga ta'sir qiladi.



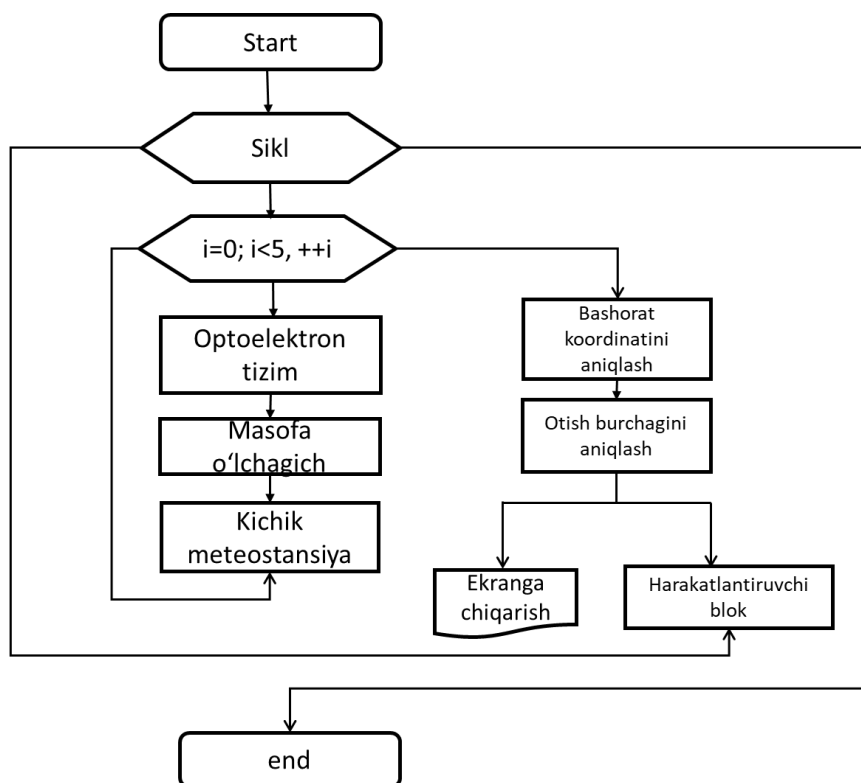
3.6- rasm. Ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash moduli

Ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash moduli keltirilgan tizimning uzluksiz sinxron ishlashini ta'minlash uchun bir nechta sensorlardan kelayotgan ma'lumotlarni qabul qilish va qabul qilingan ma'lumotlarni t vaqt davomida sinxron qayta ishlash,  $s, v, T_v, \alpha_w, w, H_0$  qiymatlarini topib

belgilangan virtual tuzatmalar jadvalidan foydalanib  $t_{\theta}$  vaqtda ekranga hamda xarakatlantiruvchi blokga uzatadi (3.6-rasm).

Optoelektron tizim harakatlanayotgan obyektini,  $t$  vaqtda hamda uning  $v$  tezligini aniqlash vazifasini bajaradi. Masofa o'lchagich-harakatlanayotgan obyektgacha bo'lgan  $s$  masofasini o'lchovchi qurilma hisoblanadi. Kichik meteostansiyada maxsus parametrlarni o'lchash uchun 4 ta sensorlar joylashtirilgan bo'lib, ular belgilangan maxsus parametrlar atmosfera temperaturasi  $T_v$ , shamol tezligi  $w_0$  va yo'nalishi  $\alpha_w$ , atmosfera bosimi  $H_0$  bo'yicha  $t$  vaqtda ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash (MSQI) blokiga uzatadi. MSQI blokida  $\Delta\tau_y$  -atmosfera temperaturasining ballistik og'ish qiymatini bartaraf etish,  $a_{wy}$ - shamol yo'nalishining direksion burchagi,  $Y_{st}$ -standart balandliklardagi shamol tezligi kabi qiymatlar maxsus formula va jadvallar asosida hisoblab topiladi.

Ko'p kanalli sensorlarni bir vaqtda (optoelektron tizim, masofa o'lchagich, o'lchov sensorlari- shamol tezligini va yo'nalishini, atmosfera bosimini, atmosfera temperaturasini o'lchash) ma'lumotlarni sinxron qayta ishlash blok-sxemasiga mos ravishda 3.7-rasmda uning funksional algoritmi keltirilgan.



3.7-rasm. Ko‘p kanalli sensorlardagi ma’lumotlarni sinxron qayta ishlash algoritmi

Algoritm takrorlanuvchi sikldan boshlanadi, optoelektron tizim, masofa o‘lchagich, kichik meteostansiya ma’lumotlarini o‘qib oladi. Ushbu sikl o‘lchash yoki monitoring tugaguniga qadar har 5 soniyada uzluksiz amalga oshiriladi.

Optoelektron tizim va masofa o‘lchagich obyektning tezligini, masofasini uzluksiz o‘lchab bashorat koordinatasini aniqlash blokiga yuboradi. Bashorat koordinatasini aniqlash blokida kichik meteostansiyadagi ma’lumotlarning o‘zgarish farqlari quyida keltirilgan formulalar va maxsus jadvallar yordamida aniqlanadi [42].

Atmosfera bosimi o'zgarish farqi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi

$$\Delta H = H_0 - 750 \quad (3.1)$$

Bu yerda:  $\Delta H$  – bosim o'zgarishi farqi;

$H_0$  – o'lchab olingan havo bosimi

Havo temperaturasi o'zgarishi hisoblanadi:

$$\sigma_0 = T_v + \Delta t_y \quad (3.2)$$

$T_v$  – o'lchab olingan havo temperaturasi;

$\Delta t_y$  – havo temperaturasining virtual tuzatmalardan olingan qiymat;

$\sigma_0$  – virtual temperatura.

Obyekt og'ishini aniqlash uchun havo ta'sirlari temperaturasining ta'sirlarini bartaraf etuvchi tuzatmalar jadvalidan foydalaniladi.

3.1-jadval.

Havo temperaturasi ta'sirlarini bartaraf etuvchi virtual tuzatmalar

$T_v$	0 dan past	0-5	10-15	20	25	30	40
$\Delta t_y$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,5	4,5

Temperaturaning normal temperaturadan farqi aniqlanadi:

$$\Delta \sigma_0 = \sigma_0 - 15.9 \quad (3.3)$$

$\Delta \sigma_0$  – temperaturaning normal temperaturadan farqi;

$\sigma_0$  – virtual temperatura;

$\Delta\tau_0$  –natijasiga ko‘ra 3.2-jadvalga asosan kiritiladi va har bir Y standart balandliklar uchun keltirilgan standart balandliklarda temperaturaning og‘ish qiymatlari topiladi.

3.2- jadval

$\Delta\tau_Y$  haroratni o‘rtacha og‘ishining  $\Delta\tau_0$  ga bog‘liqligi

$Y_M$	$\Delta\tau_0$ grad.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50
200	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-9	-20	-29	-39	-49
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	-	-
400	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-9	-19	-29	-38	-48
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	-	-
800	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-18	-28	-37	-46
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	-	-

bu yerda,  $\Delta\tau_Y$  -standart balandliklarda temperaturaning og‘ish qiymatlari.

Esayotgan shamolning yo‘nalishiga tuzatma hisoblash uchun shamolning standart balandliklaridagi yo‘nalishlari aniqlanadi

$$\alpha_{wo} = \frac{\alpha_w}{6} \quad (3.4)$$

Yuqorida keltirilgan formulalar orqali otish burchagi aniqlanadi. Natija ekranga va xarakatlantiruvchi blokga yuboriladi.

Keltirilgan model atmosferaning o‘zgaruvchan parametrlarini o‘lchab, fazoda harakatlanayotgan obyektни nishonga olish hamda maxsus vazifalar bajarish uchun ko‘p kanalli sensorlardan olinadigan ma’lumotlarni qayta ishlash, ulardan olingan ma’lumotlarni t vaqtda

uzatish, obyektни yetib kelish trayektoriya nuqatsini bashorat qilish, otish burchagini aniqlash uchun mo'ljallangan.

### **§ 3.3. Ko'p kanalli sensorlar asosida meteoparametrlarni real vaqtda monitoring qilish qurilmasini yaratish**

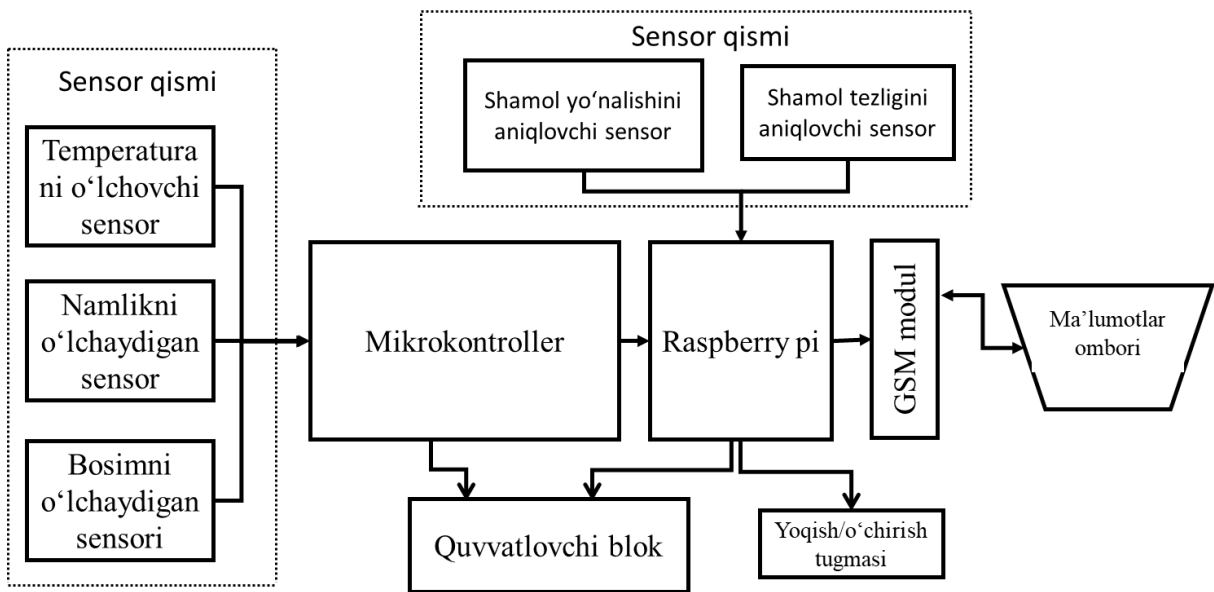
Real  $t$  vaqtda monitoring qilish uchun atmosferani 4 ta parametri bo'yicha o'lchanadigan sensorlardan tashkil topgan qurilma ishlab chiqilgan. Ushbu texnologiyadan foydalanish uning ko'p sonli datchiklardagi ma'lumotlarni real vaqtda sinxron qayta ishlash va qo'shimcha datchiklarni bir vaqtda birlashtirish kerakligi sababli keng tarqalmagan. Ushbu bobda biz iqlim sharoitlarini monitoring qilish qurilmasini ishlab chiqish va uning hususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Taklif etilayotgan usul asosida ko'p kanalli sensorlar asosida iqlim sharoitlarini monitoring qilish uchun 4 ta sensordan va 2 ta moduldan tashkil topgan qurilma ishlab chiqilgan. U bir vaqtning o'zida bir nechta parametrlar havo bosimi, temperatura, namlik, shamol tezligi va yo'nalishini o'lchaydi. Qurilma mikrokontroller, Raspberry PI, energiya ta'minlash bloki va bundan tashqari havo bosimi ni o'lchaydigan sensor, temperatura sensori, namlikni o'lchadigan sensor, shamol tezligi va yo'nalishini o'lchaydigan sensorlardan tashkil topgan [43].

Qurilmaning blok sxemasi 3.8-rasmda ko'rsatilgan bo'lib u quyidagicha ishlaydi. Avvalo, Arduiono mega 2560 markaziy platasi EEPROM xotirasidan birlamchi ma'lumotlarni o'qiydi, ya'ni oldindan o'rnatilgan sozlamalar bilan "tanishadi". Ushbu bosqichda Arduiono mega



2560 mikrokontrolleri oldindan o'rnatilgan parametr qiymatlarini o'qiydi, qurilma ishlashi uchun ketadigan quvvat sarfini, o'lchovlar vaqtini, o'lchov oralig'ini, qurilma identifikatorini va qurilma proshivka versiyasini o'z ichiga oladi. Keyingi bosqichda qurilmaga ulangan sensorlarning ish holatini tekshiriladi va har bir qurilmaning dastlabki ma'lumotlarini oldindan kiritilgan parametrlar bo'yicha taqqoslanadi. GSM tarmog'ining sifatini va signal quvvatini tekshiradi va qurilma faollashtirilganligi haqida serverga ma'lumot yuboradi.



3.8-rasm. Qurilmaning blok-sxemasi

Keyingi bosqichda qurilmaga ulangan sensorlarning holatini tekshiradi va har bir qurilmaning dastlabki ma'lumotlari oldindan kiritilgan parametrlar bo'yicha taqqoslanadi. Qabul qilingan ma'lumotlar belgilangan parametrlarning ruxsat etilgan chegaralaridan oshib ketsa, xatolik haqida operatorga xabar beriladi va bu haqida serverga ma'lumot

yuboradi. Sensorlardan olingan signallarning parametrlari joriy oʻrnatilgan parametrlarga mos kelishi tekshiriladi va keyingi bosqichga oʻtadi.

Qurilma energiyasini tejash maqsadida oʻlchovlar maʼlum vaqt oraligʻida amalga oshiriladi. Qurilma har 1 daqiqada oʻlchovlarni oladi va har 10 daqiqada maʼlumotlarni serverga uzatadi. Ushbu intervalni server orqali yoki qurilmadagi maʼlum bir porti orqali masofadan oʻrnatish yoki oʻzgartirish mumkin.

Keyingi bosqichda sikl davomida 2 ta Timer (Timer1, Timer2) ishga tushiradi. Timer1 ketma-ket ravishda oʻlchovlarni oladi. Timer2 toʻplangan maʼlumotlarni GSM/GPRS tarmogʻi orqali serverga uzatadi.

Timer1 ishga tushirilganda, ushbu konfiguratsiya dastlab har bir sensorlardan navbati bilan  $n$  ta ketma-ket oʻlchovni amalga oshiradi. Ushbu jarayon quvvat darajasiga qarab qurilmani dinamik qilish uchun moslashtirilishi mumkin. Misol uchun, quvvat darajasi kamroq boʻlgan hollarda 10%, oʻlchash ishlari  $n/2$  marta amalga oshirilishi mumkin. Qurilmadan olingan  $n$  ta signalning oʻrtacha qiymati olinadi va qurilmaning maxsus EEPROM xotirasiga (SDcard) yoziladi. Oʻlchov modullarini sinovdan oʻtkazishda Timer1 temperatura, shamol yoʻnalishi va tezligini, atmosfera bosimi va namligini oʻlchaydi va ularni har daqiqada ekranda koʻrsatadi. Bu Timer1 tomonidan bajariladigan jarayonlar ketma-ketligini toʻxtatadi va qurilma keyingi vaqt oraligʻiga qadar quvvatni tejash rejimiga oʻtadi.

Timer2 ishga tushirilganda, GSM qurilmasi faol rejimga oʻtadi. U maxsus EEPROM saqlash qurilmasidan toʻplangan maʼlumotlarni oʻqiydi,

HTTP protokoli yordamida ma'lumotlarni yaratadi va serverga ulanish xabarini yuboradi. Ushbu turdagi axborot almashinuvi TTL seriyali interfeysiga asoslanadi. GSM moduli va server client-server tamoyiliga muvofiq ishlaydi. Agar server ma'lumotlarni qabul qilishga tayyor bo'lsa, u xabarni yuboradi. Agar u server bilan aloqa o'rnatilmasa yoki server qabul qilishga tayyor bo'lmasa, u ma'lumotlarni uzatishni keyingi seansgacha qoldiradi va qurilma bu haqida xatolikni ekranda ko'rsatadi. Agar ma'lumotlarni uzatish muvaffaqiyatli amalga oshirilgan bo'lsa, qurilma serverga qayta ulanadi va xotirada saqlash uchun yangi konfiguratsiyalar mavjudligini tekshiradi. Agar ma'lumotlar mavjud bo'lsa, qurilma ushbu konfiguratsiyani o'ziga nusxa ko'chiradi va uni maxsus saqlash qurilmasiga saqlaydi. Maxsus saqlash qurilmasida saqlangan konfiguratsiya keyingi seanslarda qo'llaniladi.

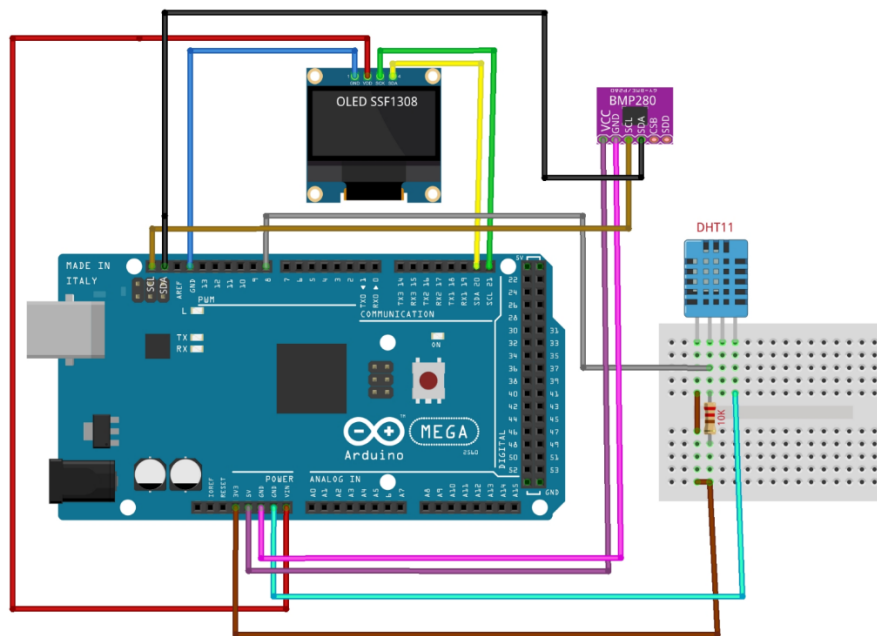
### **§ 3.4. Ko'p kanalli sensorlar asosida atmosfera parametrlarini monitoring qilish qurilmaning elektr sxemasini ishlab chiqish**

Real  $t$  vaqtda monitoring qilish uchun atmosferani 4 ta parametri bo'yicha o'lchanadigan sensorlardan tashkil topgan qurilma ishlab chiqilgan. Ushbu texnologiyadan foydalanish uning ko'p sonli datchiklardagi ma'lumotlarni real vaqtda sinxron qayta ishlash va qo'shimcha datchiklarni birlashtirish zarurati tufayli keng tarqalmagan. Ushbu bobda biz atmosfera parametrlarini monitoring qilish qurilmasini ishlab chiqish va uning xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Taklif etilayotgan usul asosida ko‘p kanalli sensorlardan foydalanib iqlim sharoitlarini monitoring qilish uchun 4 ta sensordan va 2 ta moduldan tashkil topgan qurilma ishlab chiqilgan.

Ushbu qurilmaning birinchi moduli mikrokontroller Arduino mega 2560, energiya ta'minlash bloki, OLED ekrani, bundan tashqari havo bosimini o‘lchaydigan sensor BMP280, temperatura va namlikni o‘lchaydigan DHT11 sensoridan tashkil topgan [43].

Ikkinchi moduli Raspberry PI, shamol tezligi va yo‘nalishini o‘lchaydigan sensorlardan tashkil topgan

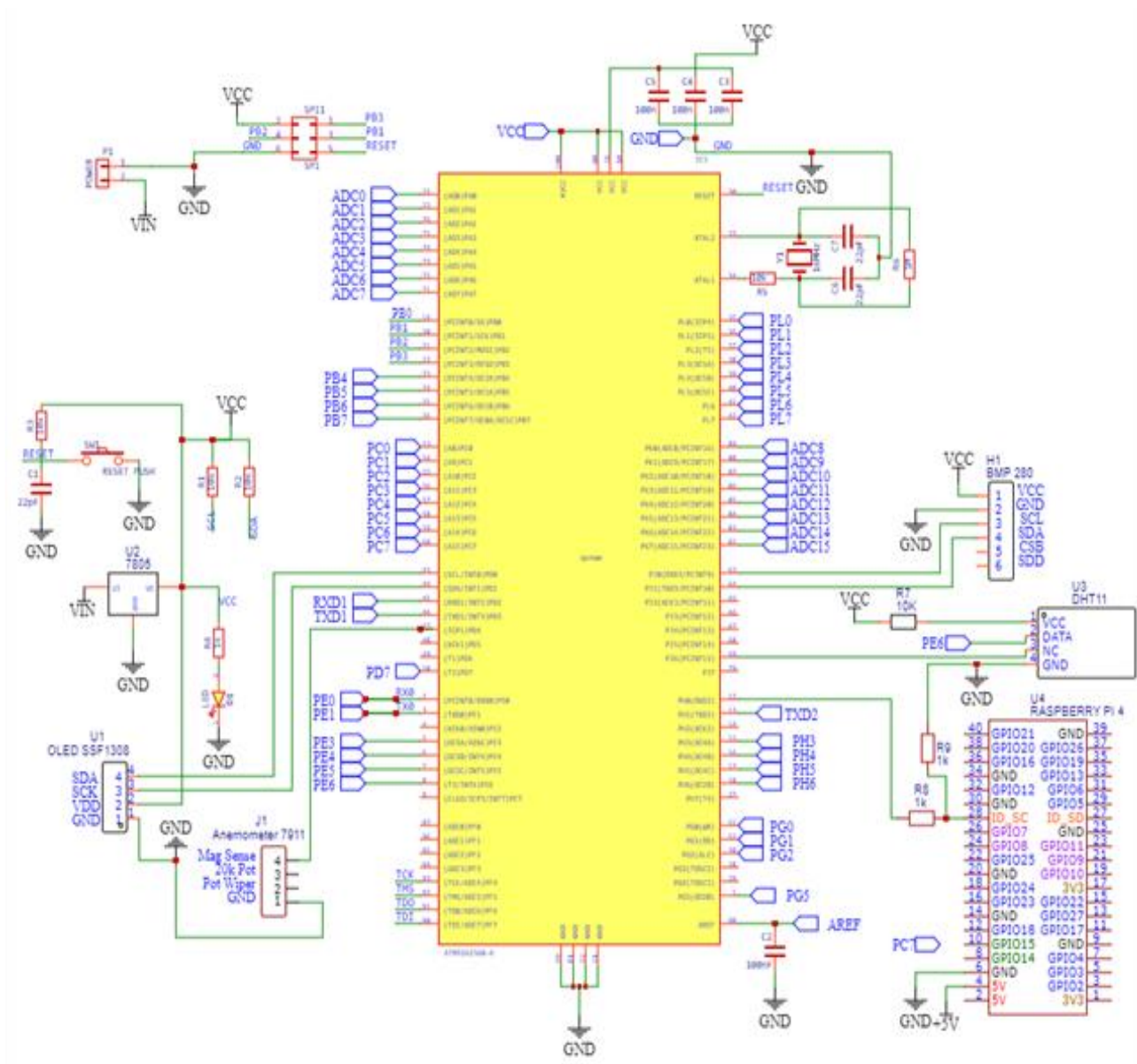


3.9-rasm. Qurilmaning strukturaviy sxemasi.

Atmosfera parametrlarini monitoring qilish uchun qurilmaning elektr sxemasini yaratishda, uning alohida blok-sxemalari va qattiq diagnostikadan o‘tgan komponentlar ishlatilgan.

Meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmaning prinsipial elektr sxemasi 3.10 rasmda keltirilgan bo'lib, chastota generator sifatida nominal chastotasi 16 MGs bo'lgan Y1 kvars rezonatori ishlatilgan. Generator signali XTAL1 va XTAL2 portlari orqali U1 mikrokontrolleriga beriladi. ATmega2560 AVR RISC arxitekturasiga asoslangan 8 bitli mikrokontroller bo'lib, 16 MGs.li chastotada ishlaydi. 256KV dasturni tekshirish uchun Flash xotira, ma'lumotlarni saqlash uchun 8KB SRAM va 4 KB o'zgarmas EEPROM xotiradan tashkil topgan. C6 va C7 kondensatorlari traktdagi shovqinni va impul's shovqinini kamaytirish funksiyasini bajaradi.

Mikrokontroller markaziy blok sifatida ishlaydi, o'lchanadigan parametrlarni hisobga oladi, shuningdek, oldindan o'rnatilgan parametr qiymatlarini, masalan o'rtacha temperatura, standart balandliklarda temperaturaning og'ish qiymatlari  $\Delta\tau_Y$ , atmosfera bosim o'zgarishi farqini  $\Delta H$  o'qiydi.



3.10-rasm. Meteoparametrlarni monitoring qiluvchi qurilmaning elektr sxemasi.

BMP280 sensorining SCL va SDA pin mikrokontrollerning PJ0 va PJ1 portlari bilan ulangan. BMP280 sensori atmosfera bosimini o‘lchash vazifasini bajaradi. Sensorining SCL pini asosiy qurilma BMP280 sensorining VSS quvvat manbai bo‘lib, 3.3V va 5V quvvatga ulanishi

mumkin. Bosim balandlik bilan o'zgarganida undan  $\pm 1$  metr aniqlikdagi altimetr sifatida foydalanish mumkin. BMP280 sensori I2C va SPI interfeysi bilan mikrokontrodderga ulanadi.

DHT11 sensoridan ATmega2560ga bir vaqtning o'zida harorat va namlik miqdori ma'lumotlarni uzatish uchun faqat bitta NC pin dan foydalaniladi. Kuchlanish alohida +5V GND pin dan keladi. ATmega2560 mikrokontrolleridan DHT11 sensori 0 va 1 orqali so'rov qabul qiladi. Qabul qilingan so'rovni bit kodlarini o'zgartirish orqali mikrokontrollerga harorat va namlik qiymatlari to'g'risidagi 5 baytli ma'lumotni yuboradi.

Qurilmaning birinchi o'lchov moduli keyingi modulga ma'lumotlarni qayta ishlash uchun yuboradi va qayta ishlangan ma'lumotlar simsiz aloqa moduli USB port orqali HTTP protokoli yordamida serverga uzatadi. Serverda real vaqt rejimida olingan ma'lumotlar qayta ishlanadi va natijani displeyga yuboradi. Olingan ma'lumotlar SD kartaga yoziladi va saqlanadi.

Qurilmaning asosiy ish rejimi energiyani tejash rejimi bo'lib, unda belgilangan vaqtda displey va sensorlar o'chiriladi. Shu bilan birga meteorologik parametrlar har daqiqada mikrokontrollerning operativ hotirasida qayd etilgan natijalar bilan o'lchanadi. Qurilma ish rejimiga o'tkazilganida, mikrokontroller belgilangan vaqtga ega taymerni ishga tushiradi va agar bu vaqt ichida qurilma tugmalaridan birortasi bosilmasa qurilma ish rejimiga o'tadi. Ma'lumotlarni o'lchab oladi keyin yana energiya tejash rejimiga qaytadi. Agar qurilmani ish tugmalaridan biri bosilsa, Timer qayta ishga tushiriladi va ish rejimiga qaytadi.

## Xulosa

Fazoda harakatlanayotgan obyekt parvozigiga ta'sir qiluvchi asosiy meteoparametrlar o'rganilib, keltirilgan tahlillar natijasiga ko'ra meteofaktorlarni hisobga olmasdan parvoz trayektoriyasini kuzatish va uni keyingi nuqtasini bashorat qilish qiyin. Maxsus vazifalarni bajaruvchi tizim fazoda harakatlanayotgan obyektни aniq nishonga olishda meteorologik ta'sirlarini hisobga olish muhim hisoblanadi. Xususan, tizimning meteostansiya qismida mavjud sensorlarning real vaqt rejimida sinxronlashtirilgan meteoma'lumotlarni uzatilishini ta'minlash harakatlanayotgan ob'yektning traektoriyasini hamda keyingi nuqtasini bashoratlash uchun zarurdir. Sensorlarning real vaqtda sinxron ishlashini ta'minlash uchun meteoparametrlarni o'lchash uchun ketadigan  $\Theta$  vaqt hamda meteota'sirlar hisobga olinadi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi tizimning aniqligini oshirish uchun qo'llanmada, ko'p kanalli sensorlardan olinadigan meteoma'lumotlarning real vaqtda olinishi hamda sensorlarni sinxron ishlashi, obyekt traektoriyasiga ta'sir qiluvchi omillar hamda ob'yektning keyingi yetib kelish nuqtasini bashoratlash usullari keltirilgan.

“Ko'p kanalli sensorlar asosida meteoma'lumotlarni sinxron qayta ishlash usul va algoritmlarni ishlab chiqish” mavzusida olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etiladi:

1. Ishlab chiqilgan modellar, algoritmlar, usul, dasturiy ta'minot hamda takomillashtirilgan monitoring tizimi maxsus vazifalarni bajarishga mo'ljallangan hisoblash va qaror qabul qiluvchi harbiy tizimning nishonga olish yuqori aniqligini, meteostantsiya qurilmasining uzluksiz onlayn



ishlashini ta'minlash orqali tizmining ishlash ishonchliligini oshirish imkonini berdi va energiya hamda resurslarni tejash yordamida yuqori iqtisodiy samaradorlikga erishish kutilmoqda.

2. Maxsus vazifalarni bajarishga mo'ljallangan hisoblash va qaror qabul qiluvchi harbiy tizimning real vaqtda atmosferani monitoringini amalga oshirish hamda fazoda harakatlanayotgan ob'ektni koordinatalarini yuqori tezlikda o'z vaqtida aniqlash va tezkor nishonni yo'q qilish ta'minlandi.

3. Hisoblash va qaror qabul qiluvchi harbiy tizimning atmosferani monitoring qilish hamda qo'shimcha qurilmalarni, sensorlardagi ma'lumotlarni sinxron ishlashini ta'minlash orqali nazorat va boshqaruv ma'lumotlarining ishonchliligini oshirishga erishildi.

4. Atmosfera parametrlarini ko'p kanalli sensorlar asosida fazoda harakatlanayotgan obyektning traektoriyasini kuzatish modeli ishlab chiqildi. Atmosferani monitoring ilish tizimini qurish konfiguratsiyasi va printsip, vazifa va o'tkazilgan tahlillar talablaridan kelib chiqqan holda ishlab chiqilgan.

5. Ko'p kanalli sensorlarning real vaqtda sinxron ishlash usullari va matematik modeli keltirilgan.

## Adabiyotlar ro‘yxati

[1] V.Sose Dipak, “Weather Monitoring Station : A Review Weather Monitoring Station : A Review,” *IJERA*, vol. 6, no. 6, pp. 55–60, 2016.

[2] В. Братков, А. Воронин, *Климатология и метеорологии*. Москва, 2015.

[3] ГОСТ4401-81, *Атмосфера стандартная параметры*. Москва ИПК Издательство стандартов, 2003.

[4] ГОСТ17.2.4.07-90, “Охрана природы. Атмосфера. Методы опрвления влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.” М.: Стандартинформ, pp. 1–14, 2008.

[5] I. E. Kuznetsov, A. V. Melnikov, E. A. Rogozin, and O. V. Strashko, “Methodology for Accounting the Influence of Meteorological Factors on the Efficiency of Application of Unmanned Aerial Vehicles on the Basis of System Analysis,” *Her. Dagestan State Tech. Univ. Tech. Sci.*, vol. 45, no. 2, pp. 125–139, 2018, doi: 10.21822/2073-6185-2018-45-2-125-139.

[6] Н.И. Обидин и Т.Р. Буран, “Влияние сдвига ветра на безопасность полетов и пути ее повышения,” *Системы обработки информации*, vol. 3, no. 128, pp. 144–146, 2015.

[7] Р. А. Рыскаленко, *Разработка и исследование вычислительных моделей поля скорости ветра в атмосфере применительно к задачам экологического мониторинга*. Диссертация

на соискание ученой степени кандидат физико-математических наук. Северо-Кавказский государственный технический. г. Ставрополь, 2007.

[8] Е. С. Бережкова, “Влияние туманов на видимость при посадке воздушных судов,” *Весці БДПУ г.Бердянск*, no. 3, p. стр.68-73, 2018.

[9] Mohamed Elsobeiey, “Impact of Tropospheric Delay Gradients on Total Tropospheric Delay and Precise Point Positioning,” *Int. J. Geosci.*, vol. 7, p. 650, 2016.

[10] П. Д. Астапенко, *Погода и полеты*. 1990.

[11] Киселев В.Н. Кузнецов А.Д., *Методы зондирования окружающей среды (атмосферы)*. Санкт-Петербург, 2004.

[12] В.Е. Жук and С. Б. Жук, “Новые технологии в измерении параметров атмосферы,” *Южно-Сибирский Научный Вестник УДК681.518.5*, vol. 4, no. 12, pp. 43–46, 2015.

[13] A. Kräuchi, R. Philipona, G. Romanens, D. F. Hurst, E. G. Hall, and A. F. Jordan, “Controlled weather balloon ascents and descents for atmospheric research and climate monitoring,” *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 9, no. 3, pp. 929–938, 2016, doi: 10.5194/amt-9-929-2016.

[14] Y. C. Noh, B. J. Sohn, Y. Kim, S. Joo, and W. Bell, “Evaluation of temperature and humidity profiles of unified model and ECMWF analyses using GRUAN radiosonde observations,” *Atmosphere (Basel)*, vol. 7, no. 7, 2016, doi: 10.3390/atmos7070094.

[15] J. Wang *et al.*, “A reference radiosonde system for climate and

weather research: IHOP experience,” *Atmos. Ocean. Process. Dyn. Clim. Chang.*, vol. 4899, p. 132, 2003, doi: 10.1117/12.466368.

[16] Н.С.КОКОВИН, *Радиотелеметрия зондирования атмосферы*. Ленинград, 1966.

[17] S. peng Ho, X. Zhou, Y. H. Kuo, D. Hunt, and J. hong Wang, “Global evaluation of radiosonde water vapor systematic biases using GPS radio occultation from COSMIC and ECMWF analysis,” *Remote Sens.*, vol. 2, no. 5, pp. 1320–1330, 2010, doi: 10.3390/rs2051320.

[18] R. H. Liu and J. Yang, “Principle, Application and Development of the Ground-Based GPS Meteorology,” *Proc. 14th Youth Conf. Commun.*, pp. 784–788, 2009.

[19] M. Djordjevic and D. Dankovic, “A smart weather station based on sensor technology,” *Facta Univ. - Ser. Electron. Energ.*, vol. 32, no. 2, pp. 195–210, 2019, doi: 10.2298/fuee1902195d.

[20] P. Kapoor and F. A. Barbhuiya, “Cloud Based Weather Station using IoT Devices,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2019-Octob, pp. 2357–2362, 2019, doi: 10.1109/TENCON.2019.8929528.

[21] A. U. Adoghe, S. I. Popoola, O. M. Chukwuedo, A. E. Airoboman, and A. A. Atayero, “Smart weather station for rural agriculture using meteorological sensors and solar energy,” *Lect. Notes Eng. Comput. Sci.*, vol. 2229, no. July, pp. 323–326, 2017.

[22] H. Diamond and W. S. Hinman, “An automatic weather station,” *J. Res. Natl. Bur. Stand. (1934).*, vol. 25, no. 2, p. 133, 1940, doi:

10.6028/jres.025.036.

[23] C. Morón, J. P. Diaz, D. Ferrández, and P. Saiz, “Design, development and implementation of a weather station prototype for renewable energy systems,” *Energies*, vol. 11, no. 9, 2018, doi: 10.3390/en11092234.

[24] V. Kartashov, S. Babkin, Y. Tolstykh, S. Sheiko, and M. Kolendovska, “Economic Technology for Atmosphere Parameters Distant Recording Using Radio Acoustic Sounding System,” *2020 IEEE Ukr. Microw. Week, UkrMW 2020 - Proc.*, pp. 282–286, 2020, doi: 10.1109/UkrMW49653.2020.9252584.

[25] K. S. Nishant, “Performance of acoustic sounder and analysis of various features of Atmospheric Boundary Layer height during extreme weather conditions,” *URSI AP-RASC, New Delhi, India*, vol. 09, no. 15, p. 2020, 2019.

[26] L. Chang, I. K. Ibrahimov, and A. Y. Panchenko, “Acoustic method of atmosphere probing. Modern state and development prospects,” *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, vol. 0, no. 73, pp. 18–27, 2018, doi: 10.20535/radap.2018.73.18-27.

[27] W. Elmenreich, “Sensor Fusion in Time-Triggered Systems,” no. 9226605, 2002, [Online]. Available: [http://www.vmars.tuwien.ac.at/~wilfried/papers/elmenreich\\_Dissertation\\_sensorFusionInTimeTriggeredSystems.pdf](http://www.vmars.tuwien.ac.at/~wilfried/papers/elmenreich_Dissertation_sensorFusionInTimeTriggeredSystems.pdf)

[28] J. Z. Sasiadek, “Sensor fusion,” *Annu. Rev. Control*, vol. 26 II, no. 2, pp. 203–228, 2002, doi: 10.1016/S1367-5788(02)00045-7.

[29] F. Castanedo, “A review of data fusion techniques,” *Sci. World J.*, vol. 2013, 2013, doi: 10.1155/2013/704504.

[30] B. Agarwalla, P. Hutto, A. Paul, and U. Ramachandran, “Fusion Channels: A Multi-sensor Data Fusion Architecture,” *Georg. Tech Coll. Comput. Tech Report, GIT-CC-02*, vol. 53, pp. 1–24, 2002, [Online]. Available:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.1464&rep=rep1&type=pdf>

[31] Chunlei Lv and L. Cao, “Target Recognition Algorithm Based on Optical Sensor Data Fusion,” *J. Sensors*, vol. 2021, pp. 1–12, 2021, doi: 10.1155/2021/1979523.

[32] W. Koch, “Advanced Sensor and Dynamics Models with an Application to Sensor Management,” *Sens. Data Fusion*, pp. 1–35, 2019.

[33] Z. Zhang, Y. Liu, J. Li, and M. Jiang, “Research on Improving Artillery Firing Accuracy by Using Meteorological Data along Ballistic Trajectory for Artillery Firing,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Nov. 2019, vol. 1325, no. 1, pp. 1–7. doi: 10.1088/1742-6596/1325/1/012129.

[34] M. Muzammal, R. Talat, A. H. Sodhro, and S. Pirbhulal, “A multi-sensor data fusion enabled ensemble approach for medical data from body sensor networks,” *Inf. Fusion*, vol. 53, no. December, pp. 155–164, 2020, doi: 10.1016/j.inffus.2019.06.021.

[35] N. Bakalos *et al.*, “Protecting Water Infrastructure from Cyber and Physical Threats: Using Multimodal Data Fusion and Adaptive Deep

Learning to Monitor Critical Systems,” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 36, no. 2, pp. 36–48, 2019, doi: 10.1109/MSP.2018.2885359.

[36] W. Zhang, Y. Ning, and C. Suo, “A method based on multi-sensor data fusion for UAV safety distance diagnosis,” *Electron.*, vol. 8, no. 12, 2019, doi: 10.3390/electronics8121467.

[37] B. Ramadevi, “Chaotic time series forecasting approaches using machine learning techniques,” *Symmetry (Basel)*., vol. 14, no. 955, pp. 40–43, 2022.

[38] M. Mendel, “Meteorology in field artillery ballistic calculations,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Dec. 2021, vol. 2090, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/2090/1/012149.

[39] D. E. Maurer, R. W. Schirmer, M. K. Kalandros, and J. S. J. Peri, “Sensor fusion architectures for ballistic missile defense,” *Johns Hopkins APL Tech. Dig. (Applied Phys. Lab.)*, vol. 27, no. 1, pp. 19–31, 2006.

[40] D. Castellanos-Acuna and A. Hamann, “A cross-checked global monthly weather station database for precipitation covering the period 1901–2010,” *Geosci. Data J.*, vol. 7, no. 1, pp. 27–37, 2020, doi: 10.1002/gdj3.88.

[41] Б. Рахимов, А. Бабажанова, “Махсус вазифаларни бажариш учун метеопараметрларни мониторинг қилиш қурилмасининг ўлчов алгоритмларини ишлаб чиқиш,” *Ҳарбий алоқа ва АКТ хабарлари*, vol. 2(10)/2022, pp. 5–10.

[42] A. Rakhimov, A. Babajanova, B. Berdiyev, “Module for

simultaneous processing of data from multi-channel sensors,” *POLISH J. Sci.*, vol. 55, pp. 26–29, 2022.

[43] Бабажанова А., “Выбор методов и тип анемометра для систем метеостанции,” *Innov. technosystems*, vol. 4, no. 4, pp. 3–162, 2021.