

MAVZU:

**Eksperimental tadqiqotlarni
rejalashtirish, o'tkazish va
natijalari tahlili.**

Ma'ruzachi: dotsent, t.f.n. Sh.Raxmonov

REJA:

1. Eksperimental tadqiqotlar turlari va ularni bosqichlari
2. Eksperimentni rejalashtirish va faktorlar tenglamasi
3. Eksperimentni o'tkazish
4. Eksperiment natijalariga ishlov berish usullari
5. Hisoblash eksperimenti

Ilmiy-texnik va amaliy tadqiqotlardan ko'zlangan maqsadga erishishda ilgari surilgan ilmiy gipotezani to'g'ri yoki noto'g'riligini isbotlashda yoki texnologik rejim, ekspluatatsion ko'rsatkichlar va boshqa ko'rsatkichlarni optimallashtirish, aniqlash va belgilashda albatta eksperimental tadqiqotlar olib borilishi zaruriyati tug'iladi. Eksperimental tadqiqotlar o'tkazish kata miqdorda mehnat va moddiy harajatlarni va shuningdek, ko'p vaqt sarflash bilan bog'liqdir. Undan tashqari ishlab turgan energetik tizim, elektrotexnik uskunalarni, energotexnologik qurilmalar, elektrlashtirilgan texnologik potok liniyalarga taalluqli eksperimental tadqiqotlar o'tkazishda ularning normal ekspluatatsion rejimlarini buzilishiga olib keladi.

Eksperimental tadqiqotlar o'tkazish bilan bog'liq yuqoridagi katta moddiy harajatlarni, vaqt sarflanishini va ishlab turgan energetik obyektlarni ekspluatatsion rejimlarini buzilishini kamaytirishga eksperiment rejalashtirish va uning tahlili usullarini qo'llash orqali erishish mumkin. Matematik statistika apparatini qo'llash orqali eksperiment jarayonini formallashtirish quyidagilarga imkon beradi:

- tajribalar sonini kamaytirish, yuqori aniqlikdagi o'lchov natijalariga erishish kabi ba'zi bir xususiyatlarga ega eksperimentning matematik modelini olishga;

- eksperiment natijalariga eng zamonaviy usullardan foydalanib ishlov berish va ishlov berilgan natijalar bo'yicha aniq formallashtirilgan qoidalar asosida yechimlar qabul qilish.

Eksperimental tadqiqot – yangi ilmiy bilimlar olishning asosiy usullaridan biri.

Eksperimentdan bosh maqsad nazariy qoidalarni tekshirish (ishchi gipotezani tasdiqlash), shuningdek, ilmiy tadqiqot mavzusini yanada kengroq va chuqurroq oʻrganishdir.

Eksperimental tadqiqotlar **idintifikatsiyalash** – nazariy tadqiqot natijalari va eksperiment davomida olingan funksional va analitik bogʻliqliklarni tekshirish va tasdiqlash yoki **optimallashtirish** – eksperimental yoʻl bilan oʻrganilayotgan jarayon parametrining eng maqbul qiymatini yoki maqsad funksiyasini aniqlash maqsadida olib boriladi.

Maqsad funksiyasi – mustaqil variatsiyalanuvchi o'zgaruvchilarni (faktorlarni) tadqiq etilayotgan bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi bilan o'zaro bog'lovchi funksiyadir, ya'ni $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$. Bu yerda y – tadqiq etilayotgan maqsad funksiya; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – o'zaro bog'liq bo'lmagani o'zgaruvchilar faktorlar.

Eksperiment maqsadi identifikatsiyalash bo'lsa, **maqsad funksiyasi formulalar orqali ifodalanadi.**

Eksperiment maqsadi optimallashtirish bo'lsa, **maqsad funksiyasi** regressiya koeffitsiyentlari no'malum polinomial tenglama bilan matematik modellashtiriladi va **regressiya tenglamasi** olinadi:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

bu yerda: b_i – regressiya koeffitsiyenti.

Eksperimentlar **tabiiy** va **sun'iy** bo'lishi mumkin.

Tabiiy eksperimentlar ishlab chiqarish, turmush va h.k. larda ijtimoiy hodisalarni o'rganishda muhimdir. **Sun'iy eksperimentlar** esa texnika va boshqa fanlarda keng qo'llanadi.

Obyekt yoki jarayon modeli xususiyatiga, eksperimentlarni tanlash va o'tkazishga bog'liq holda ular **laboratoriya** va **ishlab chiqarish** turlariga bo'linadi.

Laboratoriya eksperimentlari maxsus modellashtiruvchi qurilma, stendlarda namunaviy priborlar va tegishli apparatlarni qo'llab o'tkaziladi.

Bular kam harajat qilgan holda qimmatli ilmiy informatsiya olish imkonini beradi. Lekin, eksperimental tadqiqotning bunday natijalari hamma vaqt ham jarayon yoki ob'yekg ishining borishini to'liq aks ettira bermaydi.

Ishlab chiqarish eksperimentlari atrof muhit turli tasodifiy omillarini hisobga olgan holda mavjud sharoitlarda o'tkaziladi. Bunday eksperimentlar laboratoriyadagidan murakkab, tajriba naturasi (mavjud jarayon yoki obyekt) hajmdorligi oqibatida puxta fikrlash va rejalashtirishni talab etadi.

Ekspluatatsiya qilinadigan obyektning turli dala sinovlari ham ishlab chiqarish tadqiqotlariga kiradi.

Tegishli metodika va shakl bo'yicha tashkilotlar yoki muassasalardan, korxonalaridan u yoki bu tadqiq etilayotgan masala bo'yicha materiallar to'plash ishlab chiqarish eksperimentlarining bir turi hisoblanadi.

Eksperimental tadqiqotlarni samarali o'tkazish uchun eksperiment metodologiyasi ishlab chiqiladi. U quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

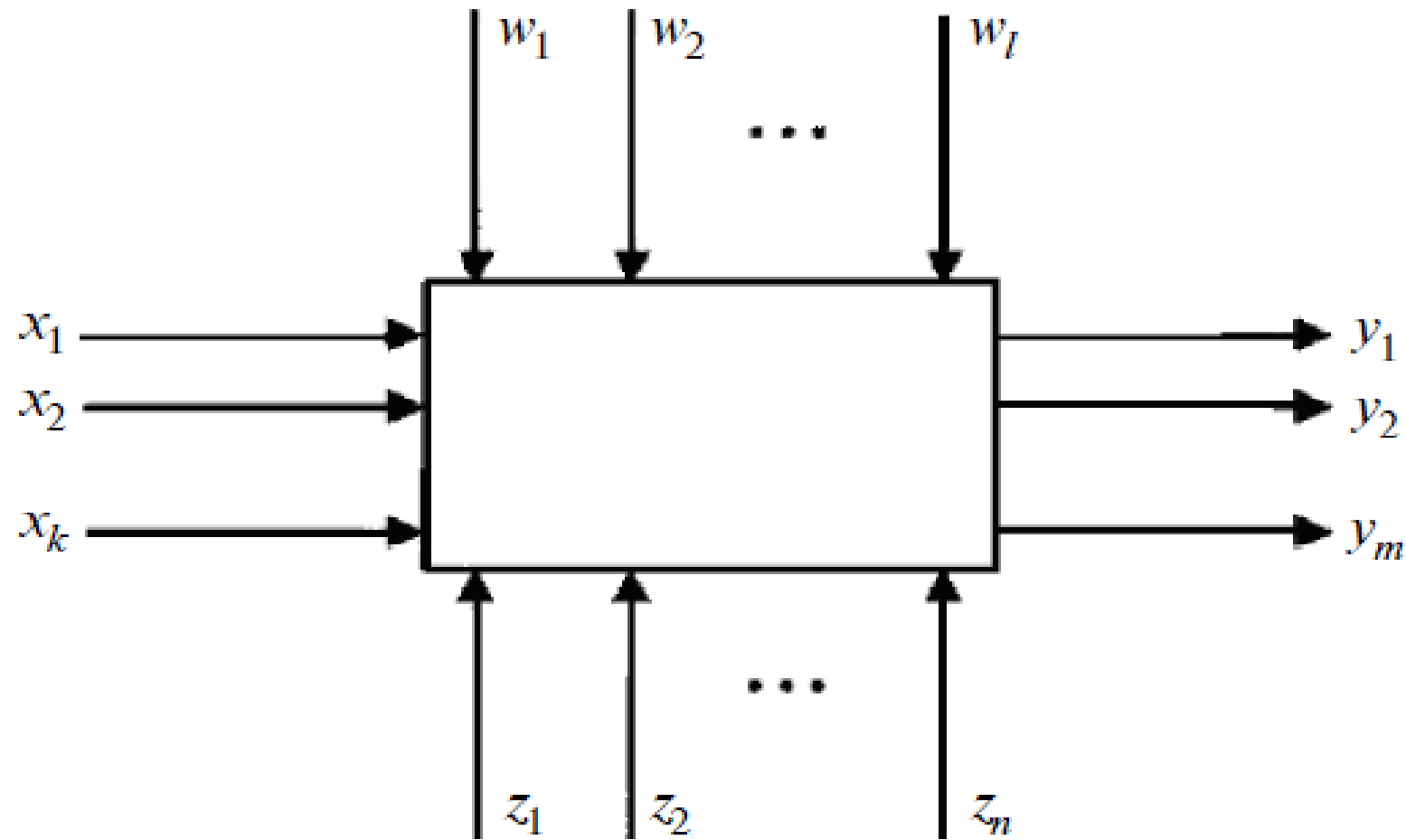
- eksperimentning reja – programmasini ishlab chiqish;
- o'lchamlarni baholash va eksperiment o'tkazish vositalarini tanlash;
- eksperimentni o'tkazish;
- eksperiment natijasida olingan ma'lumotlarni ishlab chiqish va tahlil qilish.

Yaxshi tashkil etilmagan sistemalarga taalluqli murakkab texnikaviy obyektlar uchun kibernetik model $\hat{e}+i+l$ kirishli (faktorlarli) va \hat{o} chiqishli (sistemalar ishlash sifatining ko'rsatkichili) «qora quti» tarzida namoyon bo'ladi.

Chiqish parametrlaridan har bir y_m k -o'lchovli vektori $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ bilan belgilanuvchi kirishlarning nazorat ostidagi boshqariluvchi qismi, n -o'lchovli vektor $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ bilan belgilanuvchi kirishlarning nazorat ostidagi boshqarilmaydigan qismi va l -o'lchovli vektor $W = (w_1, w_2, \dots, w_l)$ bilan belgilanuvchi nazorat qilinmaydigan qism holatiga bog'liq.

Harakati nazorat etilmaydigan qo'zg'atuvchi kirish parametrlari shunda namoyon bo'ladiki, qachonki sistema (texnikaviy obyekt)ning chiqish parametric ma'lum nazorat ostidagi boshqariladigan va boshqarilmaydigan kirish parametrlarida birdek tavsiflanmaydi. Tasodifiy qo'zg'atuvchi parametrlar katta bo'lgan texnikaviy obyekt stoxastik obyekt hisoblanadi. Uni o'rganish uchun ehtimollik nazariyasi matematik apparatidan foydalaniladi.

Texnikaviy obyektни eksperimental-statistik tadqiq etishda kirish va chiqish parametrlari o'rtasidagi aloqa odatda polinom tarzida matematik modelda tasvirlanadi.



7.1-rasm. «Qora quti»:

x_1, x_2, \dots, x_k – nazorat ostidagi boshqariladigan kirish parametrlari;
 z_1, z_2, \dots, z_n – nazorat ostidagi boshqarilmaydigan kirish parametrlari;
 w_1, w_2, \dots, w_l – nazorat qilinmaydigan kirish parametrlari.

Uning koeffitsiyentini baholash uchun ishlash jarayonida texnikaviy obyektning holatini tavsiflovchi statistika materialiga ega bo'lish zarur. Mazkur informatsiya yoki passiv eksperiment yo'li bilan, ya'ni texnikaviy obyektning ishlashini oddiy kuzatish yo'li bilan, ya'ni texnikaviy obyekt ishlashiga faol aralashish va tajribalarni boshqariladigan kirish parametrlar yo'l qo'yilgan soha miqyosi muayyan nuqtalarida o'tkazib olinishi mumkin.

Yaxshi tashkil etilmagan sistemalarga taalluqli murakkab texnikaviy obyektlar uchun passiv eksperiment keng tadbirini topmadi. Eksperimentni rejalashtirish esa kuchli eksperimental-statistik tadqiqot va murakkab yaxshi tashkil etilmagan sistemalarni optimallashtirish hisoblanadi. Eksperimentni rejalashtirish koʻr-koʻrona izlashni istisno qiladi, tajribalar sonini sezilarli darajada qisqartiradi va oqibatda eksperiment muddati va unga ketadigan sarflar ham kamayadi, shuningdek, matematik model olish imkonini beradi.

Eksperimentni rejalashtirish usullarining asosiy afzalligi uning universalligidir, yaʼni tadqiqotlarning koʻplab sohalarda yaroqliligidir: energetika, metalshunoslik va metallurgiya, mashinasozlik va materiallarga ishlov berish, kimyo va kimyoviy texnologiya, tibbiyot va biologiya, elektronika va hisoblash texnikasi va boshqalarda.

Shunday qilib, yaxshi tashkil etilmagan sistemalariga taalluqli murakkab texnikaviy obyektlarni tadqiq qilish uchun ko'plab kirish (faktorlar) va ko'plab chiqish (sistema ishlashining sifat ko'rsatkichlari)ga ega «qora yashik» ko'rinishidagi kibernetik model eng ma'qul deb hisoblanadi. Eksperimental statistik tadqiqotlarda aloqaning bunday modeli kirish va chiqish parametrlariga ega bo'lib, polinomlar ko'rinishidagi matematik modelda ifodalanadi.

Eksperimentni rejalashtirish matematik modeli «qora quti» tarzidagi kibernetik modelga asoslangan (7.1-rasmga q.). Shunday kibernetik sistemalarni koʻrib chiqishda nazorat ostida boshqariladigan kirish parametrlari x_1, x_2, \dots, x_k faktorlar deyiladi, chiqish parametrlari y_1, y_2, \dots, y_m optimallashtirish parametri (mezoni) deyiladi.

Faktorlar miqdoriy va sifatli boʻlishi mumkin. Birinchisiga kirish parametrlari taalluqli boʻlib, ularni miqdoriy baholash — oʻlchash, tortish va h.k. boʻlishi mumkin.

Faktorlar boshqariladigan bo'lishi va texnikaviy obyektga bevosita ta'sir etish talabiga javob berishi kerak. Faktorning boshqariluvchanligi deyilganda butun tajriba davomida faktor tanlangan kerakli darajasini doimiy yoki belgilangan programma bo'yicha uning o'zgarishini ta'minlash va saqlab turish imkoni tushuniladi. Bevosita ta'sir talabi deyilganda faktorning boshqa faktorlarga funksional bog'liqligi istisno ekanligi tushuniladi, chunki bunday bog'liqlik mavjud bo'lsa, ularni boshqarish qiyin.

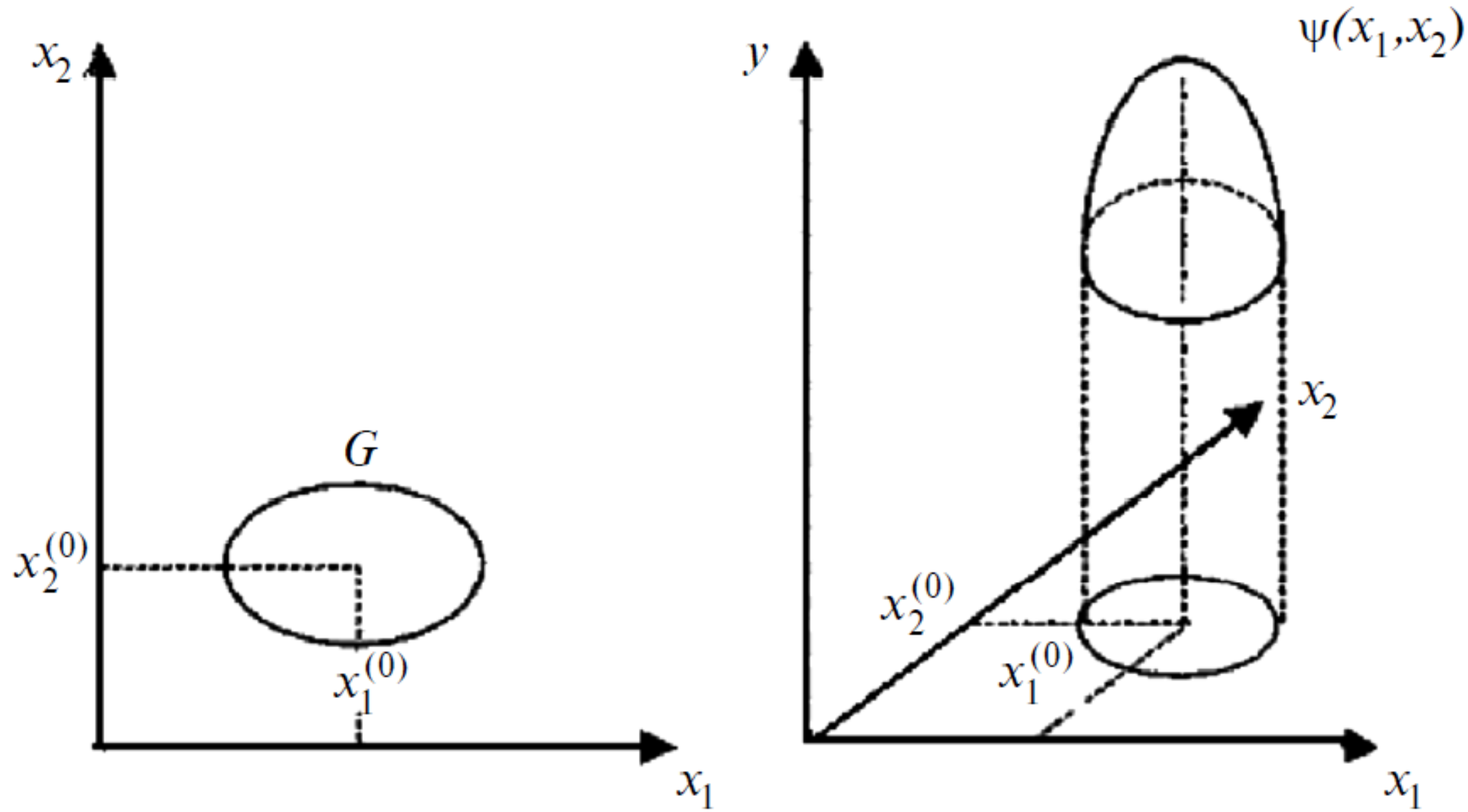
Tajriba o'tkazishda har bir faktor bir necha qiymatlardan birini, tenglama deb ataluvchini qabul qilish mumkin. Faktorlarning qayd etilgan tenglamalar to'plami kibernetik sistema ehtimoliy holatlaridan birini aniqlaydi. Bu qayd etilgan tenglamalar to'plamiga faktor fazosi atalmish faktorlar fazosidagi ko'p o'lchamli muayyan nuqta mos keladi.

Tajriba faktor fazosidagi barcha nuqtalarda amalga oshirilmaydi, faqat faktor fazosi sohasidagi ruxsat etiladiganiga taalluqli nuqqalardagina amalga oshiriladi. 7.2-rasmda misol tariqasida ikki faktor – $\tilde{\omega}_1$ va $\tilde{\omega}_2$ uchun ruxsat etilgan soha G ko'rsatilgan.

Kibernetik sistema faktorlar qayd etilgan har bir daraja to'plamiga turlicha munosabat ko'rsatadi. Biroq faktorlar tenglamalari va aks munosabat (javob) o'rtasida muayyan aloqa mavjud. Bu aks munosabat javob funksiyasi, uning geometrik obrazi javob yuzasi deb ataladi.

Javob funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_l = y_l(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (l = 1, 2, \dots, m).$$



7.2-rasm. Faktor fazosi (a) ruxsat etilgan sohasi va aks sado sirti (b).

Tabiiyki, tadqiqotchiga bog'liqlik turi y oldindan ma'lum emas. U rejalashtirilayotgan eksperiment ma'lumotlari bo'yicha quyidagiga yaqin tenglama hosil bo'ladi:

$$y_e = \psi_e(x_1, x_2, \dots, x_e).$$

Bu eksperimentni shunday amalga oshirish kerakki, tajribalarning eng kam sonida, maxsus ifodalangan qoidalar bo'yicha faktorlar darajasini turlicha qo'rinishlarida matematik model olish mumkin bo'lsin va kibernetik sistema kirish parametrlari optimal qiymatini topish mumkin bo'lsin.

Javob funksiyasini yetarlicha aniqlikda k o'zgaruvchandan d darajadagi polinom ko'rinishida tasavvur etish mumkin.

$$\begin{aligned} M\{y\} = \eta = & \beta_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} \beta_{ij} x_i x_j + \dots + \\ & + \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k} \beta_{i_1 \dots i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k}, \quad \sum ij = d \end{aligned} \quad (7.1)$$

bu yerda: $M\{y\}$ voki η — javobning matematik kutilgani.

Mazkur polinom kibernetika sistemasining u yoki bu jarayonini tavsiflash aniqligi qator tajriba (darajasi)ga, ya'ni qator so'nggi a'zolari darajaning qanday ko'rinishi bilan qatnashishiga bog'liq.

Tadqiqotning birinchi bosqichida tajribalar sonini kamaytirish uchun, ko'pincha faqat chiziqli a'zolardan iborat va birinchi tartibli birgalikdagi harakatlarga ega modellar cheklanadi.

$$M\{y\} = \eta = \beta_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} \beta_{ij} x_i x_j + \dots + \beta_{i_1 i_2 \dots i_k} x_1 x_2 \dots x_k. \quad (7.2)$$

Deyarli muqim (optimal) modeldagi sohani tavsiflash uchun faqat ikkinchi, ba'zan uchinchi tartibdagi a'zolar hisobga olinadi.

Rejalashtirilayotgan eksperiment natijalari bo'yicha regressiya tanlanma koeffitsiyentlari b_0 , b_i , b_{ij} belgilanadi, bular regressiyalar nazariy koeffitsiyentlari β_0 , β_i , β_{ij} lar uchun baho hisoblanadi, ya'ni

$$b_i \rightarrow \beta_i, b_{ij} \rightarrow \beta_{ij},$$

$$b_0 \rightarrow \beta_0 + \sum \beta_{ii} + \sum \beta_{iii} + \dots$$

Natijada model (regressiya tenglamasi) eksperiment ma'lumotlar asosida olingan, modeldan farqli o'laroq quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$M\{y\} = \eta = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \dots + b_{i_1 i_2 \dots i_k} x_1 x_2 \dots x_k, \quad (7.3)$$

bunda $M\{y\} = \eta$ javob matematik kutilgan bahosi.

Regressiya tenglamasi o'rganilayotgan faktorlar kibernetika sistemasi jarayoniga ta'siri, faktorlar birgalikdagi harakati va optimal sohaga harakat yo'nalishi haqida tasavvur beradi. Giperploskostli javob sirti uncha katta bo'lmagan qismining shunday approksimatsiyasi deyarli muqim (optimal) sohaga tushish uchun zarur. Ko'rsatilgan sohaga tushgandan so'ng model yordamida masala yechilgan hisoblanadi. Agar optimal sohaning ayni tavsifi zarur bo'lsa, unda polinomlarning ancha yuqori darajasiga — ikkinchi, ba'zan uchinchisiga o'tiladi.

Shunday qilib, kibernetik sistemada sistema faktorlari va aks ta'sir qiymatlari o'rtasida muayyan aloqa mavjuddir. Bu aks ta'sir aks-sado funksiyasi deyiladi, uning geometrik tarzi esa aks-sado sirti deb ataladi. Aks-sado funksiyasini yetarlicha aniqlik bilan k o'zgaruvchandan d darajadagi polinom ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Mazkur polinom tavsiflanayotgan aniqlikdagi kibernetik sistemadagi u yoki bu jarayon qatorlar darajasiga bog'liqdir.

Eksperiment reja-programmasi eksperimental tadqiqotlarning metodologik asosidir.

Reja-programma quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- tadqiqot mavzulari ro'yxati va ishchi gipoteza mazmuni;
- eksperiment metodikasi va uni bajarish uchun zarur materiallar,
- priborlar, qurilmalar va h. k.lar ro'yxati;
- bajaruvchilar ro'yxati va ularning kalendar ish rejasi;
- eksperimentni bajarish uchun harajatlar ro'yxati.

Eksperiment metodikasi – metodlar, eksperimental tadqiqotlarning maqsadga muvofiq usullari majmuyi. Umumiy tarzda u quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- eksperiment maqsad va vazifasini;
- faktorlar tanlash va ular o‘zgarish darajasini;
- vositalar va o‘lchashlar zarur miqdorini asoslashni;
- eksperiment mohiyati va tartibining bayonini;
- eksperiment natijalarini ishlab chiqish va tahlil qilish usullarini asoslash.

Eksperimentning maqsad va vazifasi ishchi gipoteza va tegishli nazariy ishlanmani tahlil qilish asosida aniqlanadi. Vazifa aniq bo‘lishi, ularning soni uncha ko‘p bo‘lmasligi lozim: oddiy eksperiment uchun – 3...4, majmua eksperiment uchun esa 8...10 ta.

Eksperiment o'tkazishning mazmun va tartibi — metodikaning markaziy qismi. Unda eksperiment o'tkazish jarayoni to'la loyihalanaadi:

- kuzatish va o'lchash operatsiyalarini o'tkazish ketma ketlikda tuziladi;
- eksperiment o'tkazishning tanlangan vositalarini hisobga olgan holda har bir operatsiya ayrim-ayrim mufassal tavsiflanadi;
- operatsiyalar sifatini nazorat qilishda qo'llanadigan usullar tasvirlanadi;
- kuzatish va o'lchash natijalarini yozish uchun daftar tutiladi.

Eksperimental ma'lumotlarni ishlab chiqish va tahlil qilish usullarini asoslash metodikani muhim bo'limi hisoblanadi.

Eksperimentlarning natijalari namoyish etishning ko'rgazma shakliga keltirilishi lozim (jadvallar, grafik, nomogrammalar va h. k.) toki ularni qiyoslash va tahlil qilish mumkin bo'lsin. Alohida e'tibor ishlab chiqish matematik usullari — empirik bog'liqlik, faktorlar va chiqish parametrlari o'rtasidagi aloqa approksimatsiyasi, mezonlar, ishonchli intervallar o'rnatish va boshqaga qaratiladi. Bu ishlab chiqish usullari mufassal ishlarda ko'rib chiqilgan.

Eksperiment metodikasi ishlab chiqilgandan so'ng eksperimental tadqiqot hajmi va mehnat talabligi aniqlanadi. Ular nazariy ishlanmalar chuqurligi va qabul qilingan o'lchash vositalari tavsifi (aniqlik, ishonchlik, tez harakatlanish va h. k.)ga bog'liq. Tadqiqotning nazariy qismi qanchalik aniq ifodalangan bo'lsa, eksperiment hajmi va mehnat talabligi shuncha kam bo'ladi.

Kibernetik sistemaning har bir faktori o'z kattaligini o'zgartirish muayyan chegarasiga ega, buning ichida u istalgan qiymatni yoki qator diskret qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Barcha bu qiymatlar majmuyi faktorning belgilash sohasini tashkil etadi.

Eksperimentni loyihalashda har bir faktorni aniqlash sohasida uning lokal kichik sohasi mavjuddir, ya'ni oralig'ida tadqiqot o'tkaziladigan o'sha faktor o'zgarishi intervali bor.

Ko'rsatilgan lokal kichik sohalarni tanlash har bir faktor x_i ($i=1, 2, \dots, k$) uchun x_{i0} asosiy (nol) daraja va o'zgarish intervali Δx_i *ya* tanlashga olib keladi. Buning uchun aprior informatsiya asosida faktorlar taxminiy qiymati belgilanadi, ular kombinatsiyasi kibernetik sistema eng yaxshi chiqish natijasini beradi. Faktorlar qiymati bu kombinatsiyasiga faktor fazosi boshlang'ich nuqtasi mos keladi, undan eksperiment rejasini tuzishda foydalaniladi. Boshlang'ich nuqta koordinatalari faktorlar asosiy (nol) darajasi deyiladi.

Δx_i , x_i faktorlar o'zgarish intervallari ham aprior informatsiya asosida tanlanadi, masalan, javob sirtining o'rganilayotgan egrisi to'g'risidagi. Demak, sirt egriligi qancha kam bo'lsa, Δx_i o'zgarish intervali shuncha katta bo'lishi mumkin. Mazkur aprior informatsiya dastlabki bir faktorli eksperimentlardan yoki nazariy taxminlardan olinishi mumkin. Bundan tashqari, o'zgarish intervali ba'zi bir ulush sifatida, tegishli faktorni aniqlash sohasi o'lchamidan aniqlanishi mumkin. O'zgarish tor intervali belgilash sohasining 10% gacha-sini tashkil etadi, o'rtachasi – 10% dan 30% gacha, kengi – 30% dan oshiq.

Ma'lum asosiy daraja va faktor o'zgarish intervalida uning yuqori va quyi darajasi teng:

$$x_{i\beta} = x_{i0} + \Delta x_i, \quad x_{iH} = x_{i0} - \Delta x_i \quad (7.4)$$

Shartlarni yozish soddalashtirish va eksperiment natijalarini ishlab chiqish uchun natural o'zgaruvchilar x_i dan, cheksiz $-x_i$ (me'yorlangan) o'zgaruvchilarga o'tiladi, bular quyidagicha aniqlanadi:

$$x_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} . \quad (7.5)$$

Bu holda $x_{i0} = 0$, $x_{i\beta} = +1$, $x_{iH} = -1$, ya'ni har bir faktor asosiy darajasiga 0 mos keladi, yuqori darajaga «+1», quyi darajaga «-1».

Ikki darajada eksperimentni rejalashtirish turli kibernetik sistemalar matematik modelini olishda keng qo'llaniladi. Barcha faktorlar ikki daraja o'zgaruvchi shunday rejalar 2^k tur reja deb nomlanadi, bunda k – faktorlar soni.

Shunday qilib, kibernetik sistemalar («qora yashik»)ni tadqiq etishda har bir faktor o'z kattaligini o'zgartirish muayyan chegarasiga ega. Mazkur chegara (o'zgarish intervallari)da u istalgan qiymatga yoki bir qator diskret qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. O'zgarish intervallari oprior informatsiya asosida aniqlanadi. Kibernetik sistema matematik modellarini olish uchun faktorlar ko'pincha ikki darajada o'zgaradi.

To'liq faktorli eksperiment

Ikki darajada o'zgaruvchi mustaqil faktorlarning barcha ehtimoliy takrorlanmas kombinatsiyalari amalga oshiriladigan eksperiment to'liq faktorli eksperiment (TFE) deb ataladi. Bu kombinatsiyalar miqdori $N = 2^k$.

TFEni uch faktorli kibernetika sistemasida ($N = 2^3$) rejalashtirishni ko'rib o'tamiz. Uning uchun matematik model regressiya tenglamasiga (7.3) ko'ra quyidagi ko'rinishga ega:

$$M\{y\} = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j}^3 b_{ij} x_i x_j + b_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (7.6)$$

Ko'rsatilgan matematik modelni TFE usulida topish quyidagi bosqichlardan iborat:

- eksperimentni rejalashtirish;
- eksperiment o'tkazish;
- regressiya tanlama koeffitsiyentlari statistik mohiyatini tekshirib, kibernetik sistema matematik modelini olish;
- tiklanish (tanlama) dispersiya bir jipsliligini tekshirish;
- matematik tavsif ayniyligini tekshirish.

Uch faktor uchun TFE rejalashtirish matritsasi 7.1- jadvalda keltirildi. Bunda $x_1x_2x_3$ ustunchalari reja matritsasini tashkil etadi. Shular bo'yicha bevosita tajriba sharti aniqlanadi. x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$ ustunchalar faktorlar hosilalari ehtimoliy kombinatsiyasini ko'rsatadi, bular faktorlar birgalikdagi harakati samarasini baholashga imkon beradi. x_0 (fiktiv o'zgaruvchan) ustunchasi erkin raqam β_0 ni baholash uchun jadvalga kiritilgan. x_0 qiymat barcha tajribalarda bir xil va $+1$ ga teng.

2-tur rejalashtirish matritsasi va tajribalarning natijalari

Reja nuqta raqami									Optimal-lashtirish parametri
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	Y_1
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	Y_2
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	Y_3
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	Y_4
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	Y_5
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	Y_6
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	Y_7
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y_8

TFE rejalashtirish matritsasi bir qator xususiyatga ega. Bu xususiyatlar ularni rejalashtirilayotgan eksperiment natijalari bo'yicha matematik model olishning optimal vositasiga aylantiradi.

Birinchi xossa – eksperiment markaziga nisbatan mutanosiblik. Bu xossa quyidagicha ifodalanadi: har bir vektor-ustuncha unsurlarining algebraik yig'indisi, x_0 fiktiv o'zgaruvchan ustunchadan boshqa, nolga teng:

$$\sum_{v=1}^n x_{iv} = 0; i = 1, 2, \dots, 2^k - 1, \quad (7.7)$$

bu yerda n – rejadagi turli nuqtalar soni, v – reja nuqtasining tartib raqami.

Ikkinchi xossa shunday ifodalanadi: har bir vektor-ustuncha unsurlarining kvadrati yig'indisi reja nuqtalarining soniga teng.

$$\sum_{v=1}^n x_{iv}^2 = n; i = 0, 1, 2, \dots, 2^k - 1. \quad (7.8)$$

Uchinchi xossa — rejalashtirish matritsasining *ortogonal vektor-ustunchalar*. Mazkur xossa quyidagi ifodaga ega: *rejalashtirish matritsalarining istalgan ikki vektor-ustunchasi unsurlari hosila yig'indisi nolga teng.*

$$\sum_{v=1}^n x_{iv} x_{jv} = 0; i \neq j; i, j = 0, 1, 2, \dots, 2^k - 1. \quad (7.9)$$

Ortogonallik xossasidan tenglamalar me'yoriy sistemasi matritsasining *diagonaligi* va regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari o'zaro mustaqil bahosi, shuningdek, bu koeffitsiyentlarni *hisoblash soddaligi* kelib chiqadi.

2-tur rejalashtirish matritsasi regressiya sakkiz koeffitsiyentini baholashga imkon beradi: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$. Biroq undan regressiya (b_{11}, b_{22}, \dots) kvadratli koeffitsiyentlarini baholashda foydalanib bo'lmaydi, chunki vektor-ustuncha x_1^2, x_2^2, x_3^2 bir-biri bilan va x_0 ustuncha bilan mos tushadi.

Eksperimentni rejalashtirishda eksperimentni qunt bilan o'tkazishlikka jiddiy talab qo'yiladi. Buni shu bilan izohlash mumkinki, eksperiment rejasini amalga oshirish natijalarini statistik baholash eksperimentdagi kamchiliklarni albatta ko'rsatadi. Vaholanki, tadqiqotning an'anaviy usullari (bir faktorli eksperiment) eksperiment xatosini topish va olingan bog'liqliklarning ishonchliligini (ayniyligini) tekshirishni ko'zda tutmaydi. Bundan tashqari faktorlar o'zgarish intervalini tanlashga e'tibor (haddan ziyod diqqat) bilan yondoshishi lozim.

TFE o'tkazishdan maqsad kibernetik sistemaning regressiya tenglamasi ko'rinishidagi tavsifini olish hisoblanadi. $N = 2^3$ turdagi rejalashtirish matritsasi uchun regressiya tenglamasi (7.8) tenglama ko'rinishida keltirildi.

Yuqorida ta'kidlanganidek, rejalashtirish matritsasi ortogonalligi regressiya tenglamasi koeffitsiyentlarini hisoblashni sezilarli tarzda soddalashtiradi. Demak, bi koeffitsiyentlar faktorlari istalgan miqdori quyidagi tenglamaga ko'ra hisoblanadi:

$$b_i = \frac{\sum_{v=1}^n x_{iv} y_v}{n}, \quad (7.10)$$

bunda: $i = 0, 1, 2, \dots, k$ – faktor tartib raqamli (x_0 fiktiv o'zgaruvchini ham qo'shganda); y_v o'rtacha javob (ya'ni chiqish parametrining o'rtacha qiymati), v tartib raqamli nuqtadagi r tajriba bo'yicha

$$y_v = \frac{\sum_{j=1}^r y_{vj}}{r}. \quad (7.11)$$

Birinchi tartibli o'zaro harajatda b_{ij} koeffitsiyentlaridagi tenglamaga o'xshash tenglamada hisoblanadi.

$$b_{ij} = \frac{\sum_{v=1}^n x_{iv}x_{jv}y_v}{n}; \quad i, \dots, j; \quad i, j = 1, 2, \dots, k. \quad (7.12)$$

Shunday qilib, TFEni rejalashshirish matritsasi bir qator xususiyatlarga ega bo'lib, rejalashtirilayotgan eksperiment natijalari bo'yicha matematik model olishning samarali vositasi hisoblanadi. Quyidagilar shunday xususiyatga kiradi: eksperiment markaziga nisbatan mutanosiblik; vektor-ustunchalar ortogonalligi; matritsalar dioganalligi va h. k.

Eksperiment – ilmiy tadqiqotning eng muhim va ancha mehnat talab bosqichi.

Eksperiment ishlari tasdiqlangan reja-programma va eksperiment metodikasiga muvofiq o‘tkaziladi. Eksperimentga kirishilar ekan sinovlarni o‘tkazish metodikasi va ketma-ketligi tugal aniqlanadi.

Eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish jarayonida quyidagi qator asosiy qoidalarga rioya qilish lozim;

– eksperimentchi o‘lchash natijalariga sub’yektiv ta’sirga yo‘l qo‘ymay tadqiq etilayotgan jarayon yoki obyekt parametrining barcha tavsifini vijdonan qayd etishi lozim;

– eksperimentchi ehtiyotsizligiga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi, chunki bu hol ko‘pincha katta xatolik va soxtalashtirishga, oqibatda, eksperimentlarni qayta takrorlashga olib keladi;

- eksperimentchi kuzatish va o‘lchash daftarini albatta yuritishi kerak, uni tartibli va hech qanday tuzatishlarsiz to‘ldirib borish lozim;
- eksperiment jarayonida bajaruvchi o‘lchash vositalari ishini, ular to‘g‘ri ko‘rsatayotganligini va qurilma, jihoz, stend va h.k.lar ishi barqarorligini, atrof muhit holatini muntazam kuzatishi, ish zonasiga begonalarni kiritmasligi shart;
- eksperimentchi o‘lchov vositalarini, ular to‘g‘riligini nazorat qilgan holda ishchi tekshiruvini muntazam o‘tkazishi kerak;
- o‘lchashlar o‘tkazish bilan bir vaqtda bajaruvchi natijalarni dastlabki ishlab chiqish va tahlil qilishni o‘tkazishi lozim. Bu tadqiq etilayotgan jarayonni nazorat qilish, eksperimentni to‘g‘rilash, metodikani yaxshilash va eksperiment samaradorligini oshirishga imkon beradi;

– eksperimentchi texnika xavfsizligi, sanoat sanitariyasi va yong‘inni oldini olish bo‘yicha yo‘riqnomalar talabiga amal qilishi lozim.

Yuqorida qayd etilgan barcha qoidalarga ayniqsa ishlab chiqarish eksperimentini o‘tkazayotganda amal qilish kerak.

Shunday qilib, ilmiy ma’lumotlar olishning asosiy usullaridan biri bo‘lib, eksperimental tadqiqotlar hisoblanadi. Eksperimentlar tabiiy va sun‘iy, laboratoriyadagi va ishlab chiqarishdagiga bo‘linadi. Har qanday eksperimental tadqiqotlar metodologiyasining asosi bo‘lib reja-programma, metodika va eksperiment o‘tkazish qoidasi hisoblanadi.

7.4. Eksperiment natijalariga ishlov berish usullari

7.4.1. O'lchashlar natijalarini grafik tasvirlash usullari

Grafik tasvir eksperiment natijalari haqida ko'rgazmali tasavvur beradi, tadqiq etilayotgan jarayon fizik mohiyatini yaxshiroq tushunishga imkon yaratadi, funksional bog'liqlik tavsifini aniqlaydi va unga nisbatan minimum yoki maksimum belgilaydi.

O'lchash (yoki kuzatish) natijalarini grafik tasvirlash uchun ko'pincha koordinatalar to'g'ri burchakli sistemasidan foydalaniladi. X o'qi bo'ylab faktor qiymatlari x_1, x_2, \dots, x_n , Y o'q bo'ylab esa unga mos jarayon chiqish parametri chiqish qiymatlari y_1, y_2, \dots, y_n (7.3-rasm) qo'yiladi.

Agar $x_1, y_1, x_2, y_2; \dots; x_n, y_n$ nuqtalar kesmalar bilan birlashtirilsa, bunda siniq egri chiziq l hosil bo'ladi, u eksperiment ma'lumotlari bo'yicha $y=f(x)$ funksiya o'zgarishini tavsiflaydi. Bu siniq egri chiziqni barcha eksperiment nuqtalari yaqinidan o'tuvchi bir tekisdagi egri chiziqcha approksimatsiyalaydi.

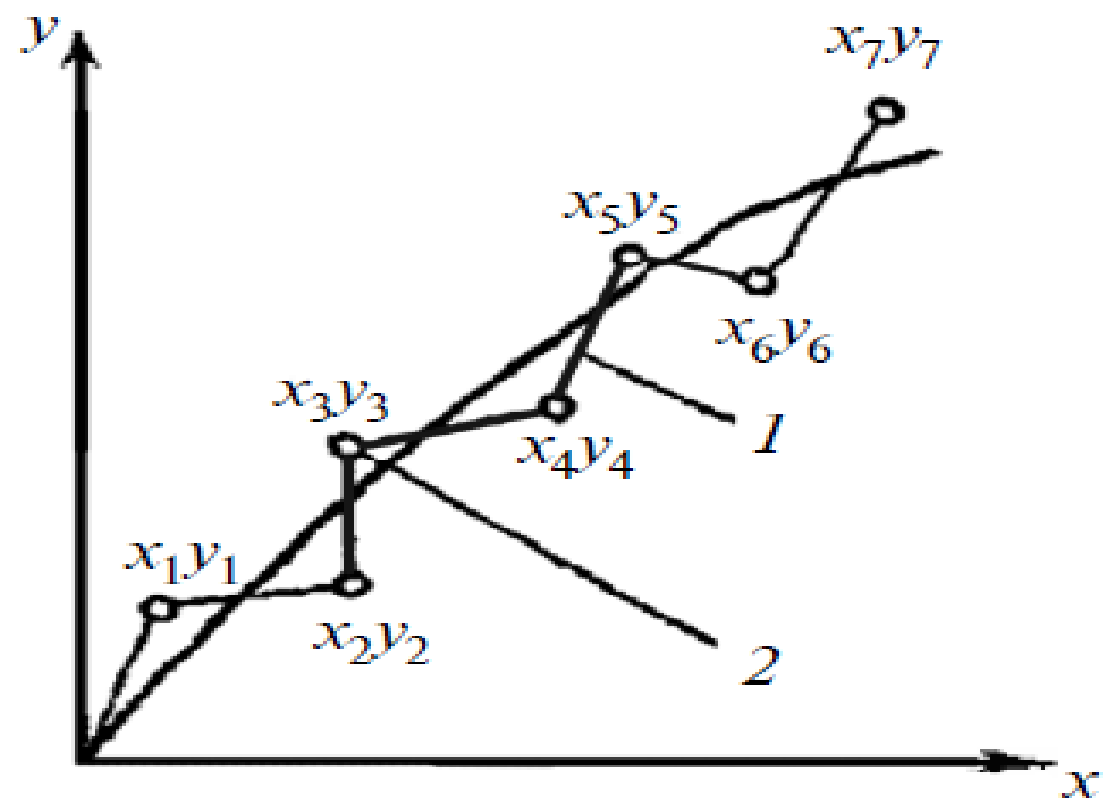
Ba'zan 1...2 grafada nuqtalar egridan keskin uzoqlashadi. Bu holda avval hodisaning fizik mohiyati tahlil qilinadi. Agar $y=f(x)$ funksiyasining bunday keskin sakrashi uchun asos bo'lmasa, bunda chetga chiqishni qo'pol xato yoki adashish deyish mumkin.

$y=f(x)$ eksperimental funksiyasi grafik tasviriga koordinata to'ri tanlash jiddiy ta'sir etadi. Ular bir tekis yoki bir tekismas bo'lishi mumkin. Bir tekis koordinata to'rlari ordinata va absissalari bir tekis shkalaga ega.

Bir tekismas koordinata to'rlaridan eng ko'p tarqalgani yarim logarifmik (7.4-*a* rasm), logarifmik (7.4-*b* rasm), ehtimoliydir. Ulardan turli sabablarga ko'ra foydalaniladi. Xususan, yarim logarifmik, logarifmik koordinata to'rlaridan, odatda, faktorlar va (yoki) chiqish parametrlari o'zgarish intervali katta bo'lganda foydalaniladi. Bundan tashqari, ular ko'plab egri chiziqli funksiyalarni to'g'rilaydi.

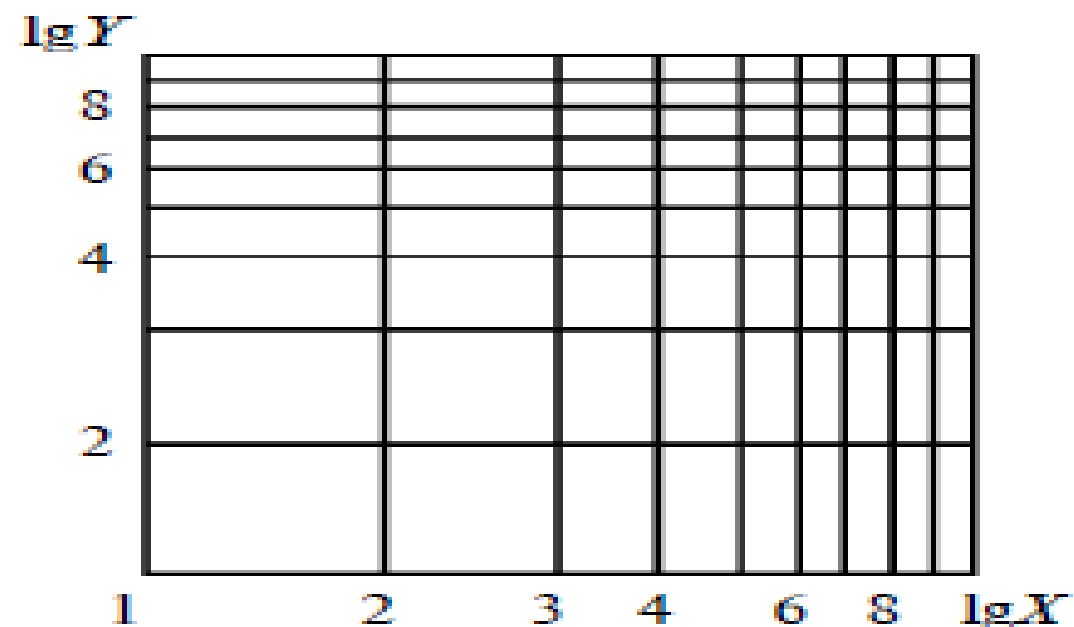
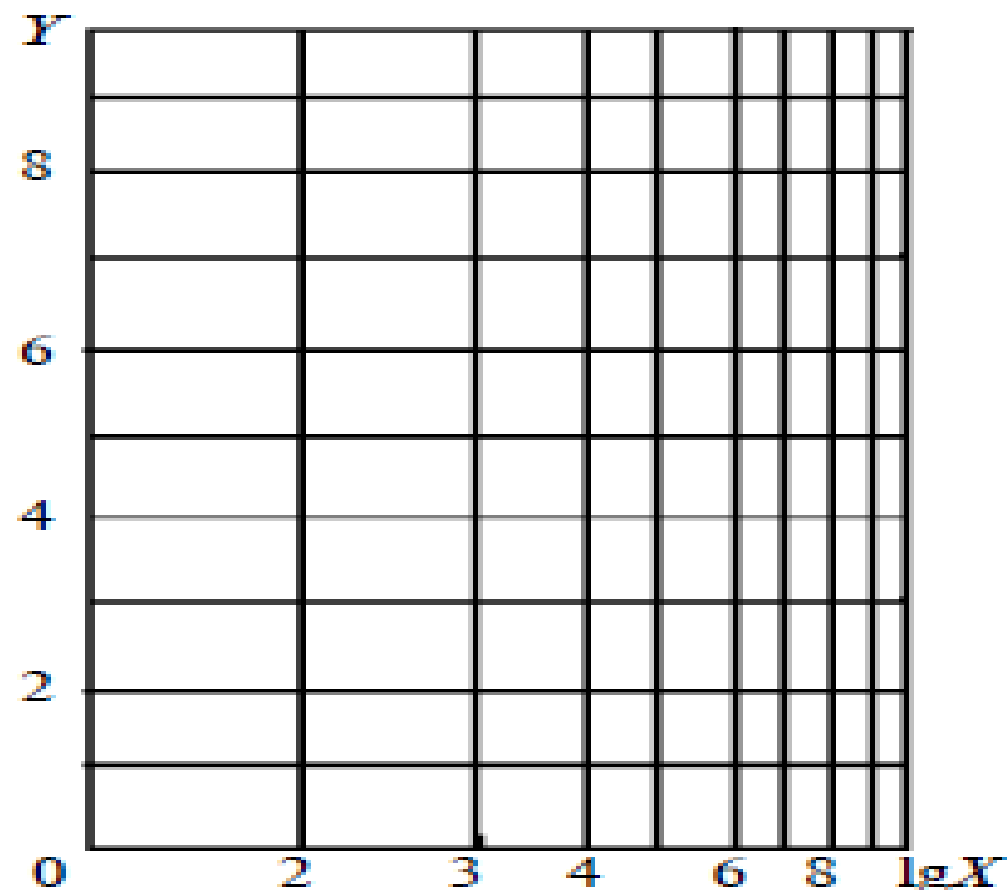
Grafiklarni chizishda quyidagi amaliy mulohazalarga amal qilish lozim:

– koordinata to'ri va grafik masshtabni to'g'ri tanlash kerak. Masshtab qancha katta bo'lsa, grafikdan olinadigan qiymat



7.3-rasm. Bog'liqlik grafik tasvir $y=f(x)$:

1 – bevosita o'lchamlar natijasi bo'yicha chizilgan egri chiziq;
2 – approksiyalovchi bir maromdagi egri chiziq.



7.4-rasm. Yarimlogarifimik (a) va logarifimik (b) koordinata to'rlari.

aniqligi shuncha yuqori bo'ladi. Biroq, grafiklar, qoidaga ko'ra, 200×150 mm hajmdan oshib ketmasligi kerak;

- koordinata o'qlari bo'yicha masshtabni grafik tor yoki keng bo'lib qolmaydigan qilib tanlash kerak;
- grafikni millimetrli qoyuzga chizish maqsadga muvofiq.

7.4.2. Empirik formulalarni tanlash usuli

Empirik formulalar analitik formulalarga yaqin ifodalar hisoblanadi.

Eksperiment ma'lumotlari asosida olingan algebraik ifodalar, empirik formulalar deyiladi. Ular faktor berilgan qiymati (x_1 dan x_n gacha) va chizish parametri (y_1 dan y_n gacha) o'lchangan qiymatlar chegarasida tanlanadi.

Bu formulalar, imkon boricha, oddiy va faktorning ko'rsatilgan chegarasida eksperiment ma'lumotlariga yuqori aniqlikda mos bo'lishi kerak.

Empirik formulalarni tanlash jarayoni **ikki bosqichda** amalga oshiriladi. **Birinchi bosqichda** koordinata sistemasi to'g'ri to'rtburchak turicha nuqtalar ko'rinishida o'lchash natijalari qo'yiladi, ular orasidan approkslovchi egri o'tkaziladi (7.3-rasmga q.). So'ng formula turi mo'ljallab tanlanadi. **Ikkinchi bosqichda** qayd qilingan formulaga eng muvofiq tarzda parametrlar hisoblanadi.

Empirik formulani tanlash eng sodda ifodalardan boshlanadi. Shunday ifoda bo'lib, chiziqli tenglama hisoblanadi.

$$y = a + bx,$$

bunda: a va b — doimiy parametrlar, ular qiymati quyidagi tenglamalar sistemasidan aniqlanadi:

$$\begin{aligned}y_1 &= a + bx_1, \\y_n &= a + bx_n\end{aligned}$$

bunda x_1, y_1 va x_n, y_n — approksiyalovchi to'g'ri chiziqning chekka nuqtalari koordinati.

Egri chiziqli eksperiment grafiklarda $y=ax^b$, $y=ax^b+c$, $y=ae^{bx}+c$ tur approksimatsiyalovchi formula tanlanadi. Bu formulalarga mos keluvchi egrilar tenglamasi va parametrlarni aniqlash usuli ishda berilgan.

7.4.3. Nazariy-eksperimental tadqiqotlar natijalarini tahlil qilish, xulosa va takliflarni formulalashtirish

Nazariy va eksperimentlar tadqiqotlarni birgalikda tahlil qilishdan asosiy maqsad — eksperiment natijalari bilan ishchi gipoteza ilgari surgan fikrlarni qiyoslash.

Nazariy (ishchi gipotezaga muvofiq) va eksperimental ma'lumotlarni qiyoslashda turli mezonlardan foydalaniladi. Masalan, eksperimental ma'lumotlarni berilganlardan, nazariy bog'liqlik asosidagi hisoblashlar tufayli olingan minimal, o'rtacha va maksimal chetga chiqish.

Ammo, eng ishonchli deb, eksperimentalga nazariy bog'liq ayniy (muvofiq) mezonlar hisoblanadi.

Ishchi gipotezani eksperiment ma'lumotlari bilan qiyoslash natijasida quyidagi hollar kuzatilishi mumkin:

– ishchi gipoteza to'liq yoki deyarli to'liq eksperimentda tasdiqlanadi. Bunday vaziyatda ishchi gipoteza nazariy qoida, nazariyaga ko'ra isbotlangan bo'ladi;

– ishchi gipoteza eksperimentda qisman tasdiqlanadi, qolgan hollarda unga zid bo'ladi. Mazkur holda ishchi gipoteza eksperiment natijasiga to'liq yoki deyarli to'liq moslanishi uchun modifikatsiyalanadi. Ishchi gipoteza o'zgarishini tasdiqlash maqsadida to'g'rilovchi eksperiment o'tkaziladi. Shundan so'ng gipoteza, birinchi galdagi kabi, nazariyaga aylanadi;

– ishchi gipoteza eksperimentda tasdiqlanmaydi. Bunday holda avval qabul qilingan gipoteza to'liq ko'rib chiqiladi, ya'ni yangisi ishlab chiqiladi. Salbiy ilmiy natijalar esa yangi gipoteza izlash doirasini toraytirish imkonini beradi.

Gipoteza nazariy qoida deb tan olingach, xulosalar va (yoki) takliflar ifoda topadi, ya'ni tadqiqot natijasida olingan yangi, mohiyatligi ilgari suriladi. Asosiy xulosalar miqdori 5...10 tadan oshmasligi kerak. Asosiy xulosalar bilan bir qatorda ayrim holda boshqa xulosalar ham qilish mumkin (2-darajali kabi).

Barcha xulosalar ikki guruhga bo'linadi: ilmiy va ishlab chiqarish. Ilmiy xulosalarda yangilik hissasi ko'rsatiladi, bular bajarilgan tadqiqotlar tufayli fanga kiritilgan bo'ladi. Ishlab chiqarish xulosalari, foyda bilan bog'liq bo'ladi, bularni iqtisodiyot sohasida o'tkazilgan eksperimentlar beradi (yoki berishi mumkin).

Rezyume eksperiment natijalari grafik ta'siri tadqiq jarayoni fizik mohiyatini yaxshi tushunishga imkon beradi. Nazariy va eksperiment natijalar qiyoslashib eksperimentni tasdiqlovchi bir necha ishchi gipoteza belgilanadi.

7.5. Hisoblash eksperimenti

Hisoblash eksperimentining asosini matematik modellashtirish, amaliy matematika (nazariy asosi), elektron hisoblash mashinalari (texnikaviy asosi) tashkil etadi.

Hisoblash eksperimentidan fan va texnikaning turli sohalarida, murakkab amaliy masalalarni yechishda vosita sifatida foydalaniladi. Foydalanib hal etiladigan masalalarning xilma-xil bo'lishligiga qaramasdan hisoblash eksperimentlari, shartli ravishda quyidagi bosqichlarga bo'lingan. Ular umumiy *texnologik turkumga* xosdir.

Birinchi bosqichda tadqiq etilayotgan obyektning *matematik modeli* yaratiladi, u qoidaga ko'ra differensial yoki integrodifferensial tenglamalar ko'rinishida bo'ladi. Matematik modelni tuzish ko'pincha u yoki bu fan (fizika, kimyo, biologiya, tibbiyot, iqtisodiyot va h.k.) sohalarining mutaxassislari tomonidan bajariladi. Matematiklar yuzaga kelgan matematik vazifalarni yechish imkonini baholaydilar va modelni boshlang'ich tadqiqotini o'tkazadilar: masala to'g'ri qo'yilganmi, u yechimga egami, u birginami va h.k.larni aniqlaydilar.

Ikkinchi bosqichda shakllantirilgan matematik masala yoki aytish mumkinki, *hisoblash algoritmini* hisoblash usuli ishlab chiqiladi. U algebraik tenglamalar xalqalari majmuidan iborat bo‘ladi, shular bo‘yicha hisoblash olib boriladi va bu formulalarni qo‘llash muntazamligini belgilovchi mantiqiy sharoit yuzaga keltiriladi.

Shuni ta’kidlash joizki, ayni bir matematik masalani hal qilish uchun ko‘plab hisoblash algoritmlari — yaxshi va yomonlari ishlab chiqiladi. Shuning uchun algoritmni samarali hisoblashni ishlab chiqish zarurati yuzaga keladi, buning uchun raqamli hisoblash nazariyasidan foydalaniladi.

Uchinchi bosqichda ishlab chiqilgan hisoblash algoritmini EHMda bajarish *programmasi* tuziladi.

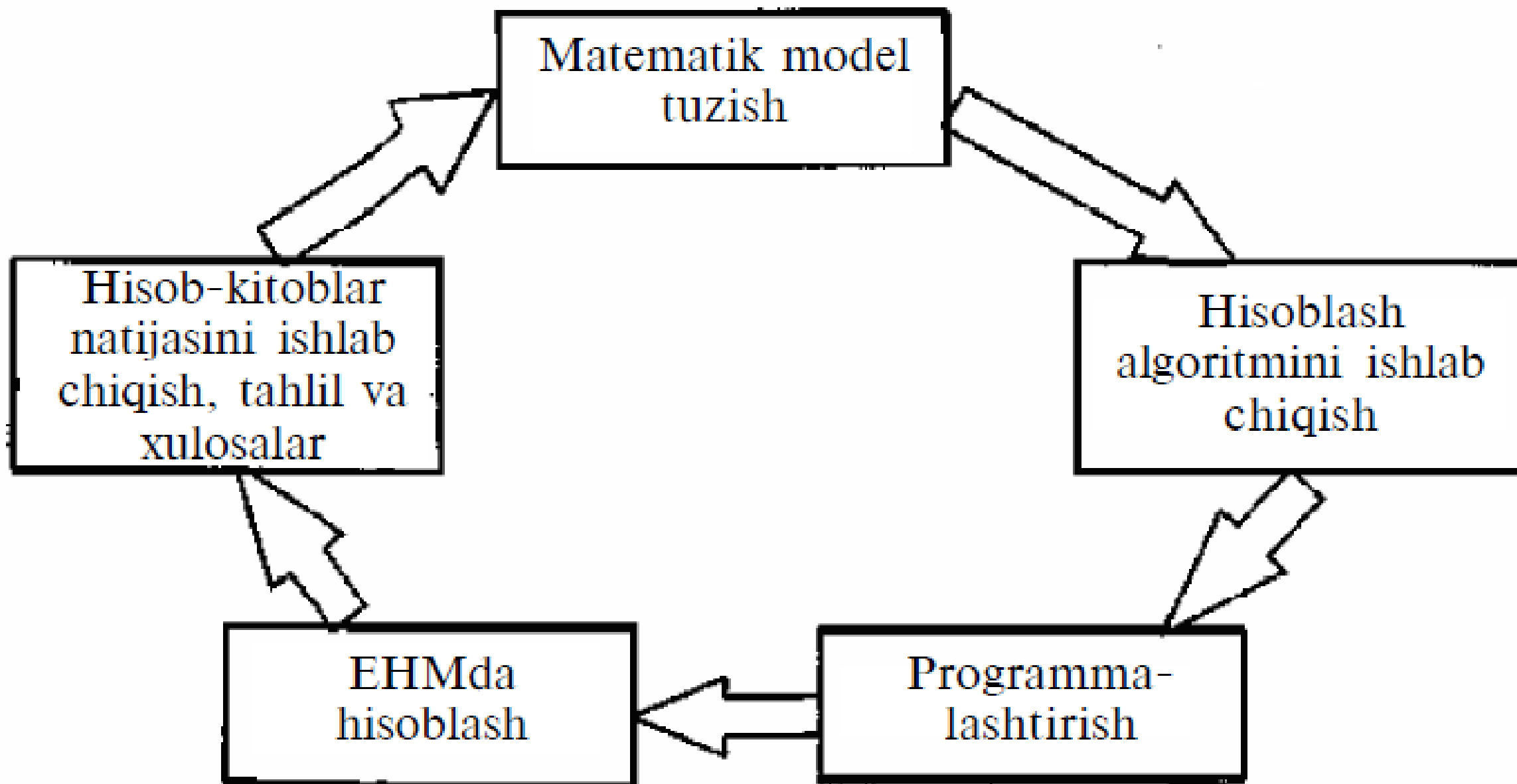
To'rtinchi bosqich hisoblash eksperimentini bajarish bilan bog'liq. EHM hisoblash jarayonida tadqiqotchini qiziqtirgan qar qanday informatsiyani berish mumkin. Tabiiyki, mazkur informatsiyani aniqligi matematik modelni ishonchliligi bilan belgilanadi. Shunga ko'ra jiddiy amaliy tadqiqotlarda ba'zan hozirgina tuzilgan programma bo'yicha to'laqonli hisoblashni o'tkazish darhol boshlanmaydi. Bundan avval programmani «sozlash» uchun zarur bo'lgan *test hisob-kitoblari* o'tkaziladi.

Dastlabki hisob-kitoblarni o'tkazishda matematik model testlanadi: o'rganilayotgan obyekt, jarayon yoki hodisani u qanchalik yaxshi tavsiflaydi, qay darajada haqiqatga yaqinligi aniqlanadi. Buning uchun yetarlicha ishonchli o'lchashlar bo'lgan ba'zi nazorat eksperimentlarini «taftishlash» o'tkaziladi. Bunda eksperiment va hisoblash natijalari taqqoslanadi, matematik model aniqlanadi.

Beshinchi bosqichda hisob-kitob natijalarini ishlab chiqish EHMda amalga oshiriladi, ular atroflicha tahlil o'tkaziladi va xulosa qilinadi. Bunda xulosalarning ikki turi bo'lishi mumkin: yoki matematik modelni, yoki olingan natijalarni turli mezonlar bo'yicha tekshiruvdan o'tkazib aniqlash zarurligi belgilanadi, bular ilmiy yutuqqa aylanadi hamda buyurtmachiga beriladi. Amalda esa har ikki xulosalar ko'pincha uchrab turadi.

Hisoblash eksperimenti texnologik turkumining ko'rib o'tilgan tarxi 7.5-rasmda keltirildi.

1. Matematik model tuzish. 2. Hisob-kitoblar natijasini ishlab chiqish, tahlil va xulosalar. 3. Hisoblash algoritmini ishlab chiqish. 4. EHMda hisoblash. 5. Programmalashtirish.



7.5-rasm. Hisoblash eksperimenti texnologik turkumining tarxi.

EHMda amaliy masalalarni yechish – murakkab ilmiy ishlab chiqarish jarayoni, ularning egallash va boshqarish uchun uni o‘rganish zarur.

Hisoblash eksperimentidan fan va texnikaning ko‘pgina sohalarida turli amaliy masalalarni hal etishda foydalaniladi.

Yadro energetikasida fizik jarayonlarda sodir bo‘ladigan hodisalarni mufassal modellashtirish asosida reaktorlarning ishlari bashoratlanadi. Bunda hisoblash eksperimenti tabiiysiga juda yaqin o‘tadi, bu butun tadqiqot turkumini tezlashtiradi va harajatlarni kamaytiradi.

Kosmik texnikada uchuvchi apparatlar trayektoriyasi, og‘ish masalasi hisoblanadi, radiolokatsiya ma’lumotlari, yo‘ldoshdan olingan tasvirlar va h.k.lar ishlab chiqiladi.

Ekologiyada bashoratlash va ekologik tizimlarni boshqarish masalasi hal etiladi.

Kimyoda kimyoviy reaksiyalar hisoblanadi, ular konstantasi aniqlanadi, jadallashtirish maqsadida makro va mikro darajada kimyoviy jarayonlar tadqiq etiladi va h.k.

Texnikada billurlar va plyonkalar olish jarayoni, belgilangan xossali materiallarni yaratish texnologik jarayonlari va h.k.lar hisob-kitob qilinadi.

Hisoblash eksperimentini qo‘llash eng muhim sohasi fizikadir. Masalan, mikrodunyodagi chiziqsiz jarayonlarni o‘rganishda bu qo‘l keladi.

Yuqorida keltirilgan va hisoblash eksperimentini qo‘llashning boshqa misollari amaliy muammolarga nazariy tahlil qilish asosida yangi zamonaviy metodologiyasining samaraliligidan dalolat beradi.

Shunday qilib, hisoblash eksperimenti murakkab amaliy masalalarni hal qilishda fan va texnikaning turli sohalarida keng qo'llanadi. Hisoblash eksperimentini asosi bo'lib matematik modellashtirish, nazariy asosi bo'lib amaliy matematika, texnikaviy asosi bo'lib EHM hisoblanadi. hal qilinadigan masalalarning turli-tumanligidan qat'iy nazar hisoblash eksperimenti uchun umumiy texnologik turkum xosdir. U o'z ichiga besh bosqichni oladi: matematik model tuzish; hisoblash algoritmini ishlab chiqish, programma-lashtirish, EHMda hisoblash; hisob-kitoblar natijasini ishlab chiqish, tahlil va xulosalar.