AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİNİN NƏZDİNDƏ

SUMQAYIT DÖVLƏT TEXNİKİ KOLLECİ

Riyazi modelləşdirmə

fənnində mühazirələr

Orta ixtisas Təhsil müəssələrində

fənnin tədrisi üçün nəzərdə tutulub

SUMQAYIT-2020

Mövzuların adları

1. Giriş. Fənnin öyrənilməsində məqsəd
2. Model anlayışı və onun növləri
3. Modelləşdirmə haqqında məlumat və onun mahiyyəti
4. Modelləşdirmənin formaları
5. Fiziki və riyazi modelləşdirmə
6. Modelləşdirilən sistemin funksiyaları və imkanları
7. Sistem anlayışı haqqında ümumi məlumat. Sistemli yanaşma
8. Sistemli analiz və onun mərhələləri
9. Riyazi modelləşdirmə
10. Riyazi məsələlərin həll metodları
11. Riyazi modellərin qurulma prinsipləri
12. Modelləşdirilən sistemin həyat dövrü
13. Texnoloji proseslərin identifikasiyası haqqında məlumat. Texnoloji sistem və onun xarici əlaqələri
14. İlkin məlumatların toplanması və riyazi modellərin qurulması. Riyazi modelin qurulmasının əsas istiqamətləri
15. Korrelyasiya və reqressiya analiz metodları
16. İki və üç dəyişən arasındakı xətti korrelyasiya
17. Modelləşdirmə üsulu. İqtisadiyyatda riyazi modelləşdirmə
18. Modelləşdirmə prosesində kompüterin rolu
19. İqtisadi – riyazi modelləşdirmə prosesi
20. İqtisadi – riyazi modellərin təsnifatı
21. İqtisadi – riyazi üsulların təsnifatı və tətbiq sahələri
22. Riyazi modelin işlənməsi, modelin riyazi təhlili
23. Verilənlərin strukturunun və alqoritmin işlənməsi
24. Məhsullar, freymlər və relyasyon modellər
25. Modellər üzərində əməllər
26. Kompüterdə riyazi modelləşmə və hesablama eksperimenti
27. Riyazi modelləşdirmə üsulları
28. Modelləşdirilən sistemin tətbiqləri

29. Kimya-texnologiya proseslərinin riyazi modellərinin qurulma sxemi

30. İqtisadi məsələlərin kompüterdə həlli texnologiyası

31. Kompüterdə iqtisadi məsələnin həlli və onların tətbiqi

1.GİRİŞ Fənn haqqında məlumat

Məlumdur ki, fiziki, kimyəvi, bioloji, hidrodinamiki, aqrar, iqtisadi və s. obyektlərin idarəetmə sistemlərinin yaradılmasında, onların istismar edilməsində, proseslərin gedişi tendensiyasının proqnozlaşdırılmasında geniş tətbiq sahəsinə malik olan riyazi modelləşdirmə ən vacib mərhələlərdən biri sayılır.

Elmi ədəbiyyatlarda riyazi modelləşdirmə iki istiqamət üzrə aparılır. Birinci istiqamət üzrə riyazi modelləşdirmə prosesdə iştirak edən maddələrin fiziki-kimyəvi xassələrini eyni zamanda uyğun aparatların həndəsi ölçülərini nəzərə alaraq yerinə yetirilir. Bu üsul ilə alınmış riyazi modellərin strukturu xeyli dərəcədə mürəkkəb və onların emal olunması xeyli maşın vaxtının sərf olunmasına gətirib çıxardığından bu kateqoriyadan olan riyazi asılılıq əksər hallarda prosesin real zaman miqyasında idarə olunmasını təmin etmirlər.

İkinci istiqamət üzrə tərtib edilən riyazi modellərin alınması isə təcrübi üsullar vasitəsilə toplanmış statistik məlumatın müəyyən alqoritm üzrə emal edilməsinə əsaslanır. Bu istiqamət üzrə alınan riyazi modellərin strukturları xeyli dərəcədə sadə, onların emal olunması az vaxt apardığından bu kateqoriyadan olan riyazi modellərdən proseslərin idarəedilməsində daha geniş istifadə edilir.

Statistik məlumatın toplanmasında passiv və aktiv təcrübə üsullarından istifadə edilir. Hər iki təcrübə üsulu qərarlaşmış rejimlərdə giriş və çıxış parametrlərinin qiymətlərinin lazımi vaxtlarda qeyd edilməsilə təcrübi materialın toplanmasını təmin edir.

Passiv təcrübə üsulundan tədqiqatçı passiv müşahidəçi kimi prosesin idarəedilməsinə müdaxilə etmədən məlumatı toplayırsa, aktiv təcrübə üsulunda tədqiqatçı əvvəlcədan tərtib olunmuş olan plan üzrə prosesi xarakterizə edən giriş parametrlərinin qiymətlərini müəyyən diapazonda dəyişmək hüququna malik olur.

Hər iki üsul ilə toplanmış statistik material riyazi statistikanın qanunauyğunluqlarından istifadə etməklə emal olunur. Bu məqsədlə baxılan işdə reqressiya və korrelyasiya analizi üsulları, eyni zamanda Çebışev polinomunun tətbiq olunma alqoritmləri ətraflı şərh olunmuşdur.

Dərs vəsaiti giriş, beş fəsil və əlavədən ibarətdir.

I fəsildə fiziki və riyazi modelləşdirmə haqqında, idarəetmə obyektinin strukturu, eyni zamanda obyektin riyazi modellərinin qurulma sxemləri haqqında məlumat verilmişdir.

II fəsildə ehtimal nəzəriyyəsinin bəzi anlayışları, təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığı və paylanma funksiyası, təsadüfi kəmiyyətin ədədi xarakteristikaları ilə yanaşı normal paylanma qanunu haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Fəsildə eyni

zamanda təsadüfü kəmiyyətin intervalı və etibarlılıq ehtimalının məsələsinə də baxılmışdır

III fəsil passiv və aktiv təcrübə üsulları ilə toplanmış statistik məlumatın emal olunaraq riyazi modellərin alınması məsələsinə həsr olunmuşdur. Burada reqressiya və korrelyasiya analizi üsulları ətraflı şərh olunmuş və bu üsulların köməyilə konkret olaraq riyazi modelin alınma mexanizmi öz əksini tapmışdır. Kitabda eyni zamanda müxtəlif planlaşdırma üsullarına baxılmış və həmin üsullar məsələ həll edilməsilə zənginləşdirilmişdir.

IV fəsildə Çebışev qaydası ilə riyazi modellərin alınmasının üstün cəhətləri və bu üsul ilə idarəetmə obyektlərinin identifikasiya olunması verilmişdir.

Fəsildə eyni zamanda bu qaydanın tətbiq olunması ilə müxtəlif tərtibli asılılıqların alınması məsələlərinə də baxılmışdır.

V fəsildə kimyəvi reaktorların identifikasiya məsələsinə baxılmış və kimyəvi kinetikanın elementləri haqqında məlumat verilmişdir.

Burada eyni zamanda kimyəvi reaktorlarda gedən sadə, mürəkkəb, dönən, dönməyən, ardıcıl və paralel şəkildə gedən kimyəvi reaksiyalara uyğun olaraq onların kinetika tənlikləri verilmiş və bunlara uyğun həll alqoritmləri göstərilmişdir.

Kitabın əlavələr bölməsində bəzi üsullar konkret olaraq riyazi modellərin alınmasında istifadə olunan cədvəllər və alınmış

nəticələr verilmişdir.

Dərs vəsaitində verilmiş metodlarla tələbələr məşğul olarkən məsələlərdə tətbiq olunan riyazi üsullar haqqında müəyyən məlumatları olmalıdır.

Dərs vəsaiti istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, hesablaşma texnikası ixtisaslarına yiyələnən ali məktəb tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Kitabdan eyni zamanda müxtəlif ixtisaslar üzrə olan mühəndislər, elmi işçilər, magistrlər, aspirantlar da istifadə edə bilərlər.

2. Model anlayışı və onun növləri

İnformasiya modelləşdirməsində məqsəd tədqiq olunan obyektin, prossesin, hadisənin informasiya şəklindəəks etdirilməsindən ibarətdir. İnformasiya modeli obyektin, prossesin, hadisənin informasiya baxımından təsviri deməkdir. İnformasiya modelinin qurulma prosesi tədqiq olunan obyektin təyinindən başlayaraq, onun təsviri üçün formal konstruksiyaların seçilməsinə qədər bir neçə mərhələləri əhatə edir. Aşağdakı cədvələ baxaq:

İnterpeta Formallşma	Tədqiq olunan pbyektin təyini	İnterpretasiya
	Şəxsi təsvirlər	
	Formalaşmış təsvirlər	
	Fikirlərin sözlə ifadə olunması	
	Fikirlərin yazı ilə ifadə olunması	
	Formal konstruksiyalar	
	Elmi mətn	

Bu prosesə "formalaşma" deyilir. İnterpretasiya adlanan əks proses isəçox vaxt dünyanın dərk edilməsində vəöyrənilməsində

istifadə edilir. İnformasiya modelinin əsasında aşağdakı müddəalar durur:

1. Hər bir obyekt elementlərdən ibarətdir
2. Elementlər öz aralarında əlaqələrlə bağlıdır
3. Elementlər xassələrlə malikdirlər

İnformasiya modellərini əlamətlərinə görə aşağdakı növlərə ayırmaq olar:

1. Təsvir üsulu
2. Qurulma məqsədi
3. Yaddaş mühiti (kompüter) ilə bağlılığı
4. Modelləşdirilən obyektin təbiəti

Təsvir üsuluna görə informasiya modellərini iki sinifə bölürlər:

1. Formal dillərlə təsvir olunan modellər
2. Qrafik üsullarla təsvir olunan modellər

Formal dillərlə təsvir olunan modellərə aşağdakıları aid etmək olar:

1. Riyazi dil vasitəsilə təsvir olunan modellər
2. Cədvəl vasitəsilə təsvir olunan modellər
3. Formal dil (deklarativ və ya prosedur) vasitəsilə təsvir olunan modellər
4. Məhdudlaşdırılmış təbii dil vasitəsilə təsvir olunan modellər

Qrafik üsullarla təsvir olunan modellərə isə aşağdakıları aid etmək olar.

1. Sxem üsulu ilə təsvir edilən modellər
2. Diaqramlarla təsvir edilən modellər
3. Qrafikllərlə təsvir edilən modellər
4. Sxem, diaqram və qrafiklərdən birgə istifadə etməklə təsvir edilən modellər

Qurulma məqsədinə görə informasiya modellərini üç sinifə ayırırlar;

1. Təsnifat-yönlü modellər
2. Statik modellər
3. Dinamik modellər

Təsnifat-yönlü modellər - təsnifat məqsədilə qurulurlar. Bu tip modellərə misal olaraq ağacvari modelləri, genoloji modelləri, Darvinə görə təbiətin inkişaf modelini, internet şəbəkəsində kataloqlar ağacını və s. göstərmək olar.

Statik modellər - informasiya modellərinin böyük bir hissəsini təşkil edirlər. Buraya müəyyən vaxt intervalıərzində obyektin vəziyyətini xarakterizə edən verilənlərlə qurulan modelləri aid etmək olar.

Dinamik modellər - vaxt ölçüsünü nəzərə alırlar və adətən differensial tənliklərin həlli əsasında idarəetmə və proqramlaşdırma məsələlərinin həlli məqsədilə qurulurlar.

Yaddaş mühiti ilə (kompüterlə) bağlılığına görə informasiya modellərini iki sinifə bölürlər:

1. İnoloji (konseptual)
2. Dataloji modellər

İnoloji (informasiya - məntiqi) model yaddaş mühitinin təbiətindən və parametrlərindən asılı olmur. Yaddaş mühiti kimi elektron (kompüter) və ya qeyri-elektron tipli daşıyıcılardan istifadə oluna bilər. Burada informasiya modeli modelləşdirilən obyektin atributlarını yalnız təbii dormada, yəni real aləm baxınından nəzərə alır. Başqa sözlə, inoloki model obyektin kompüterdən kənar informasiya modelini əks etdirir.

Dataloji model inoloji modelin kompüter-yönlü təsvirini əks etdirir. Əksər halda dataloji modeldə verilənlər bazasının reallaşdırılmasıüçün tətbiq edilən sistemin (tətbiqi proqram paketinin) xüsusiyyətləri də nəzərə alınır. Dataloji modellərə misal olaraq verilənlərin şəbəkə və relasiya modellərini göstərmək olar.

Modelləşdirilən obyektin təbiətinə görə informasiya modellərini 2 sinifə bölürlər:

1. Determinləşdirilmiş
2. Ehtimallı

Determinləşdirilmiş modellərdə obyektin dəyişiləməsi və inkifaı müəyyən qanunlarla baş verir, həmin qanunlar məlum olur.

Ehtimallı modellərdə obyektin dəyişilməsi və ya inkişafı qanunauyğunluqlarla deyil, müəyyən ehtimalla baş verir. Məsələn, statik qeyri-müəyyənliyin və qeyri-səlis informasiyanın emalı ilə xarakterizə olunan obyektlər üçün qurulan modellər. İnformasiya modellərinə misal olaraq şəxsiyyət vəsiqəsini, işçinin çəxsi işini, qatarların, təyyarələrin, avtobusalrın nhərəkət qrafiklərini (cədvəllərini), dərs cədvələrini və s. göstərmək olar.

3. Modelləşmə haqqında məlumat və onun mahiyyəti

Modelləşdirmə dedikdə modellərin qurulması, öyrənilməsi və tətbiqləri prosesi başa düşülür. Modelləşdirmənin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, o obyekt-əvəzləyicisinin köməyi ilə vasitəli idarak üsuludur. Model özünəməxsus bir idrakvasitəsidir, tədqiqatçı onu maraqlandıran obyekti məhz onun köməyi ilaöyrənir. modelləşdirmə prosesi üç elementi özündə birləşdirir→orjinal (tədqiqat obyekt) - qnoseoloji subyekt (tədqiqat) model (öyrənilənəöyrən arasında vasitə).

Tutaq ki, müəyyən O obyektini təqdid etmək lazımdır. Biz real M obyektini (O obyektinin modelini) yaradırıq.

Modelin qurulması mərhələsi (1) obyekt orjinala dair müəyyən biliklərin olmasını nəzərdə tutur. Model obyektin ən mühüm cəhətlərini əks etdirir və onun orjinala nə dərəcədə uyğun olmağı məsələsi konkret təhlil tələb rdir. Modelləşdirilən obyektinin bir cəhətinin dərindən öyrənilməsi, digər tərəflərin tədqiqindən imtina etmək hesabına başa gəlir. Odur ki, istənilən model orjinalı yalnız ciddi məhdud mənada əvəz edir. Eyni bir obyekt üçün bir neçə "ixtisaslaşmış" modellər qurmaq olar ki, onlar obyektin ayrı-ayrı cəhətlərinəüstünlük versinlər yaxud obyekti müxtəlif dəqiqli dərəcəsi ilə xarakterizə etsinlər.

Modelləşdirmənin sonrakı mərhələsindəmodel müstəqil tədqiqat obyektinəçevrilir. Bu zaman modeldə eksperimentlər (sınaqlar) aparılır, modeli təyin edən əsas parametrlər dəyişdirilir və modelin müvafiq vəziyyətlərinə dair biliklər sistemləşdirilir. bu mərhələnin yekunu model haqqında bitkin biliklər yığımı (Mb) olur.

Daha sonra (3) biliklərin modeldən orjinal üzərinə köçürülməsi həyata keçirilir, yeni biliklər sistemi (OB) formalaşdırılır. Nəhayət son mərhələdə (4) modelin köməyi ilə alınan biliklər praktikada yoxlanılır, obyektin ümumiləşmiş nəzəriyyəsini qurmaq vəobyekti idarə etmək üçün istifadə edilir. Yekunda yenə də real obyekt problematikasına qeyd eilir.

§ 4. Modelləşdirmənin formaları

Modelləşdirmə üsullarını şərti olaraq iki böyük qrupda birləşdirmək olar. Maddi vəideal modelləşdirmə. Maddi modellər təbii

və ya süni mənşəli hər hansı maddi obyektlədə təzahür olunur. İdeal modellər isə insan təfəkkürünün məhsuludur, belə modellərləəməliyyatlar insanın şüurunda həyata keçirilir.

Maddi modelləşdirməüsullarında tədqiqatlar öyrənilən obyektin əsas həndəsi, fiziki, dinamik və funksianal xarakteristikalarınıəks etdirən model əsasında aparılır. Maddi modelləşdirməüsulları 2 əsas qrupa ayrılır.

1. Fiziki modelləşdirmə
2. Analoq modelləşdirmə

Fiziki modelləşdirmədəreal obyekt onun böyüdülmüş və ya kiçildilmiş surəti ilməəvəz olunur, və tədqiqatda onun üzərində aparılır. Öyrənilən proses və hadisələrin xassələri sonradan oxşarlıq nəzəriyyəsi əsasında modeldən obyektə köçürülür. Fiziki modellər texniki elmlərdə geniş yayılmışdır. (Astronomiyada, hidrotexnikada, arxitekturada, təyyarəqayırmada) Fiziki model adətən bir və ya bir neçə obyektə aid olur, ona görə də universl xarakter daşıyır.

Fiziki modellərin universal olmaması vəçox baha başa gəlməsi onların həyatda geniş tətbiq edilməsinə imkan vermir.

Analoq modelləşdirmə fiziki təbiətləri müxtəlif olan, lakin formal cəhətdən eyni cür ifadə olunan proseslər və hadisələrin analogiyasına əsaslanır. Ən sadə misal → mexaniki rəqslərin eyni diferensial tənliklərlə təsvir edilən elektirk sxemlərin köməyi ilməöyrənilməsidir. Belə modelləşdirmədə müxtəlif hadisələrə aid olan tənliklərin oxşarlığıəsas təşkil edir. Əgər müxtəlif təbiətli 2 obyektin riyazi oxşarlığı faktı müəyyən olunmuşdursa onda bir obyektin uyğun fiziki xüsusiyyətlərindən digər obyektin tədqiqatıüçün istifadə edilə bilər.

Elmi idrakda ideal modelləşdirmənin əsas iki tipini fərqləndirirlər. İntuitivmodelləşdirmə vəişarə modelləçdirməsi .

İntuitiv modelləşdirmədedikdə obyekt haqqında formalizə edilə bilməyən və ya ehtiyacı olmayan intuitiv təsəvvürlərəəsaslanan modelləşdirmə başa düşülür. Məs → hər bir insanın həyat təcrübəsi ətraf aləmin intuitiv modeli (həmin şəxsə məxsus) sayıla bilər.

İşarə modelləşdirməmüəyyən növ işarələrdən (sxemlər, qrafuklər, çertyojlar, düsturlar, simvollar yığımı və s.) və işarəçevrilmələrindən model kimi istifadə edilməsinəəsaslanır.

§ 5. Fiziki və riyazi modelləşdirmə

Ümumiyyətlə elm və texnikada müxtəlif prosesləri tədqiq etmək üçün modelləşdirmədən istifadə edilir. Hər hansı bir prosesin və obyektin surətinin qurulmasına "modelləşdirmə" deyilir. İki cür modelləşdirmədən istifadə edilir. Fiziki və riyazi modelləşdirmə. Fiziki modelləşdirmə verilən orjinalın ölçücə kiçik modeli qurulur və onun üzərində tədqiqat işləri aparılır. Bundan sonra layihə verilir və o yerinə yetirilir. Demək fiziki modeldən istifadə etdikdə onu tədqiq etmək üçün az vaxt sərf olunur və onun tədqiqatına çəkilən xərclər də azalır.

Fiziki modelləşdirmənin çatışmayan cəhətləri də vardır.

1. Hər dəfə eyni prosesi tədqiq etdikdə, yeni model qurulması lazım gəlir.
2. Modelləşdirilən obyektin parametrlərinin dəyişməsi modelə düzəliş verilməsini və yaxud əvəz edilməsini çətinləşdirir.
3. Mürəkkəb obyektlərin baha başa gəlməsi.
4. Bəzi hallarda bu üsuk müəyyən hədd daxilində mümkün olur və bəzi hallarda isə təyin etmək mümkün olmur.

Fiziki modellərdən fərqli olaraq riyazi modellər kompüterlərin köməyi ilə obyektləri daha ətraflıöyrənməyə imkan verir.

Riyazi modelləşdirmə orjinalın diferensial tənliyi ilə modelin diferensial tənliyi aşkar olmalıdır. Deməli riyazi model orjinal və modelin diferensial tənliklərinin aşkarlığına əsaslanır. Riyazi modelləşdirmədə orjinalın fiziki mahiyyəti ilə modelin fiziki mahiyyəti bir-birindən fərqlənə bilər.

Kimya-texnoloji obyektlərin riyazi modellərinin tərtib olunması mərhələlər üzrə yerinə yetirilir.

1. Riyazi modellərin tərtib edilməsi
2. Tədqiq olunan prosesin riyazi modelinin adekvantlığının yoxlanılması
3. Riyazi modellərin həlli, yəni riyazi modellərin həyata keçirilməsi.

Riyazi modellərin tərtib olunmasının birinci mərhələsi prosesin parametrləri arasındakıəlaqənin təyin olunması sonra isə sərhəd və başlanğıc şərtlərinin təyin edilməsidir. Riyazi ifadələr isə energetik və matrial balanslarıəsasında tərtib olunur. Riyazi modelləri alandan sonra onun adekvantlığını yoxlamaq lazımdır. Tədqiq olunan riyazi

model real prosesi təxmini təsvir etməlidir. Əgər riyazi model prosesi təsvir etmirsə, onda alınan riyazi model lorreksiya olunmalıdır. Bu məqsəd üçün alınan nəticələr obyektin özündə yoxlanılmalıdır.

§ 6. İqtisadi - riyazi modelləşmə prosesi və təsnifatı

İqtisadi proseslərin və ya obyektlərin riyazi modellərini qısaca iqtisadi - riyazi modellər adlandırılar. Bu modellər iqtisadi proseslərin qanunauyğunluqlarını riyazi münasibətlərin köməyi ilə abstrak şəkildə ifadə edir. Onların təsnifatında müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Təsnifatın məqsədinə görə iqtisadi - riyazi modellər iki tipə bölünür.

1. Nəzəri Analtik; 2. Tətbiqi modellər.

nəzəri analtik modellər iqtisadi proseslərin ümumi xasələrinin və qanunauyğunluqlarının tədqiqində tətbiqi modellər konkret iqtisadi məsələlərin həllində istifadə edilir.

İqtisadi - riyazi də də struktur və funksianal modellərə ayrılır. İqtisadiyyatda tez-tez struktur və struktur-funksianal modellər tətbiq olunur. Struktur modellərin tipik nümunəsi sahələrarasıəlaqələr modelidir. Funksianal modellər iqtisadi tənzimləmələrdə tətbiq edilir. İqtisadi tədqiqatlara prinsipcə müxtəlif yanaşma tərzinə görə deskriptiv və normativ modelləri fərqləndirirlər. Deskriptiv modellər müşahidə olunan hadisələri yalnız izah edir və ya passiv praqnoz verir, obyekt necədir? nədən ibarətdir və ya nə cür inkişaf edir? suallarını cavablandırır.

Normativ modellər məqsədyönlü fəaliyyəti əsas tutur, obyekt necə olmalıdır, necə qurulmalıdır? və ya necə fəaliyyət göstərilməlidir suallarını cavablandırır. Normativ modellərə optimal planlaşdırma modelləri nümunə ola bilər. Bəzi istehsal funksiyaları və istehsalçının tələb funksiyaları deskriptiv modellərdir. İqtisadi-riyazi modellər deskriptiv yaxud normativ olması təkcə onun riyazi strukturundan deyil, bu modelin istifadə olunma xarakterindən də aslıdır.

Zaman amilinə görə iqtisadi-riyazi modellər statik və dinamik modellərə bölünür. Statik modellər iqtisadi sistemin müəyyən andakı halınıəks etdirir, dinamik modellər isə sistemin zamana görə inkişafını, hərəkətini öyrənir.

Riyazi asılılıqların forması baxımından iqtisadi-riyazi modellər daha müxtəlifdir. Xətti, qeyri-xətti, qabarıq və s.

Modeldə iştirak edən ekzogen və endogen dəyişənlərin nisbətinə görə açıq və qapalı modellər var. İqtisadi-riyazi modellərin təsnifatını yenə davam etdirmək olar; kəsilməz və diskret dəyişənli modellər, qarışıq dəyişənli modellər, mikro və makromodellərn, növbəti və fəza modelləri və s.. Beləliklə, iqtisadi-riyazi modellərin ona yaxud əlamətə görə təsnifatını verdik. İqtisadi-riyazi tədqiqatlar intensivləşdikcə təsnifat ptoblemi dəçətinləşir.

§ 7. Modelləşdirilən sistemin funksiyaları və imkanları

Obyekt-yönlü modelləşdirilən sistemin əsas funksiyaları aşağdakılardan ibarətdir;

1. Diskret komponentlərin formal yazılışıüçün vasitələrin təqdimi.
2. Modelin struktur qrafik şəklində təsviri ilə onun obyektlərinin ümumi informasiya sahəsi ilə uzlaşdırılması.
3. Hadisələrin kordinasiyasının həyata keçirilməsi.
4. Tranzaktların keçəcəyi yolun təyini.
5. Qovşaqların vəziyyətlərinin dəyişdirilməsi və idarəetmənin modelin kəsilməz komponentlərinəötürülməsi.

Modelləşdirilən sistem altı anlayışa əsaslanır;

1. Modelin qrafı→bütün proseslər çoxsəviyyəli iyerarxik istiqamətlənmiş qrafışəklində birləşdirilərək təsvir edilir.
2. Tranzakt→ hər hansı xidmətə formal sorğudur. Adi sorğudan fərqli olaraq, tranzakt xüsusi dəyişən xassə və parametrlər yığımına malikdir. Tranzaktların qraf üzrə hərəkət yolu modelin komponentlərin fəaliyyət məntiqi ilə təyin edilir.

Tranzakt aşağdakıları yerinə yetirə bilər;

1. Digər tranzaktlar qrupunu yaratmağı
2. Konkret tranzaktlar qrupunu ləğv etməyi
3. Resursları zəbt tmək və onlardan müəyyən vaxt ərzindəistifadə edib sonra isə azad etməyi
4. Xidmət vaxtlarını təyin etməyi, gedilən yol haqqında informasiya toplamağı, özünün və digər tranzaktların sonrakı yoluna dair informasiyaya malik olmağı

Tranzaktların əsas parametrləri aşağdakılardır;

1. Tranzaktın unikal identifikaroru.

2. Tranzaktın daxil olduğu qrupun identifikatoru.

3. Tranzaktın nə vaxtsa istifadə edə biləcəyi müxtəlif resurslar yığımı.

4. Tranzaktın həyat dövrü.

5. Tranzaktın üstünlük dərəcəsi.

6. Tranzaktın hər hansı xidmətedici qurğudan xidmət parametrləri.

Tranzaktlara misallar: telekommunikasiya paketi, alıcı məhsula sorğu, avtomobil, emal olunan detal, işçi və s.

3. Model qrafının qovşaqları→ model qrafının qovşaqları dedikdə tranzaktların xidmət mərkəzi başa düşülür. Qovşaqlarda tranzaktlar geciksə xidmət edilə, yeni tranzaktlar qrupunu əmələ gətirə, digər tranzaktları ləğv edə bilər. Tranzakt həmişə model qrafının bir qovşağına və bundan asılı olmayaraq, kordinatları dəyişə bilən müəyyən fəzaya və ya müstəviyə aid ola bilər.

4. Hadisə→ hər tranzaktlar qovşağına giriş faktıdır. Modeli işləyənlər hadisəni praktiki olaraq əllə idarə edə bilməzlər.
Hər hansı hadisələr zəncirindən keçən tranzakta baxaq.
O, hadisədən hadisəyə yer dəyişərək, hadisələrləəlaqədar olan təsvirlərin həyata keçirilməsini təmin edir. Aşkardır ki, bütün modelləşdirmə boyu hərəkət də olan belə aktiv tranzakt yeganədir. Bu zaman model vaxtının qiyməti tranzakt aktiv olana qədər dəyişməz qalır. Tranzaktın aktivliyi onun gələcək hadisələr siyahısında yerləşməsi ilə sona çatır və o da digərləri kimi öz növbəsini gözləyir. Ümumiyyətlə, istənilən hadisə baş verdikdən sonra tranzakt öz aktivliliyini itirir.

5. Resurs→ onun təbiətindən asılı olmadan modelləşdirməprosesində 3 ümumi parametrlə xarakterizə oluna bibilər, güc, qalıq və defisit (kəsir). Güc - resus vahidinin maksimum qiymətinə uyğun ədəddir. Qalıq - resursun verilən zamanda məşğul olmayan vahididir. Defisit - verilən resursa növbə gözləyən tranzaktların cəmi sorğular üzrə resursun miqdarıdır.

Fəza → coğrafi dekart müstəvisidir. Qovşaqlar, tranzaktlar, resurslar fəzanın nöqtələrinə birləşdirilə və orada qərarlaşa bilər.

Modelin daxili icrası proseslərin təqdimi üçün öbyektyönlüüsuldan istifadə edir. Tranzakt, qovşaq, hadisə və resurslar imitasiya modelinin əsas obyektləridir.

Modellərin qurulması zamanı iki əsas funksiya yerinə yetirilməlidir;

1. Sistemin vəziyyətinin zaman koordinatının təsviri.
2. Sistemdə müxtəlif hadisələrin uzlaşmasının təmini.

Beləliklə, modelin fəaliyyəti real zamanda deyil, süni vaxtda həyata keçirilməlidir. Bu isə tələb olunan məntiqləhadisələrin baş vermələrini və onlar arası zaman intervalını tənzimləməlidir.

8. Sistem anlayışı haqqında ümumı məlumat. Sistemli yanaşma.

Sistem analizinin metodlarının formalaşdırılmasından öncə, bu problemə uyğun *"sistem"* anlayışını şərh edək. Platon'a görə (b.e.əv.427-347) "sistem odur ki, təbiətdə sistem kimi nəzərə çarpır,-ayrılır". "İngilis dilinin Oksford lüğəti"ndə "sistem"-"Əlaqəli və ya tam təbii və ya süni qruplar, çoxluqlar və ya predmetlər küllüsü" kimi izah edilir. Müasir interpretasiyada isə, sistem-vahid tamlıq təşkil edən obyekt və onlar arasındakı münasibətlərin toplusudur.

Sistemin vacib xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

- Sistem-onun elementləri adlanan tərkib hissələrindən ibarətdir; hər bir element özünün xüsusi varlığına (davranışına) malikdir və sistemin davranışı elementlərin davranışlarının adicə cəmindən ibarət deyil;
- Sistem qarşılıqlı əlaqəli elementlərdən ibarət kompleks olmaqla, tam təşkilə malikdir;
- İstənilən sistem daha yüksək saviyyəli sistemin elementidir;
- Sistemin istənilən elementi ondan aşağı səviyyədə yerləşən elementlərdən ibarət olan sistemdir;
- Sistem ətraf mühitlə kəsilməz qarşılıqlı təsiri həyata keçirir.

Beləliklə, abstrakt olaraq S sistemi dedikdə X və Y abstrakt çoxluqları arasındakı münasibət başa düşülür:

$$S \subseteq X \times Y$$

Sistemlərin təsnifatı zamanı aşağıdakı formal əlamətlər nəzərə alınır:

1) qarşılıqlı əlaqədə olan elementlərin sayı;
2) fəaliyyətin formal riyazi modelinin olmaması;
3) yazılış üsulu.

Sistemə daxil olan elementlərin sayına görə onları 3 sinfə bölürlər: *kiçik sistemlər* (10-10^3 elementli), *mürəkkəb sistemlər* (10^4-10^{30} elementli); *super sistemlər* (10^{30}-10^{200} elementli).

İnğilis kibernetiki S.Bir yazılış üsullarına görə kibernetik sistemləri sadə və mürəkkəb kimi determinik və nəzəri-ehtimali siniflərə bölür.

Hər bir idarəetmə sistemi, əsasən, 3 məsələni həll edir: idarəedilən obyekt haqqında informasiyanın yığılması və ötürülməsi; informasiyanın emalı; idarəedici qərarların idarəetmə obyektinə verilməsi(ötürülməsi).

Ümumi sistem anlayışına tərif verək.

Tərif 11.1. Sistem öncə elementlər yığımıdır, həmin elementlərə isə öz növbəsində müəyyən şərtlər daxilində ayrıca sistemlər kimi baxmaq olar və araşdırılan sistemə də daha geniş sistemin bir elementi kimi baxmaq olar.

Əgər S sistemi funksiyadırsa($Y=S(X)$), yəni $S:X\rightarrow Y$, onda sistem *fuksional* adlanır.

Sistemə fenomenoloji(F) səviyyədə müxtəlif tərifler(T) vermək olar.

FT 11.1. Sistem hər hansı tamdır.

FT 11.2. Sistem təşkil olunmuş çoxluqdur.

FT 11.3. Sistem əşya, xassə və münasibətlər çoxluğudur.

FT 11.4. Sistem struktur təşkil edən və ətraf mühiti nəzərə almaqla müəyyən fəaliyyəti təmin edən elementlər çoxluğudur.

FT 11.5. Sistem giriş, çıxış, keçidlər funksiyası ilə xarakterizə olunan vəziyyətlər çoxluğudur.

Sistemin fəaliyyətinin yazılışı üçün onun vəziyyətini, özünüaparması(davranışını), dayanıqlıq şərtlərini, inkişaf problemini və məqsədini nəzərə almaq zəruridir.

Sistemli yanaşma zamanı mürəkkəb sistemlərin öyrənilməsi və təkmilləşdirilməsi məqsədi ilə ancaq elə metodlardan istifadə olunur ki, onlar: baxılan sistemin fəaliyyətini təyin edən böyük sayda faktorlar arasında sıx qarşılıqlı əlaqələrin mövcudluğunu rədd etmir; sistemin fəaliyyətindəki hər hansı kiçik və ya böyük qeyri-müəyyənlik (sistemin bütövlükdə özündəki və ya onun ayrı-ayrı hissələrindəki) təsadüfi faktorların və sistemdə iştirak edən insanların təsirinin nəticəsi kimi nəzərə alınır; sistem və onu əhatə edən mühitin qarşılıqlı təsirləri nəzərə alınır; sistemin xassələrinin və ətraf mühitin zamana görə dəyişməsi nəzərə alınır.

Müasir sistem və idarəetmə işlərinin təşkilinin vacib xüsusiyyəti təkcə sistemi təşkil edən altsistemlərin (elementlərin) çox sayda olması deyil, həmçinin, elementlərin özlərinin və onlar arasındakı əlaqələrin müxtəlifliyidir. *Mürəkkəb (böyük) sistem* anlayışı kibernetikaya xas olan idarəetmə məsələlərinin qoyuluşu və həllinə sistemli yanaşma ifadəsi kimi meydana gəldi və ona əsaslanır ki, istənilən sistemə hər hansı mürəkkəb böyük sistemin hissəsi kimi qarşılıqlı əlaqədə baxmaq lazımdır.

Mürəkkəb sistem nəzəriyyəsi aşağıdakı problemlərin işlənməsi istiqamətində inkişaf etdirilir:

- anlayışları formalaşdıran dil problemləri;
- modellər problemi;
- dekompozisiya problemi;
- bir neçə göstəricinin ümumi bir göstərici ilə əvəz edilməsi problemi;

- strategiya problemi; yəni, sistemin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üsulunun və mühitinin seçilməsi, idarəedici təsirlər proqramının işlənməsi.

Hal-hazırda böyük(mürəkkəb) sistemlərin analizi və sintezində klassik(induktiv) yanaşmadan fərqlənən sistemli yanaşma geniş inkişaf etməkdədir. *İnduktiv yanaşma* sistemi xüsusidən ümumiyə keçmə yolu ilə araşdırır və onu hər biri ayrı-ayrılıqda istənilən sayda komponentə malik altsistemlərə bölməklə sintez edərək quraşdırır.

Sistemli yanaşmanın əsasında, ətraf mühitdən seçilərək tədqiq olunan sistemin məqsədi qalmaqla, ümumidən xüsusiyə ardıcıl keçidlər durur. Belə yanaşma üçün sistemin strukturunun təyini vacibdir.

Sistemin strukturu dedikdə onun elementlərinin qarşılıqlı təsirlərini əks etdirən əlaqələr çoxluğu başa düşülür.

Sistemli yanaşma məsələsi - sistemin səmərəli işinin təmin edilməsindən ibarətdir. Sistemin strukturunun onun xassələri ilə tədqiqi üçün 2 cür yanaşma var: struktur və funksional. *Struktur yanaşma* zamanı sistemin elementlərinin tərkibi və onlar arasındakı əlaqələr aşkar edilməlidir. *Funksional yanaşma*da sistemin məqsədə çatmaq üçün davranış(özünü aparma) alqoritmlərinə baxılır.

Sistemli yanaşma aşağıdakıları nəzərdə tutur:

- idarəetmə ilə, xüsusi halda, qərar qəbulu ilə əlaqədar fəaliyyətin başlanmasına qədər məqsədlərin formalaşdırılması və onların səviyyələrinin aydınlaşdırılması;
- qarşıya qoyulan məqsədlərə nail olmaq üçün maksimum effektin və müvafiq seçimin həyata keçirilməsi;
- məqsədlərin, metodların və onlara nail olma vasitələrinin bütün mümkün, planlaşdırılmış nəticələrinin geniş, hərtərəfli olaraq qiymətləndirilməsi.

Obyektlə əlaqədar hər hansı məsələnin həlli üçün həmin obyektin müəyyən təsir kateqoriyasına (fiziki, kimyəvi və ya sosial) aid edilməsi və müəyyən elmi aparatdan istifadə olunması lazım gəlir.

Tədqiq və idarəetmə məsələlərinin həllində mərkəzi anlayışlar - sistem ətrafında qruplaşan geniş ümumelmi *xassələr, münasibətlər, əlaqələr, məhdudiyyətlər, artım, təkamül, öyrənmə, məqsədəyönlülük, stabillik* və s. anlayışlar kompleksinin işlənməsi tələb olunur.

Mürəkkəb sistemlərin yaradılması və istifadə edilməsinin sadalanan fundamental problemləri ilə birlikdə bir sıra funksional və əməli tətbiq məsələlərin həlli də tələb olunur. *Funksional məsələlər*ə sistem vasitəsilə onun təyinatının yerinə yetirilməsini təmin edən və iş qabiliyyətini dəstəkləyən tədbirlər aiddir. *Əməli məsələlər* aşağıdakıların həllinə yönəldilir: planlaşdırma, əməliyyat kompleksləri, resursların idarə edilməsi və sistemin inkişaf etdirilməsi.

"Model" – modus - latın sözündəndir, hərfi tərcümədə mənası "surət", "obraz", "cizgiləmə" deməkdir.

Model – obyektin, prosesin və ya sistemin müəyyən şərtlərlə orijinal adlanan bir formadan digər formaya keçidi ilə öyrənilməsi və ya onun hər hansı xassələrinin canlandırılması üçün təsviridir. Model - bir strukturun digərinə inikasıdır. Fiziki sistemi(obyekti) riyazi sistemə inikas etdirməklə sistemin fiziki-riyazi və ya riyazi modeli alınır.

Tətbiq sahələrinə görə modelləri üç sinfə bölürlər: dərkolunan, praqmatik, instrumental.

Dərkolunan model - biliklərin təşkili və təqdimatı formasıdır, köhnə və yeni biliklərin birləşdirilməsi vasitəsidir.

Praqmatik model - praktiki əməllərin təşkili vasitəsidir, sistemin idarə edilməsi üçün onun məqsədlərinin işlək təqdimatıdır.

İnstrumental model - praqmatik və/və ya dərkolunan modellərin qurulması, tədqiqi və/və ya istifadəsi vasitəsidir.

Dərkolunan model-mövcud olanı, praqmatik isə - mövcud olmayanı, yəni, ancaq arzu olunanı, icra oluna bilən münasibəti və əlaqələri əks etdirir.

Modelləşdirmənin dərinliyinə, səviyyəsinə görə modellər *empirik* (empirik və faktiki əlaqələr əsasında), *nəzəri* (riyazi yazılıslar əsasında) və qarişiq, *yarımempirik* (təcrübi əlaqələrin və riyazi yazılışların əsasında) olurlar.

9. Sistemli analiz və onun mərhələləri

Obyektin, prosesin və ya sistemin xassələrinin tədqiqi və optimal idarə edilməsi üçün onların praktik tətbiqlərində sistemli analizin asağıdakı əsas mərhələlərini ayırmaq olar:

- məsələnin məzmunlu qoyuluşu;
- öyrənilən obyektin modelinin qurulması;
- qurulmuş modelin köməyilə məsələnin həllinin axtarışı;
- modelin köməyilə həllin yoxlanılması;
- həllin xarici şəraitə uyğunlaşdırılması;
- həllin həyata keçirilməsi.

Sistemli analiz məsələsinin qoyuluşunda hökmən 2 tərəfin iştirakı vacibdir: *sifarişçi* (qərar qəbul edən şəxs) və baxılan sistem layihəsinin *icraçısı.* Sifarişçi təkcə maliyələşdirmə ilə məşğul olmamalıdır. O, həmçinin, idarə etdiyi obyektin analizini apararaq, məqsədi formalaşdırmalı və mümkün təsir variantlarını razılaşdırmalıdır. Həmin mərhələdə sistemin fəaliyyətinin səmərəliliyinə də baxılır. Bu isə sistemin elementlərinin qarşılıqlı əlaqələrinin xarici mühitlə təmasda olması şərti ilə nəzərə alınmalıdır. Sifarişçi nə etmək lazım olduğunu, icraçı isə onu necə etməyi bilməlidir.

Aşkardır ki, sistemin yaradılması və tədqiqi riyazi modelləşdirmə ilə sıx əlaqədardır. Odur ki, sistemin modelinin qurulması mərhələsində adekvatlığa xüsusi fikir verilməlidir.

Tədqiq edilən sistemin modelini ən sadə şəkildə aşağıdakı asılılıqla təqdim etmək olar:

$$E = f(X,Y), \qquad (11.1)$$

burada E - sistemin məqsədə çatmaq baxımından səmə-rəliliyinin hər hansı kəmiyyət göstəricisi;

X - sistemin idarə olunan parametrləri, yaxud idarəedilən təsirləri;

Y - sistemin xaricdən təsir edən idarə olunmayan parametrləridir.

Əlbəttə, elə hallar var ki, idarəetmə strategiyası müəyyən olur, yəni xarici təsir rol oynamır. Xarici mühitin təsiri ilə razılaşmalı olduqda isə sistemi qeyri-müəyyənlik şəraitində idarə etmək zərurətində qalırıq.

Göründüyü kimi, sistemli analizin əsas mərhələsi öyrənilən obyektin modelinin qurulmasıdır. Odur ki, modelləşdirmə ilə yaxından tanış olaq.

10. Determinik və stoxastik modellər. Riyazi modellərin qurulmasına dair yanaşmalar

Fəlsəfi baxımdan modelləşdirmə dünyanın qavranılma metodlarından biridir. Qeyd etdiyimiz kimi, modelin özü də, ümumiyyətlə, obyektdir. Başqa sözlə desək, model- obyekt-orijinalın bir sıra xassələrinin öyrənilməsini təmin edən obyekt- əvəzedicisidir. *Modelləşdirmə* (yəni, modelin yaradılması prosesi) hər hansı A obyektinin diğər B obyekti ilə əvəz olunmasıdır; burada A-*modelləşdirmə obyekti*, B isə *model* adlanır.

Riyazi modelləşdirmə A orijinal obyektinin, B riyazi modellə əvəz edilməsi prosesidir.

Riyazi model orijinalın mahiyyət cizgilərini saxlayan, riyazi termin və qaydalarla ifadə edilən obyektin (proses və ya sistemin) təqribi təsviridir.

Real obyektin riyazi modeli ümumi halda aşağıdakı F_i -funksionallar sistemi şəklində təsvir edilir:

$$F_i(X,Y,Z,t) = 0,$$

burada X - giriş dəyişənləri vektoru;

Y - çıxış dəyişənləri vektoru;

Z - xarici təsirlər vektoru;

t - zamanın koordinantıdır.

Riyazi modelin qurulması bu və ya digər proses və hadisələrin son nəticəyə təsir edən fiziki kəmiyyətləri və faktorları arasındakı qarşılıqlı əlaqələri ifadə etməyə imkan verən riyazi aparatın yaradılmasından ibarətdir.

Adətən, həmin kəmiyyət və faktorlar o qədər çoxluq təşkil edir ki, onların hamısını modelə daxil etmək mümkünsüz olur. Riyazi modelin qurulması zamanı tədqiqatdan öncə son nəticəyə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etməyən faktorları aşkarlayıb çıxarmaq məsələsi ortaya gəlir. Sonra riyazi məsələ formalaşdırılır.

Qurulma prinsiplərinə görə riyazi modellərin 2 növünü ayırırlar: analitik və imitasiya modelləri.

*Analitik modellər*də real obyektlərin fəaliyyətləri açıq funksional əlaqələr şəklində yazılırlar. Analitik modellərin riyazi problemdən asılı olaraq, aşağıdakı növləri var: tənliklər, aproksimasiya məsələləri, stoxastik problemlər. Obyekt mürəkkəbləşdikcə, analitik modellərin qurulması çətin problemə çevrilir. O zaman, imitasiya modellərindən istifadə olunur.

*İmitasiya modellər*ində obyektin fəaliyyəti alqoritmlərlə təsvir edilir. Həmin alqoritmlər orijinal obyektin fəaliyyətini və məntiqi strukturunu saxlayan real elementar təsirləri imitasiya edir. Bu isə, əsasən, kompyuterlərdə reallaşdırılır.

Tədqiq edilən obyektin xarakterindən asılı olaraq riyazi modellər determinik və stoxastik ola bilərlər.

Determinik modellərdə bütün təsadüfi təsirlərin yoxluğu, modelin elementlərinin və sistemin fəaliyyətinin kifayət qədər dəqiq təyin olunduğu fərz edilir.

Determinik modelləri iki sinfə bölürlər:

- həqiqi modellər;
- ideal modellər.

Həqiqi modellər öz növbəsində aşağıdakılara bölünür: natura, fiziki, riyazi.

Həqiqi natura modellər - üzərində elmi, texniki, istehsal təcrübələri aparılan real obyektlər, proseslər və sistemlərdir.

Həqiqi fiziki modellər – orijinal obyektlərin fiziki xassələrini canlandıran və təqlid edən maketlər, mulyajlardır.

Həqiqi riyazi modellər - analoq, struktur, həndəsi, qrafiki, rəqəmli və kibernetik modellərdir.4+-

İdeal modellər əyani və işarəli olmaqla iki yerə ayrılır.

İdeal əyani modellər - sxemlər, xəritələr, cizgilər, qrafiklər, qraflar, analoqlar, struktur və həndəsi modellərdir.

İdeal işarəli modellər – simvollar, əlifbalar, proqramlaşdırma dilləri, nizamlı texnoloji yazılar, şəbəkəli təsvirlərdir.

Natura modellərindən başqa yerdə qalanların hamısını insanın abstrakt zəkasının məhsulu hesab etmək,- bir sinfə aid etmək olar.

Stoxastik model tədqiq edilən obyektdəki prosesin təsadüfi xarakterdə olduğunu nəzərə alır; bu isə ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistikanın metodları ilə həyata keçirilir.

Obyektin giriş informasiyasına nəzərən modellər kəsilməz və diskret olurlar.

Əgər informasiya və parametrlər kəsilməzdirlərsə, riyazi əlaqələr isə dayanıqlıdırsa, onda model-*kəsilməz* adlanır. Tərsinə, əgər informasiya və parametrlər-diskretdirlərsə, əlaqələr isə dayanıqsızdırlarsa, onda riyazi model *diskret* adlanır.

Zamana görə modellər statik və dinamik olurlar.

*Stati*k *model* obyektin, sistemin və ya prosesin fəaliyyətini hər hansı zaman anında, *dinamik* isə - zamanla təsvir edir.

Real obyektlə riyazi modelin uyğunluğuna görə riyazi modellər izomorf (eyni formaya malik) və homomorf (formaya nəzərən müxtəlif) olurlar.

Modellə obyektin (sistemin və ya prosesin) bütün elementləri arasında tamamilə qarşılıqlı birqiymətli uyğunluq mövcud olduqda, model - *izomorf* adlanır. Modellə obyektin ancaq bir sıra əhəmiyyətli elementləri arasında uyğunluq olduqda, belə modelə - *homomorf* deyilir.

Sistemlərin fəaliyyət proseslərinin riyazi modellərinin qurulması zamanı aşağıdakı yanaşmaları ayırd etmək olar: kəsilməz-determenik, diskret-determenik, diskret-stoxastik, kəsilməz-stoxastik, şəbəkə, ümumiləşdirilmiş (və ya universal). Bu yanaşmalara uyğun olaraq modellərin qurulmasının tipik riyazi sxemləri işlənilmişdir.

Kəsilməz-determinik yanaşmada riyazi modellər kimi diferensial tənliklər sistemindən istifadə edilir. Məsələn, kəfkirin kiçik meyletmələri prosesi adi diferensial tənliklə belə təsvir olunur:

$$m.l^2 \cdot \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} + m.g.l.\kappa(t) = 0,$$

burada m,l - kəfkirin kütlə və uzunluğu (uyğun olaraq);

g - sərbəst düşmə təcili;

$\varphi(t)$ - kəfkirin t zamanı anındakı meyletmə bucağıdır.

Bir qayda olaraq, kəsilməz-determenik yanaşma əsasında qurulan riyazi modellər analitik üsullarla tədqiq edilir.

Diskret-determenik yanaşma avtomatlar nəzəriyyəsi riyazi aparatının köməyi ilə reallaşdırılır. Sistem diskret informasiyanı emal edən və öz daxili vəziyyətini ancaq zamanın müəyyən anlarında dəyişən avtomat şəklində təqdim edilir.

Bu zaman riyazi model aşağadakılarla xarakterizə edilən sonlu avtomatdan ibarət olur:

- giriş siqnalların X sonlu çoxluğu;
- çıxış siqnalların Y sonlu çoxluğu;
- daxili vəziyyətlərin Z sonlu çoxluğu;
- Z_0 başlanğıc vəziyyəti ($Z_0 \in Z$);
- $g(z,x)$ keçid funksiyaları ($z \in Z, \quad x \in Z$);
- $v(z,x)$ çıxış funksiyaları.

Sonlu avtomatın işi aşağıdakı sxemlə həyata keçirilir: *z(t)* vəziyyətində olan avtomatın girişinə hər bir takt zamanında yeni *z(t+1)* vəziyyətinə keçməni təmin edən *(t+1)* taktında *x(t)* siqnalı ötürülür və müəyyən çıxış siqnalları alınır.

Diskret–stoxostik yanaşmada riyazi aparat kimi statik təsvirli ehtimali avtomatlardan istifadə olunur.

Avtomatın tədqiqi istər analitik, istərsə də imitasiya metodları ilə aparıla bilər. Bu yanaşma istehsal müəssisələrinin istismarı xarakteristikalarının öyrənilməsi zamanı geniş tətbiq edilir.

Kəsilmiş-stoxastik yanaşma əsasən xidmət proseslərinin formallaşdırılması üçün tətbiq olunur.

11. Riyazi modellərin qurulma prinsipləri

Tətbiqi məsələlərin həlli zamanı kompyuterdən istifadə etmək üçün öncə həmin məsələ formal riyazi dilə "çevrilməlidir", yəni real obyekt, proses və ya sistem üçün onun riyazi modeli qurulmalıdır.

Riyazi modellər kəmiyyət formasında məntiqi-riyazi konstruksiyaların köməyi ilə obyektin, prosesin və ya sistemin əsas xassələrini , parametrlərini, daxili və xarici əlaqələrini təsvir edir.

Riyazi modelin qurulması üçün aşağıdakılar zəruridir:

- real obyektin hərtərəfli analizi;
- obyektin ən çox mahiyyət kəsb edən cəhətlərinin ayırd edilməsi;
- obyektin əsas cəhətlərinə və xassələrinə təsir edən parametrlərin təyini;
- obyektin əsas xassələrinin əlaqələrini məntiqi-riyazi münasibətlərin köməyilə dəyişənlərin qiymətlərindən asılı olaraq təsviri;
- məhdudiyyətlərin, tənliklərin, bərabərliklərin, bərabərsizliklərin məntiqi-riyazi əməllərin köməyilə obyektin, prosesin və ya sistemin daxili və xarici əlaqələrinin müəyyənləşdirilməsi.

Riyazi modelləşdirmə həm də özündə aşağıdakıları cəmləşdirir:

- obyektin fəaliyyətini modelləşdirən alqoritmin qurulması;
- model və obyektin adekvatlığının yoxlanılması;
- modelin təshih edilməsi;
- modeldən istifadə.

Modelin seçilməsi zamanı obyektin, prosesin və ya sistemin xətti və qeyri xəttiliyi, dinamik və ya statikliyi, stasionar və ya qeyri-stasionarlığı, həmçinin, determiniklik dərəcəsi də müəyyənləşməlidir. Riyazi məsələlər isə ya dəqiq, ya da təqribi metodlarla həll edilir.

İstənilən model aşağıdakı xassələrə malik olmalıdır:

- sonluluq;
- sadəlilik;
- təqribilik;
- adekvatlıq;
- informativlik.

12. Modelləşdirilən sistemin həyat dövrü və tətbiqləri

Modelləşdirilən sistemin həyat dövrü aşağıdakıları əhatə edir:

1. Obyekt haqqında məlumatın yığılması, hipotezlərin irəli sürülməsi, modeldən əvvəlki analizin aparılması;

2. Modellərin(altmodellərin) struktur və tərkibinin layihələndirilməsi;

3. Modelin spesifikasiyalarının qurulması, ayrı-ayrı altmodellərin işlənməsi və sazlanması, modelin tam şəkildə quraşdırılması;

4. Modelin tədqiqi – tədqiqat üsulunun seçilməsi və modelləşdirmə alqoritminin qurulması;

5. Modelin adekvatlığının, dayanıqlığının, həssaslığının araşdırılması;

6. Modelləşdirmə vasitələrinin və vəsaitlərinin(sərf edilən resursların) qiymətləndirilməsi;

7. İnteqrallaşdırma(yəni, altmodellərin birləşdirilməsi), modelləşdirmənin nəticələrinin analizi və tədqiq olunan sistemdə bir sıra səbəb-nəticə əlaqələrinin ayırd edilməsi;

8. Hesabat və layihə həllərinin generasiyası;

9. Modelin dəqiqləşdirilməsi, modifikasiyası və tədqiq edilən sistemə yeni biliklərlə qayıdış.

Model və modelləşdirmə aşağıdakı əsas, vacib istiqamətlərdə tətbiq olunur:

- *öyrənmə*(modellərin və modelləşdirmənin);
- *dərkolunma*(hər hansı model, modelləşdirmə, modelləşdirmənin nəticələrinin vasitəsilə tədqiq edilən sistemlərin nəzəriyyələrinin);
- *proqnozlaşdırma*(sistemin çıxış verilənlərinin, vəziy-yətlərinin);
- *idarəetmə*(sistemin bütövlükdə, sistemin ayrı-ayrılıqda altsistemlərinin, idarəedici qərarların hazırlanmasının);
- *avtomatlaşdırma*(sistemin və ya onun ayrı-ayrı altsistemlərinin) və s.

13. Texnoloji proseslərin identifikasiyası haqqında məlumat. Texnoloji sistem və onun xarici əlaqələri

Müasir texnoloji proseslər çox faktorlu proseslərlə xarakterizə olunur. Bu proseslərin giriş və çıxışları arasındakı asılılıqlar mürəkkəb olub, nəzarət olunmayan parametrlər, əsas təsirlərin geniş miqyasda dəyişilməsi, parametrlər arasındakı nəzəri riyazi modellərin qurulmasının çətin olması, idarə parametrlərinin gecikməyə malik olması, proseslər haqqında tam təsəvvür yaradılmasına imkan vermir. Belə mürəkkəb proseslərdə avtomatik

idarəetmə sistemlərinin qurulması kompleks problemlərin tədqiqi və onların həlli ilə əlaqədardır. Bunlardan biri idarə olunan obyekt haqqında informasiyanın alınması, onun parametrlərinin əsaslandırılması və xarakteristikaları, yəni onun identikasiyası (eyniləşdirmək) təşkil edir. İdarəetmə obyektlərində riyazi modellərinin tədqiqi optimallaşdırma məsələlərinin bir tərkib hissəsi sayılır.

Təcrübədə riyazi modellərin qurulması obyektin giriş və çıxış parametrlərinin üzərində eksperimentin aparılmasına əsaslanır. Texnoloji proseslərin eksperimentlər vasitəsilə öyrənilməsində əsas vasitələrdən aktiv və passiv eksperimentlərə əsaslanan riyazi metodlardan istifadə olunur. Tipik texnoloji proseslərin identifikasiyası zamanı onların aşağıdakı əsas tədqiqat mərhələlərinə ayırmaq olar:

1. Əvvəlcə obyektin strukturu və texnologiyası öyrənilir. Tədqiqat məsələlərinin forması və obyektlə əlaqədar olan həll olunmayan məsələlərin təyin edilməsi.

2. Əlavə eksperimental tədqiqatların apartlması, tədqiq olunan məsələlərin dəqiqləşdirilməsi, parametrlərin seçilməsi və obyektin xarakteristikalarının öyrənilməsi.

3.Məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq tədqiq olunan obyektdə riyazi modellərin strukturunun seçilməsi (layihələndirmənin optimal olması üçün modellər vasitəsilə texnoloji rejimin

optimumunun axtarılması, idarə alqoritminin işlənib hazırlanması və s.), eksperiment vasitəsilə informasiyanın alınması metodlarının seçilməsi, uzun müddət sənaye miqyasında tədqiqatın aparılması və informasiyanın hasil edilməsi üsullarının müəyyən edilməsi.

4.Alınan modelin analizi və tədqiqi, real obyektdə adekvatlığın yoxlanılması və seçilən meyar üzrə alınan modellərin dəqiqləşdirilməsi, identifikasiya sistemlərinin qurulması üçün texniki vasitələrin seçilməsi.

Yuxarıda deyilən məsələlərə identifikasiya məsələləri kimi baxıla bilər. Texnoloji proseslərin identifikasiyası məsələlərinin həlli EHM-də yerinə yetirilir.

Texnoloji proseslərdə modellərin istifadə edilməsi aşağıdakı məqsədlər üçün yerinə yetirilə bilər. Praktiki olaraq belə yoxlamanı obyektə və modelə eyni bir giriş siqnalı verib, çıxış siqnallarının fərqini tədqiq etməklə yerinə yetirmək olar. Model dəqiqləşdirildikdən sonra onun üzərində tədqiqat aparmaq olar. Obyektlərin tədqiq olunma rejimindən asılı olaraq dinamik və statik modellər qurulur.

Dinamik modellər keçid rejimlərində obyektin parametrlərinin qarşılıqlı əlaqəsini xarakterizə edir və ümumi şəkildə diferensial tənliklərdən ibarət olur. Statik modellərdə zaman arqumenti iştirak etmədən obyektin prametrləri arasındakı statik asılılıqlar göstərilir. Ümumiyyətlə kimya- texnoloji sistemin identifikasiyası elmi-

tədqiqat əməliyyatlarından ibarət olub eksperimental qiymətlərə görə çıxış və giriş dəyişənləri arasındakı real prosesin adekvat riyazi modelini almaqdan ibarətdtr. Kimya-texnoloji proseslərinı tədqiq etmək üçün əsas istiqamətlər aşağıdakı kimi ola bilər:

- Riyazi modellər sinfinin seçilməsi (statik, dinamik, determinik, ehtimal, diskret, fasiləsiz);

- Riyazi asılılıqların strukturunun seçilməsi (xətti, qeyri-xətti, diferensial və başqa tənliklər formasında);

- Dəyişənlərin tipinin seçilməsi;

- Adekvatlıq meyarlarının seçilməsi, identifikasiya məsələsinin tipinin və həlli üçün uyğun optimal alqoritmin seçilməsi məsələləridir.

Göstərilən tədqiqatlar nəticəsində obyektin riyazi modelinin tipi və ümumi quruluşu təyin edildikdən sonra təcrübələrin aparılması planlaşdırılır. Şəraitdən asılı olaraq passiv yaxud da aktiv eksperiment üsullarından istifadə oluna bilər.

Aktiv təcrübədə obyektin girişinə həyəcanlandırıcı siqnal verilərək obyektin çıxış siqnalları qeyd edilir. Aktiv təcrübə ilə qısa vaxtda az, məlumat əsasında obyektdə gedən prosesin riyazi modelini almaq olar. Lakin bu təcrübəni istənilən obyektdə qoymaq mümkün olmur. Ona görə ki, texnoloji prosesin normal gedişini poza bilər. Bu səbəbdən də bəzi hallarda aktiv təcrübədən istifadə etmək çətinliklər törədir.

Passiv təcrübədə obyektdə gedən prosesə təsir etmədən onun əsas giriş və çıxış parametrləri qeyd edilir. Müxtəlif istiqamətlərdə təcrübənin qoyulmasının əsasını təşkil edən proseslərdə eksperimental tədqiqatların aparılması modelləşdirmə adlanır. Deməli obyekt haqqında yeni məlumat alımaq məqsədilə onun işinin modeldə aparılmasına və öyrənilməsinə modelləşdirmə deyilir. Yəni model qurmaq, model yaratmaq modelləşdirmə adlanır. Bundan əlavə modelləşdirmə elmi-tədqiqat işlərində eksperiment və nəzəriyyə arasındakı ilkin şərtləri yaradır.

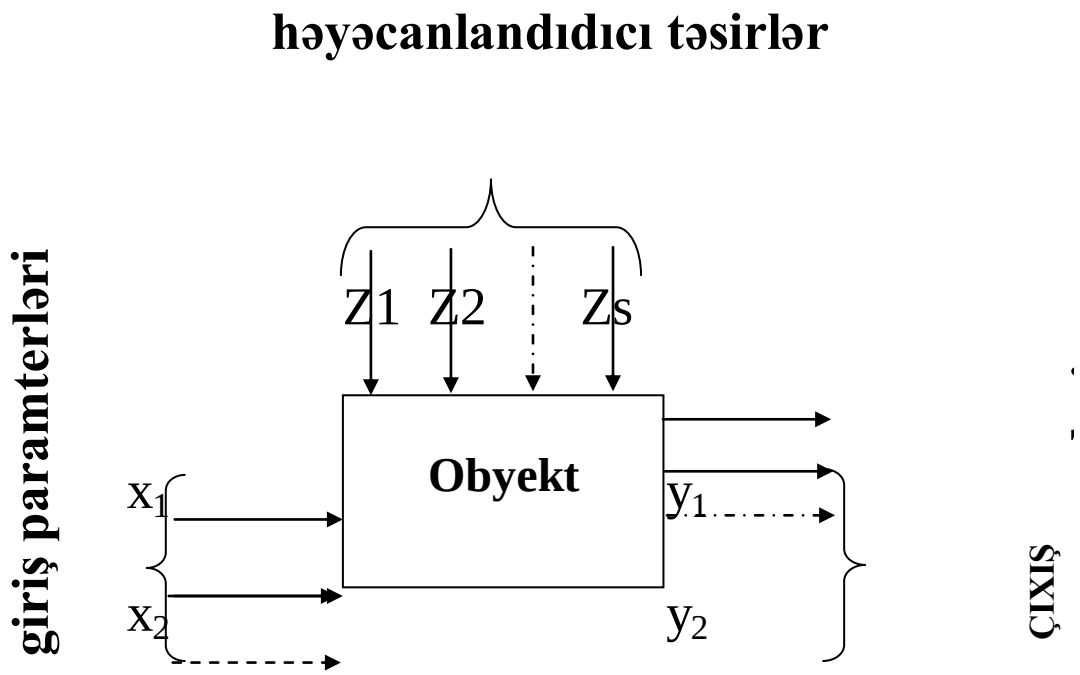
Model sözü "ölçü", "obraz", "üsul" mənalarını verir, "modus, modulus" latın sözlərindən ibarətdir. Bütün modellər işarə (simvolik) və real (həqiqi) modellərə ayrırlar. İşarə (simvolik) modellər proseslərin, hadisələrin, obyektlərin riyazi təsvirləri adlanaraq adətən riyazi modellər adlanırlar. Belə modellərin qurulması üçün və onlar üzərinda əməliyyatlar aparılması üçün riyaziyyatın xüsusi bölmələrindən istifadə olunur (diferensial hesabı, riyazi statistika, qraflar nəzəriyyəsi və s.).

İşarə modellərinin təşkili zamanı riyazi aparat modelləşdirilən obyektin tam xüsusiyyətlərini təmin etməlidir və ona görə də, onun seçilməsi öyrənilən sistemin mürəkkəbliyindən və xarakteri ilə təyin edilir.

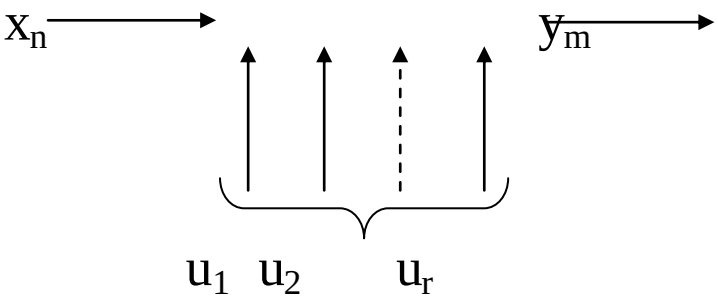
Real (həqiqi) modellər fiziki obyektlər adlanaraq fiziki və real modellərə ayrılır.

Fiziki model öyrənilən obyektlə eyni fiziki təbiətə malikdir və onun bütün xüsusiyyətlərini özündə təkrar edir. Elmi və mühəndis tədqiqatlarında modelləşdirmə fiziki və riyazi modelləşdirmələrə ayrılırlar. Fiziki model adətən bir obyektə aid olur və ona görə də universal xarakter daşımır. Məhz bu səbəbdən fiziki modelləşdirmə çox baha başa gəlir. Fiziki modellərin universal olmaması və çox baha başa gəlməsi onların tətbiqini məhdudlaşdırır.Mürəkkəb texnoloji sistem dedikdə bir-birilə qarşılıqlı əlaqəsi olan və müəyyən funksiyaları yerinə yetirən müxtəlif elementlər çoxluğundan təşkil olunmuş sistem kimi başa düşünülür.

Müəyyən konstruktiv tərtibatı olan aparatda gedən texnoloji proses (sadə obyekt), bir neçə proses və aparatlardan ibarət olan texnoloji proses (mürəkkəb obyekt) kimya texnoloji obyekt adlanır.



həyəcanlandıdıcı təsirlər



idarəedici parametrlər

Şəkil 1.1. Obyektin strukturu

Kimya texnoloji obyekt adətən müxtəlif faktorların (parametrlərin, dəyişənlərin) təsiri altında olur. Bu zaman obyektin girişinə olan təsirlər giriş kəmiyyətləri və yaxud girişlər adlanır. Giriş parametrlərin təsiri nəticəsində obyektin çıxışında olan r

-eaksiya - çıxış parametrləri və ya çıxışlar adlanır. Girişlər və çıxışlar arasında qarşılıqlı əlaqələr olduğu üçün bu dəyişənlər obyektdə gedən prosesi xarakterizə edir. Obyektlər adətən həyəcanlandırıcı təsirlərə məruz qalır. Həyəcanlandırıcı təsirləri kompensasiya etmək üçün idarəedici təsirlərdən istifadə olunur. şəkil 1.1 -də kimya texnoloji obyektinin struktur sxemi təsvir olunmuşdur.

Obyektə təsir edən bütün parametrləri xarakterindən asılı olaraq aşağıdakı qruplara ayırmaq olar. Obyekt giriş parametrləri ilə- X_1, X_2,...X_n - yəni girişlər, çıxış parametrləri y_1, y_2,...., y_m - çıxışlar,

idarəedici təsirlər u_1, u_2, ... u_k- idarəedici parametrlər, həyəcanlandırıcı təsirlər- z_1, z_2, ... z_s ilə xarakterizə olunurlar.

Parametrlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə müxtəlif kanallar üzrə aparılır, məsələn, "x-y" əsas əlaqə kanalı, "u-y" idərəetmə kanalı, "z-y" həyəcanlandırıcı təsir kanalları qəbul olunur.

Giriş parametrləri. $\{x\}=(X_1, X_2, ...X_H)$

Giriş parametrləri o parametrlər adlanır ki, onları ölçmək mümkündür, lakin onlara təsir etmək imkanı yoxdur. Nəzərdə tutulur ki, bu parametrlər prosesin rejimindən asılı deyildir.

Kimya texnologiyasında giriş parametrləri kimi əsas xammalın tərkibi, aparata daxil olan istilik agenti, miqdar, keyfiyyət və sairəni misal göstərmək olar. Prosesin reqlamentindən asılı olaraq giriş parametrlərinin qiyməti müəyyən intervalda dəyişir:

$$\mathbf{X}_{imin} \leq \mathbf{X} \leq \mathbf{X}_{imax} .$$

idarəedic parametrlər $\{u\} = (u_1,u_2,...,u_k)$.

Kimya texnoloji obyektlər idarə olunandır. Lakin, bir çox hallarda həyəcanlandırıcı təsirlərdən asılı olaraq idarəedici təsirlər dəyişir. Bu həyəcanlandırıcı təsirləri kompensasiya etmək üçün obyektə idarəedici təsirlər edilir və prosesin normal getməsi üçün onu dayanıqlı vəziyyətə gətirir. Beləliklə idarəedici təsirlər o parametrlər adlanır ki, prosesi tələb olunan rejimdə idarə etmək üçün bilavasitə obyektə təsir göstərir. Kimya aparatları üçün

idarəedici parametrlər aparata verilən tənzim olunan əsas qarışığın miqdarı, aparatda tənzimlənən təzyiq, istilik agentinin temperaturu və s. parametrlər sayılır. Bunlara qoyulan məhdudiyyətlər aşağıdakı kimidir:

$U_{imin} \leq U_i \leq U_{imax}$.

Həyacanlandırıcı parametrlər $\{z\} = (z_1, z_2 \ldots z_s)$.

Texnoloji obyekt həmişə daxili və xarici təsirlərə məruz qalır. Həyəcanlandırıcı parametrlar elə parametrlər adlanır ki, onun qiyməti təsadüfi formada dəyişir. Bu təsirləri ölçmək o qədər də asan deyildir. Məsələn, belə həyəcanlandırıcı parametrlərdən xammalda müxtəlif qarışıqların mövcudluğu, katalizatorun aktivliyinin tədricən dəyişilməsi, prosesin temperaturunun reaksiya hesabına dəyişməsi, atmosferin temperaturunun və rütubətinin dəyişməsi, həmçinin bu və ya digər xarakterdə olan təsirləri misal göstərmək olar.

Həyəcanlandırıcı təsirlər prosesdən asılı olmayaraq dəyişərək daxili və xarici təsirlərə ayrılırlar.

Prosesdən asılı olmayan təsirlərə misal olaraq aparata verilən xammal tərkibindəki nəzarət olunmayan qarışıqlar (xarici lhəyəcanlandırıcı təsirlər), prosesdən asılı həyəcanlandırıcı təsirlərərə misal katalizatorun aktivliyinin dəyişməsini (daxili həyəcanlandırıcı təsir) göstərmək olar. Bu və ya digər hallarda z_1 nəzarət olunmayan həyəcanlandırıcı təsirlər adlanır:

$Z_{imin} \leq Z_i \leq Z_{imax}$.

Çıxış parametrləri $\{y\} = (y_1, y_2, \ldots \quad y_m)$

Çıxış parametrləri prosesin rejimi ilə təyin edilir və prosesin vəziyyətini xarakterizə edir. Daha doğrusu giriş, həyəcanlandırıcı və idarəedici təsirlərin birlikdə obyektə təsiri nəticəsində prosesin iş rejimini xarakterizə edir. Yəni, prosesin gedişi nəticəsində alınan məhsulun xarakteristikasını verir. y_i -çıxış parametrləri prosesin rejimindən asılı olduğu üçün daxili prametrlər adlanırlar. Bu pararnetrlər çıxış məhsulunun keyfiyyət və miqdarını təşkil edir.

Texnoloji proseslər determinik və stoxastik proseslərə ayrılırlar.

Əgər təyin olunan əsas kəmiyyət müəyyən qanunauyğunluqlarla fasiləsiz olaraq dəyişirsə, belə proseslərə determinik proseslər deyilir.

Bu zaman prosesi xarakterizə edən çıxış kəmiyyətlərinin qiyməti giriş və idaredici təsirlərin qiymətlərindən asılı olaraq təyin olunur. Determinik prosesə misal olaraq qarışdırcısı olan reaktrorda gedən prosesi göstərmək olar. Bu prosesdə bərabər ölçülü qarışdırılmaya nail olunur. Stoxastik proseslərdə kəmiyyətin qiyməti təsadüfi olaraq dəyişir. Stoxastik proseslərə misal olaraq kontakt-katalitik prosesləri göstərmək olar. Burada məhsulun çıxımı katalizatorun aktivliyindən asılı olaraq dəyişir. Bu onunla əlaqədardır ki, katalizatorun aktivliyi zamana görə dəyişir.

14.İlkiı məlumatların toplanması və riyazi modellərin qurulması. Riyazi modellərin qurulmasının əsas istiqamətləri.

Xalq təsərrüfatmm müxtəlif sahələrində çoxlu sayda texnoloji obyektlər olmasına baxmayaraq onları bir sıra xarakterik xüsusiyyətlərinə görə qruplaşdırmaq mümkündür.

Belə xarakterik xüsusiyyətlərə aşağıdakıları qeyd etmək olar:

a) obyektlərdə gedən proseslərin fasiləsiz olması;

b) prosesləri xarakterizə edən çoxlu amillərin olması ilə əlaqədar olaraq onlar arasındakı mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrin mövcud olması,

c) nəzarət edilməsi mümkün olmayan təsadüfi xarici dəyişən həyəcanlandırıcı təsirlərin olması.

Yuxarıda deyilən xüsusiyyətlərə malik olan obyektlərə kimya, metallurgiya, energetika, neft emalı sənayesində daha çox rast gəlinir. Hər hansı mürəkkəb texnoloji obyekti optimal idarə etmək üçün onun alqoritmi məlum olmalıdır. İdarəetmə alqoritmi dedikdə riyazi və məntiqi əməliyyatlar ardıcıllığı başa düçülür. Bu halda texnoloji obyektin verilmiş vəziyyəti və ətraf mühit haqqında olan informasiya əsasında obyektin optimal rejimi müəyyən edilir. Aydındır ki, belə məsələləri həll etmək üçün riyazi model olmadan tədqiq etmək qeyri-mümkündür. Model dedikdə real obyektlərin mövcud xüsusiyyətlərinin əlverişli şəkildə təsviri başa düşülür. Əksər hallarda obyektin modelinin qurulması əsas fiziki

qanunlardan (Nyuton, Maksvell, Kirhof qanunlarının, kütlənin, enerjinin saxlanması qanunları, istilik miqdarının paylanması qanunları və s.) istifadə etməklə texnoloji proseslərin riyazi təsvirlərinin alınmasından ibarətdir.

Prosesləri xarakterizə edən parametrlər arasındakı asılılıqlar adi və xüsusi törəməli diferensial tənliklər şəklində və s. yazılır. Lakin bir çox hallarda proseslərin fiziki mahiyyətini öyrənmək çətin və ya qeyri-mümkün olur. Bu halda obyektin çıxış və giriş parametrləri haqqında olan empirik (statistik) informasiya ilə kifayətlənmək lazım gəlir. Eksperiment zamanı tədqiqat obyekti "qara qutu" kimi araşdırılır. Obyektlərin modellərinin qurulması aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

- modelin strukturnun seçilməsi,
- modelin parametrlərinin eksperiment məlumatlar əsasında qiymətləndirilməsi,
- diaqnostik yoxlama və modelin təsdiq edilməsi,
- modelin öz təyinatı üzrə istifadə edilməsi.

Modelin strukturu obyekt haqqında ilkin (aprior) informasiya əsasında tədqiqatın məqsədi nəzərə alınmaqla seçilir. Bu struktur mərhələ adlanır. Seçilmiş struktur üzrə parametrlərin qiymətləndirilməsi eksperimentin nəticələrinə görə aparılır. Bu halda bir sıra kriterilərdən istifadə edilir. Modelin diaqnostika və təstiq edilməsi parametrlərin qiymətləndirilməsindən sonra

başlanır. Bu mərhələdə modelin obyektin işini hansı dərəcədə təsvir edilməsi yoxlanılır.

Kimya texnoloji proseslərin riyazi modellərinin qurulması əsas iki istiqamətdə aparıla bilər. Birinci istiqamət “qara qutu” prinsipinə əsaslanır. Hətta modelləşdirilən obyekt haqqında nəzəri məlumat olmadıqda da "qara qutu" prinsipindən istifadə olunur. Bu halda obyektin riyazi təsvirinə işləyən obyekt üzərində tədqiqat apararaq statistik məlumat əsasında alınmış empirik asılılıqlar sistemi formasında baxılır. Belə riyazi modellər statistik modellər adlanaraq korrelyasiya və reqresiya analizini əsasında tərtib edilir.

Əsas statistik materialların yığılması qaydasından asılı olaraq eksperimentin qoyulması passiv və aktiv eksperiment üsullarına ayrılır. Passiv eksperiment zamanı obyektdə gedən prosesə müdaxilə edilmədən onun əsas giriş və çıxış parametrləri qeyd edilir. Bu üsul real sənaye qurğusunda bilavasitə müşahidələr aparmaqla alınan informasiyadan, həm də arxiv materiallardan istifadə etməyə imkan verir. Bunlar passiv eksperimentin müsbət cəhətləridir. Obyektin parametrləri kiçik oblastda dəyişdiyi üçün bir çox hallarda prosesesi xarakterizə edən dəqiq model almaq olmur. Bu onun çatışmayan cəhətidir. Bundan əlavə kimya texnoloji obyektlərdə gedən proseslər çox mürəkkəb olduğu üçün onun riyazi modelini statistik üsullarla almaq çox vaxt müəyyən çətinliklərlə əlaqədardır. İqtisadi cəhətdən passiv müşahidə

qaydası daha səmərəli sayılır. Əgər sənaye obyekti fasiləsiz işləyərsə və yüksək məhsuldarlığı olarsa, onda passiv müşahidəyə üstünlük verilir.

Aktiv (planlaşdırılmış) eksperiment vasitəsilə tədqiq olunan obyektinə girişinə əvvəlcədən müəyyən plan əsasında təyin olunmuş təsirlər (siqnallar) verilir. Aktiv təcrübələrin aparılması üçün həyəcanlandırıcı təsirlərin tipi və parametrləri seçildikdən sonra bu və ya digər siqnala obyektin reaksiyası müşahidə olunur. Eksperimentin bu cür aparılması eksperimentlərin sayını birdən-birə azaldır və qısa müddət ərzində riyazi model alınır.

Lakin aktiv eksperimentin müəyyən təşkilat çətinlikləri olduğu üçün işləyən texnoloji obyektlərdə bu eksperimenti qoymaq müəyyən çətinliklərlə əlaqədardır. Ona görə də bu metod sınaq və laboratoriya qurğularında geniş istifadə olunur. Aktiv ekspeiment adətən Boks-Uilson metoduna əsaslanan faktorlu eksperimentdən istifadə olunur. Kimyəvi kibernetıkada riyzi modellərin alınmasının ikinci istiqaməti prosesin fiziki mahiyyətini öyrənmək, prosesin mexanizminin analizi və məlum olan prosesin nəzəri qanunauyğunluqlarından istifadə etməklə prosesin riyazi modelinin alınmasıdır. Bu zaman riyazi modelin tərkibinə öyrənilən obyekti xarakterizə edən parametrlərin qarşılıqlı təsiri müəyən asılılıqlar formasında vahid tənliklər sisteminə daxil edilir.

Kimyəvi texnoloji proseslərin riyazi təsvirini almaq üçün riyazi

modelləşdirmədən istifadə edilir. Bu metod ona əsaslanır ki, modelləşdirmə obyektlərində gedən və onun xüsusiyyətlərini xarakterizə edən real prosesləri müəyyən qanunauyğunluqların tabe olan elementar proseslərə ayırmaq olar. Kimyi texnologiyasında belə elementar proseslər kimyəvi çevrilmə, maddələr mübadiləsi, istilik və kütlə mübadiləsi və s. olan proseslərdir.

15.Korrelyasiya və reqressiya analizi metodları

Korrelyasiya analizi metodu ilə mürəkkəb obyektlərin reqressiya tənliyini almaq mümkündür. Alınan həmin tənlik bir neçə təsadüfi kəmiyyətlərin başqa təsadüfi kəmiyyətlərdən asılı olan korrelyasiya asılılığı ilə təsvir olunur.

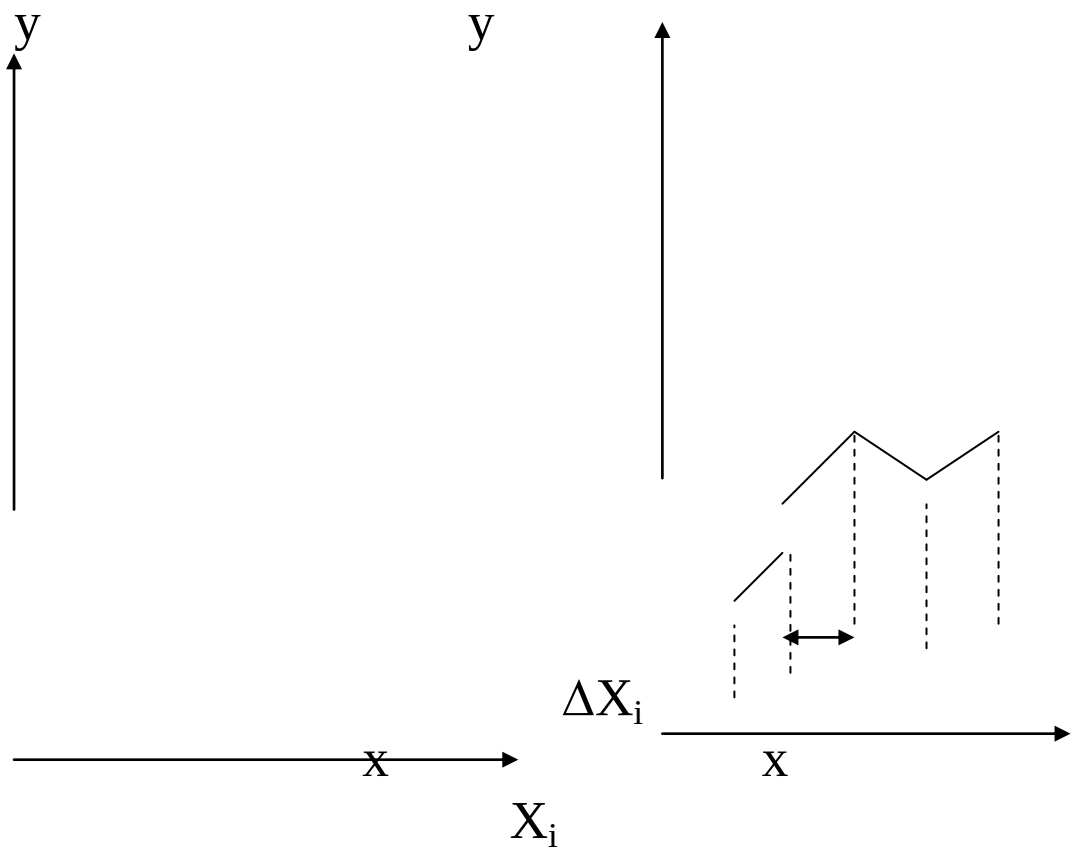
Arqument vəzifəsini görən hər hansı təsadüfi parametrin (x)-in bir qiymətinə, funksiya vəzifəsini görən digər təsadüfi parametrin (y) qiymətlər çoxluğu uyğun gələrsə və x dəyişdikcə bu sıralar müəyyən qanunauyğunluqla öz vəziyyətlərini dəyişərsə, onda y ilə x arasında korrelyasiya asılılığının olduğunu demək olar. Buraya çıxış parametri y-in bir neçə x_1, x_2, ...,x_n arqumentlərindən asılı olduğu halı da daxil etmək olar.

Ümumi prinsipi nəzərdə tutaraq hər hansı təsadüf dəyişənin (y) başqa təsadüfi dəyişənin qiyməti (x) arasındakı korrelyasiya asılılığına baxaq. Bunları aydınlaşdırmaq üçün x va y müşahidələrinin nəticəsi cəd.3.2-də verikniş dir.

Cədvəl 3.2

Parametrlə	**Təcrübələrin №si**							
	1	**2**	**3**	**....**	**k**	**....**	**N-1**	**N**
y	y_1	y_2	y_3	…	y_k		y_{n-1}	y_n
x	x_1	x_2	x_3	…	x_k	…	x_{n-1}	x_n

Cəd. 3.2-də olan qiymətləri y və x koordinat müstəvisi üzərində yerləşdirsək onda korrelyasiya sahəsini alarıq. Cədvəldəki müşahidələrin hər bir qiymətinə korrelyasiya sahəsində müəyyən bir nöqtə uyğun gələcəkdir (şək.3.1).



Şək.3.1 Korrelyasiya sahəsi Şək.3.2 Transformasiya olunmuş korrelyasiya sahəsi

y -in statistik paylanma sıralarının vəziyyətlərinin x-in qiymətlənrindən asılı olaraq dəyişməsini nəzərdən keçirmək üçün x-in bütün dəyişmə diapozonunu bir sıra Δx aralarına ayırırıq. Bunun üçün x_i-in dəyişmə diapazonunu Δx bərabər interval sıralarına ayıraq. Onda ΔX_i intervalına düşən bütün nöqtələrin orta qiymətini tapırıq. Bu qayda ilə ayrı-ayrı intervallar üçün də aparılaraq orta nöqtə tapılır. Bütün intervallarda orta nöqtələri birləşdirərək sınıq xətti, yəm transformasiya olunmuş korrelyasiya sahəsini alırıq (şək.3.2). Beləliklə x-in hər bir qiyməti üçün y-lərin orta qiyməti aşağıdakı ifadə ilə tapılır:

$$\overline{yi} = \frac{\sum_{k=i}^{r_1} y_{ik}}{ri}; x = xi$$ olduqda,

(3.6)

burada, r_t- Δx intervalında olan nöqtələrin sayıdır; k-bölünmüş intervalların sayıdır; N -müşahidələrin ümumi sayıdır, qeyd etmək lazımdır ki, $\Sigma r_i = N$ olmalıdır; Y_{ik}-intervalda olan qiymətlərdir.

Alınan sınıq xətt y-in x-dən asılı olan empirik xətti reqressiya əyrisini verəcəkdir. Empirik xətti reqressiya əyrisinin formasına

görə $y = f(x)$ reqressiya tənliyini tə'yin etmək olar. Bu, onu göstərir ki, x-in qiyməti artdıqca y-in qiyməti necə paylanır. Məlumdur ki, nöqtələrin sayı çox olduqca empirik reqressiya əyrisi daha da e'tibarlı alınacaqdır. Əgər müşahidələrin sayı çox olarsa, emprik reqresiya əyrisi təsadüfi xətalardan azad olacaq və prosesi daha düzgün qanunauyğunluqla təsvir edəcəkdir.

Çoxlu sayda müşahidələrin qiymətlərinə əsasən reqressiya əyrisinin tapılması korrelyasiya analizinin əsasını təşkil edir. Reqressiya əyrisinin tapılması bu əyrinin qurulmasından və onun tənliyinin əmsallarının hesablanmasından ibarətdir. Bu əyrinin qurulması üçün elə bir universal üsul yoxdur. Ümumiyyətlə empirik reqressiya əyrisinin qrafikinə əsasən nəzəri reqresiya əyrisi haqqında fikir söyləmək mümkündür. Müşahidələrin sayı çox olduqca emprik reqresiya əyrisi eksperiment vasitəsi ilə alınan reqresiya əyrisinin xüsusiyyətləri ilə müəyyən qədər üst-üstə düşür.

Ən əsas göstəricilərdən biri də korrelyasiya amsalıdır və r- ilə işarə olunur.

Korrelyasiya əmsalı hər hansı x və y arasındakı xətti əlaqə dərəcəsini xarakterizə edir. Ümumiyyətlə korrelyasiya əmsalı $-1 \leq r \leq 1$ arasında dəyişir.

Əgər r=l olarsa, onda x və y arasındakı funksional asılılıq xətti əlaqə ilə xarakterizə olunar. Əgər r=0 olarsa, x və y arasındakı xətti

korrelyasiya əlaqəsi olmayacaqdır. Elə hallar ola bilər ki, x və y arasmdakı əlaqə qeyri-xətti korrelyasiya ilə xarakterizə edilsin.

Əgər x_i –nin bir neçə qiymətinə y-in bir neçə qiyməti uyğundursa və həmin parametrlərin orta ədədi qiymətini tapmaq mümkün olarsa, parametrlərin orta qiymətindən meyl etməsi aşağıdakı kimi tə'yin edilir:

$$X_i = x_i - \bar{x};$$
$$Y_i = y_i - \bar{y}; \qquad (3.7)$$

Burada x və y- $\bar{x}$ və $\bar{y}$ kəmiyyətlərinin orta qiymətidir. Kvadratik meyl etmə isə belə tə'yin edilir:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum_{t=i}^{H} x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=i}^{H} x_i^2}{n}} - \bar{x}^2$$

(3.8)

$$\delta y = \sqrt{\frac{\sum_{t=i}^{H} Y_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i}^{H} Y_i^2}{n}} - \bar{y}^2$$

Korrelyasiya əmsalı aşağıdakı düstürlarla hesablanır:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{n\delta_x\delta_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} X_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} Y_i^2}}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x}) \cdot (y - \overline{y})}{n\delta_x\delta_j}$$

$$r = \frac{\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i y_i)\right] - \overline{xy}}{\delta_x\delta_y}$$

(3.9)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n\overline{xy}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\overline{x_i}^2\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n\overline{y}^2\right)}}$$

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_1 - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}}$$

burada n-münasibətlərin sayıdır.

Axırıncı ifadənin mürəkkəb olmasına baxmayaraq, çox asanlıqla hesablanır.

Beləliklə, xətti reqressiya tənliklərini ümumi formada aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$y - \overline{y} = r\frac{\delta_y}{\delta_x}(x - \overline{x}) \text{ v}\partial \text{ ya } y = r\frac{\delta_y}{\delta_x}x \qquad (3.10)$$

$$x - \overline{x} = r\frac{\delta_x}{\delta_y}(y - \overline{y}) \text{ v}\partial \text{ ya } x = r\frac{\delta_x}{\delta_y}y \qquad (3.11)$$

(3.10) və (3.11) tənlikləri reqressiya tənlikləri adlanır. (3.10) tənliyi y-in x-dən asılılığı, (3.11) tənliyi isə x-in y-dən asılılığı adlanır. Yuxarıda deyilənləri əyani olaraq misallarla izah edək.

Tutaq ki, x və y parametrləri üzərində eksperiment qoyulur. Eksperimentlərin sayı 10-dur və aşağıdakı cədvəl 3.3-də x və y-in eksperiment qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 3 .3

Sıra №	***x***	***y***	$\mathbf{x^2}$	$\mathbf{y^2}$	***xy***
1	67	24	4489	576	1608
2	54	15	2916	225	810
3	72	23	5184	529	1656
4	64	19	4096	361	1216
5	39	16	1521	256	624
6	22	11	484	121	242
7	58	20	3364	400	1160
8	43	16	1849	256	688
9	46	17	2116	289	782
10	34	13	1156	169	442
	499	174	27175	3182	9228

Beləliklə korrelyasiya əmsalı və xətti reqressiya tənliyi tapılır.

$$\bar{x} = \frac{449}{10} = 49{,}9 \qquad \bar{y} = \frac{174}{10} = 17{,}4$$

$$\delta_x = \sqrt{\frac{27175}{10} - (49{,}9)^2} = 15{,}09$$

$$\delta y = \sqrt{\frac{3182}{10} - (17{,}4)^2} = 3{,}93$$

$$r = \frac{\frac{9228}{10} - 49{,}9x17{,}4}{15{,}09x3{,}93} = 0{,}92$$

Bu hesabatda alınan korrelyasiya əmsalı (r= 0,92) vahidə yaxın alındığı üçün demək olar ki, x və y arasındakı sıxlıq əlaqəsi yüksəkdir. İndi isə $y = f(x)$ reqressiya tənliyini hesablayaq.

$$\boldsymbol{r}\frac{\delta_y}{\delta_x} = 0{,}92\frac{3{,}93}{15{,}09} = 0{,}24$$

Onda (3.10) ifadəsinə əsasən $y = f(x)$ reqresiya tənliyi aşağıdakı kimi tapılar:

$$y = 17{,}4 + 0{,}24(x - 49{,}9)$$

və ya

$$y = 5{,}42 + 0{,}24x$$

olacaqdır.

Böyük ədədlər sırası ilə göstərilmiş 2 dəyişən kəmiyyətin korrelyasiya əlaqəsini hesablayan zaman əvvəlcə korreksiya cədvəli tərtib olunur. x və y-in qiymətləri isə cədvəlin sətir və sütununda yerləşdirilir və bərabər olaraq müəyyən intervallara bölünür. Korrelyasiya cədvəlinin qurulma qaydası aşağıdakı kimi olacaqdır (cədvəl 3.4). x və y üzərində 389 eksperiment qoyulmuşdur. Cədvəldə göstərilən n_y sütun üzrə göstərilən ədədlərin cəmi kimi götürülür.

Sətir və sütunun cəmi bir-birinə bərabər olmalıdır, yə'ni:

$$\Sigma n_x = \Sigma n_y = 398$$

Korrelyasiya cədvəlininin əsas hissəsini qurduqdan sonra köməkçi cədvəllər qurulur. Bu cədvəllər əsas cədvəlin sağ

tərəfində və aşağı hissəsində yerləşdirilir və hesabat davam etdirilir.

Cədvəlin sağ sütununda y və cədvəlin aşağı hissəsində x-in qiymətlərini yerləşdirərək və onların verilmiş intervalda orta qiymətlərini tapırıq. Məsələn: y-in 160-180 intervalının orta qiyməti 170, x-in 120-140 intervalının orta qiyməti 130 tapılır. Hesablama zamanı x və y kəmiyyətlərinin əvəzinə yeni arqumentlər daxil edilir:

$$V=\frac{X-A}{\Delta}$$

və

$$U=\frac{y-B}{\Delta},$$

Burada Δ- korrelyasiya cədvəlini tərtib edərkən seçilmiş x və y kəmiyyətlərinin interval qiymətləri;

A və B korrelyasiya cədvəlində x və y sütununda orta riyazi ədədlər adlanırlar.

Baxdığımız hal üçün A və V-nin interval qiymətləri 20-yə bərabər götürülür. Ona görə də Δ=20 olacaq. A kəmiyyəti üçün x=190, V kəmiyyəti üçün isə y=210 qəbul edilir. Onda V və U aşağıdakı kimi tə'yin edilir:

$$V=\frac{X-190}{20} \text{ Vδ } U=\frac{y-210}{20}.$$

Bu düsturlarla V və U kəmiyyətlərinin qiymətlərini hesablayaraq korrelyasiya cədvəlinin aşağı və sağ hissəsində

yerləşdirilir. Sonra isə kvadratik meyl etmələri və orta qiymətləri $n_xV, n_xV^2, n_yU, n_yU^2$ kəmiyyətləri hesablanır.

Cədvəlin sağ tərəfində yerləşən t sütunun xanalarını doldurmaq üçün aşağıdakı əməliyyatı aparaq: məsələn, t sütununun beşinci sətrində yerləşən -22 rəqəmini tapaq, t = -22

1x(-3)= -3

5x(-2)= -10

16x(-l)=-16

7x0=0

4x1=4

1x3=3.

Deməli, t = (-3) + (-10) + (-16) + 0 + 4 + 3 = -22.

Cədvəl 3.4

X	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260	260-280	280-300	300-320	320-340	n_y	y	u	$n_y u$	$n_y u^2$	t	U
80	1	2		1										4	0	6	24	144	19	14
100	1		3	2	2		1							9	1	5	15	225	28	10
120		3	3	4	2	1								13	2	4	54	216	84	6
140			2		0	4	3							19	3	3	57	171	22	6
160				1	3	6	7	4		1				43	4	2	86	172	22	4
180					2	2	8	7	0	2				73	5	1	73	73	9	1
200					1	0	4	3	5	2				33	6	0	0	0	9	0
220							4	8	6	4	3			35	7	1	35	35	14	14
240							1	3	1	5	7	2		19	8	2	38	76	48	16
260									1	4	3	0	1	16	9	3	48	144	89	27
280											2	4	1	7	10	4	40	160	41	6
300												1	2	3	11	5	55	275	1	5
n_x	2	5	8	9	2	1	8	5	9	8	5	3	4	3						
x	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
v	6	5	4	3	2	2	0	1	2	3	4	5	6	7						
$n_x v$	12	25	32	24	4	4	0	5	18	24	20	15	24	17						
v^2	25	25	16	28	8	8	0	5	16	24	20	15	17	13						
v	6	0	22	22	0	0	0	1	10	16	16	15	12	19						

Həmin qayda ilə aşağı cədvəldən S-in qiyməti hesablanır. Beləliklə tU və SV hasilləri cədvəlin uyğun sətir və sütunlarında yazılır. Hesabatın düzgünlüyünü yoxlamaq üçün ΣtU =Σ SV=1489 şərti ödənilməlidir. Ardıcıl olaraq digər kəmiyyətlər tapılır. $\bar{U}$ VƏ $\bar{v}$ nin orta qiymətləri aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\bar{U} = \frac{\sum n_y u}{\sum n_y} = \frac{-21}{389} = -0{,}054$$

$$\bar{v} = \frac{\sum n_x v}{\sum n_x} = \frac{379}{389} = 0{,}9743$$

Orta kvadratik meylətmə δ_u və δ_v belə tapılır:

$$\delta_u = \sqrt{\frac{\sum n_y u^2}{\sum n_y} - \overline{U^2}} = \sqrt{\frac{1621}{389} - (-0{,}0540)^2} = 2{,}041$$

$$\delta_V = \sqrt{\frac{\sum n_x{}^2}{\sum n_x} - \overline{V^2}} = \sqrt{\frac{2195}{389} - 0{,}9743^2} = 2{,}166$$

Korrelasiya əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$r_{xy} = r_{VU} = \frac{\frac{1}{n}\sum SV - \overline{VU}}{\delta_V \delta_U} = \frac{\frac{1}{n}\sum tU - \overline{VU}}{\delta_V \delta_U}$$

$$r = \frac{\frac{1489}{389} - 0{,}9743 \cdot (-0{,}054)}{2{,}166 \cdot 2{,}035} = 0{,}88$$

$\bar{x}$ və $\bar{y}$-in qiymətlərini tapaq:

$\bar{x} = \bar{V}\Delta + A = 0{,}9743 \cdot 20 + 190 = 209{,}486$

$\bar{y} = \bar{U}\Delta + B = (-0{,}054) \cdot 20 + 210 = 208{,}92$

$$r\frac{\delta_y}{\delta_x} = r\frac{\delta_U \Delta}{\delta_V \Delta} = 0{,}88 \cdot \frac{2{,}035 \cdot 20}{2{,}166 \cdot 20} = 0{,}829$$

Onda y=f(x) reqresiya tənliyi aşağıdakı kimi olacaqdır:

y=208,92+0,829 (x-209,486) və ya

y=35,21+0,829 x

Sınıq xəttin qurulmasına baxaq. Bunun üçün korrelyasiya vədvəlindən istifadə edərək hər sütunun paylanma sırası üçün y-in orta qiymətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\bar{y} = \frac{\sum m_y}{\sum m}$$

Burada $\bar{y}$-funksiyanın orta çəki qiyməti, y-intervalın orta qiyməti, m-interval üzrə tezlikdir.

$$y_1=\frac{90\cdot 1+110\cdot 1}{2}=100$$

$$y_2=\frac{90\cdot 2+130\cdot 1}{3}=106{,}3$$

$$y_3=\frac{110\cdot 3+130\cdot 3+150\cdot 2}{8}=127{,}5$$

$$y_4=\frac{90x1+110\cdot 2+130\cdot 4+170\cdot 1}{8}=125$$

$$y_5=\frac{110\cdot 2+130\cdot 2+150\cdot 10+170\cdot 16+100\cdot 2+210\cdot 1}{22}=156{,}4$$

$$y_6=\frac{130\cdot 1+150\cdot 4+170\cdot 16+190\cdot 12+210\cdot 1}{41}=183{,}6$$

$$y_7=\frac{110\cdot 1+150\cdot 3+170\cdot 7+190\cdot 28+210\cdot 24+230\cdot 4+250\cdot 1}{68}=200{,}6$$

$$y_8=\frac{170\cdot 4+190\cdot 17+210\cdot 43+230\cdot 18+250\cdot 3}{85}=212{,}1$$

$$y_9=\frac{190\cdot 6+210\cdot 15+230\cdot 36+250\cdot 11+270\cdot 1}{69}=225{,}1$$

$$y_{10}=\frac{170\cdot 1+190\cdot 2+210\cdot 2+230\cdot 14+250\cdot 15+270\cdot 4}{38}=231{,}4$$

$$y_{11}=\frac{230\cdot 3+250\cdot 7+270\cdot 13+290\cdot 2}{25}=261$$

$$y_{12}=\frac{250\cdot 2+270\cdot 6+290\cdot 4+310\cdot 1}{13}=271{,}6$$

$$y_{13}=\frac{270\cdot 1+290\cdot 1+310\cdot 2}{4}=295$$

$$y_{14}=\frac{270\cdot 1+310\cdot 2}{3}=296{,}7$$

Tapdığımız bu nöqtələri korrelyasiya cədvəlinə, yəni korrelyasiya sahəsinə köçürüb, onları düz xətt ilə birəşdirək. Nəticədə korrelyasiya sahəsi üzrə sınıq xətti alarıq. Bu sınıq xətt empirik reqressiya xətti adlanır.

Məsələ: Verilmiş korrelyasiya cədvəlinə görə xətti reqresiya tənliyini tapmalı, yə'ni

$y - \bar{y} = r_{xy}\frac{\delta_y}{\delta_x}(x - \bar{x})$

burada, y və x -in korrelyasiya cədvəli aşağıdakı kimidir. (cədvəl 3.5.):

cədvəl 3.5.

U/X	15-20	20-25	25-30	30-	35-	n_y
6-16	4	6				10
16-26		8	10			18
26-36			32	3	9	44
36-46			4	12	6	22
46-56				1	5	6
n_x	4	14	46	16	20	n=10

Məsələnin həlli: 3.6 korrelyasiya cədvəlini tərtib edirik. Şərti olaraq sıfır nöqtəsini C_x = 30 və C_y =36 olduğunu tə'yin edirik.

Cədvəl 3.6

V/U	-2	-1	0	1	2	n_y
-2	4	6				10
-1		8	10			18
0			32	3	9	44
1			4	12	6	22
2				1	5	6
n_x	4	14	46	16	20	n=100

$\bar{U}$ və $\bar{V}$ ni hesablayaq:

Bunun üçün $\bar{U}$ kəmiyyətini n_u-ya vururuq və cəmini tapırıq, sonra isə n-ə bölürük, yə'ni,

$$\bar{U} = \frac{\sum n_u u}{n} = \frac{4(-2)+14(-1)+46\cdot 0+16\cdot 1+20\cdot 2}{100} = 0{,}34$$

$$\overline{V} = \frac{\sum n_v v}{100} = \frac{10(-2)+18(-1)+44\cdot 0+22\cdot 1+6\cdot 2}{100} = 0{,}04$$

$\overline{U}^2$ və $\overline{V^2}$-köməkçi kəmiyyətlərini tapırıq:

$$\overline{U}^2 = \frac{\sum n_u \overline{u}^2}{n} = \frac{49\cdot(-2)^2+14\cdot(-1)^2+16\cdot 1^2+20\cdot 2^2}{100} = 1{,}26$$

$$\overline{V}^2 = \frac{\sum n_v \overline{v}^2}{n} = \frac{10\cdot(-2)^2+18\cdot(-1)^2+22\cdot 1^2+6\cdot 2^2}{100} = 1{,}04$$

δ_u və δ_v-ni hesablayaq:

$$\delta_u = \sqrt{\overline{u}^2 - (\overline{u})^2} = \sqrt{1{,}26^2 - 0{,}34^2} = 1{,}07$$

$$\delta_v = \sqrt{\overline{V}^2 - (\overline{V})^2} = \sqrt{1{,}04^2 - 0{,}04^2} = 1{,}02$$

$\sum n_{nv} uv$-ni tapmaq üçün cəd.3.7-ni tərtib edirik.

Cədvəl 3.7

V/U	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**u=** $\sum n_{nv} v_u$	**VU**
-2	-8 4	- 6				-14	-2*(-14)=28
-1		-8 8	0 10			-8	-1 *(-8)=8
0			0 32	3 3	18	21	0
1			0 4	12 12	12	24	24
2				1 1	10	11	22
V=	-8	-20	-6	-14	16		Σvu=
UV	-8*(-2)=16	-20*(-	0	14	32	$\sum_u uv = 82$	*yoxlama*

Cəd.3.7-nin axrıncı sütununda olan rəqəmləri cəmləyərək, alırıq:

$$\sum_{v} vu = \sum n_{uv} uv = 82$$

Hesabatın düzgünlüyünü yoxlamaq üçün 3.7 cədvəlinin axrıncı sətrində olan rəqəmləri cəmləyirik:

$$\sum_{u} uv = \sum n_{uv} uv = 82$$

Cəmlərin üst-üstə düşməsi hesabatın düzgün olmasını göstərir 3.7-ci cədvəlin tərtib edilməsi aşağıdakı qayda ilə yerinə yetirilir.

n_{uv} və u-nin hasili cədvəlin sağ tərəfində yuxarı küncündəki çərçivədə yazılır. Məsələn, birinci sətrin sağ tərəfində yuxarı küncündəki çərçivədə

4(-2)= -8 və 6(-l)= -6 olacaqdır.

Sonra isə sağ tərəfdəki yuxarı küncündəki çərçivədə olan rəqəmlər cəmlənir və həmin sətrin axrıncı çərçivəsində yerləşdirilir. Yə'ni u sütununda yerləşdirilir.Məsələn, birinci sətir üçün yazırıq ki,

u = -8 + (-6)= -14 .

Beləliklə v -ni u -ya vuraraq və alınan hasil vu sütununun uyğun çərçivəsində yazılır. Məsələn, cədvəlin birinci sətrində V= -2, u = -14 olarsa, onda

uv = (-2) (-14) = 28 olacaqdır.

Sonra isə uv sütununda olan ədədləri cəmləyib uv – cəmini alırıq. Alınan cəm axtarılan cəm, yə'ni $\Sigma n_{uv}uv$ bərabər olacaqdır. Beləliklə cədvəldən də görünür ki, uv =82 olacaqdır. Deməli hesabat düzgün aparılmışdır.

Anoloji olaraq həmin hesabat sütun üzrə də aparılır. $n_{u\ v}uv$-nin qiyməti çərçivənin sol aşağı küncündə yerləşdirilən ədədlər cəmlənir və həmin cəm v sətrinə yerləşdirilir.

Nəhayət u-nın bütün qiymətlərini v-nin qiymətlərinə vuraraq və nəticə axırıncı sətrin çərçivəsində yazılır. Axırıncı sətrin bütün rəqəmlərini cəmləyərək $\sum_u uv-$ ni alırıq, Bu cəm$\sum n_{uv}uv$ -yə bərabər olacaq. Məsələn, cəd.3.7-dan görünür ki, $\sum_u uv$=82 həmçinin $\sum n_{uv}uv$ =82-dir. Bu əməliyyatlardan sonra seçmə korrelyasiya əmsalını hesablamaq olar:

$$r=\frac{\sum n_{uv}uv-n\overline{uv}}{n\delta_n\delta_v}=\frac{82-100\cdot 0{,}34x(-0{,}04)}{100\cdot 1{,}07\cdot 1{,}02}=0{,}76$$

İstənilən iki qonşu variant arasındakı fərq addım adlanır, h_1 və h_2 -ilə işarə olunur.

h_1 = 25 - 20 = 5, h_2 = 26 -16 = 10 olacaqdır.

Nəzərdə tuturuq ki, şərti sıfır nöqtəsi c_1 = 30 və c_2 = 36 olacaqdır. Onda $\bar{x}$ və $\bar{y}$ aşağıdakı kimi tapılır:

$\bar{x}=\bar{u}h_1+c_1=0{,}34\cdot 5+30=31{,}7$

$\bar{y}=\bar{v}h_2+c_2=(-0{,}04)\cdot 10=35{,}65$

δ_x və δ_y isə belə tapılır:

$\delta_x=h_1\delta_u=5\cdot 1{,}07=5{,}35$

$\delta_y=h_2\delta_v=10\cdot 1{,}02=10{,}2$

Tapılan kəmiyyətlərin qiymətlərini $y-\bar{y}=r\frac{\delta_y}{\delta_x}(x-\bar{x})$ tənliyində yerinə qoyaraq reqressiya tənliyini alırıq:

$y-35,60=0,76\frac{10,2}{5,35}(x-31,7)$ və ya

$y=14,5x-10,36$

16. İkl və üç dəyişən arasındakı xətti korrelyasiya

Xətti korrelyasiya üsulu ilə, xətti əlaqə tənliyinin parametrlərinin tapılmasından əlavə əsas statistik xarakteristikalara da almaq mümkündür. Bu xarakteristikalara korrelyasiya əmsalı, orta kvadratik xəta kəmiyyətləri daxildir.

Reqressiya tənliyini tə'yin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$y-\bar{y}=\frac{\sum \Delta x\cdot\Delta y}{\sum \Delta x^2}(x-\bar{x})$$

Bu tənlikdə x və y - uyğun asılı olmayan dəyişənlərdir.

$\bar{x}$ və $\bar{y}$ - x və y dəyişənlərinin orta qiymətləridir.

Δx və Δy- ölçülən kəmiyyətlərin uyğun olaraq orta qiymətlərindən meyletməsidir, yəni, $\Delta x = x-\bar{x}$ və $\Delta y= y-\bar{y}$

Burada $\bar{x}=\frac{\sum x_i}{n}$ və $\bar{y}=\frac{\sum y_i}{n}$ olacaqdır.

Hesabatı cədvəl şəklində aparmaq daha əlverişlidir. Hesabatın aparılmasının düzgün olmasını yoxlamaq üçün aşağıdakı əməliyyatdan istifadə edilir:

$$\Sigma\Delta x^2+\Sigma\Delta y^2+2\Sigma\Delta x\Delta y=\Sigma(\Delta x+\Delta y)^2$$

Orta kvadratik meyletmə δ_x və δ_y aşağıdakı düsturlar ilə yoxlanılır.

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{n}} \text{ və } \delta_y = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_i^2}{n}}$$

Korrelyasiya əmsalı r belə hesablanır:

$$r = \frac{\sum \Delta x_i \Delta y_i}{\sqrt{\sum \Delta x_i^2 \cdot \sum \Delta y_i^2}}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, korrelyasiya əmsalı dəyişənlərin ölçülərindən asılı deyildir və həmin dəyişənlər arasındakı əlaqəni tə'yin edir. Əgər r=0 olarsa, demək olar ki, dəyişənlər arasında heç bir əlaqə yoxdur.

Korelyasiya əmsalı müsbət olarsa, onda dəyişənlər arasında düz asılılıq, əgər mənfi olarsa, onda tərs asılılıq olacaqdır. Korrelyasiya əmsalı vahidə nə qədər yaxın olarsa, dəyişənlər arasındakı asılılıq daha sıx olacaqdır. Reqressiya tənliyinin əmsalı ilə korrelyasiya əmsalı arasındakı əlaqə aşağıdakı kimi tə'yin olunur:

$$a = \frac{\delta_y}{\delta_x} \cdot r$$

δ_y və δ_x-y və x dəyişənlərinin orta kvadratik meyl etmələridir.

Nöqtələrin xətti əlaqədən meyletmə ölçüsü reqressiya tənliyinin orta kvadratik xətası adlanaraq S_y - ilə işarə olunur. Bu kəmiyyət korrelyasiya əmsalı ilə aşağıdakt düstur ilə əlaqədardır:

$$Sy = \delta_y \sqrt{1 - r^2}$$

Korrelyasiya əmsalının dəqiqliyi eksperimentlərin sayından asılıdır. Eksperimentlərin sayı nə qədər çox olarsa korrelyasiya əmsalı da bir o qədər də e'tibarlı sayılır. Korrelyasiya əmsalının ehtimal xətası aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$E_r = \pm 0{,}674 \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$$

burada n - eksperimentlərin sayıdır.

Məsələ: İki dəyişən arasındakı korrelyasiyam tə'yin edək.

Bunun üçün cədvəl 3.8-də verilmiş x və y-in qiymətlərinə əsasən həmin cədvəli tərtib edək.

Cədvəl 3.8

№	x	y	Δx=x	Δy=	$Δx^2$	$Δy^2$	ΔxΔ	Δx+Δ	(Δx+Δy
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	6	l	-1	1	1	-1	0	0
2	12	4	-1	1	1	1	-1	0	0
3	8	5	3	0	9	0	0	3	9
4	15	3	-4	2	16	4	-8	-2	4
5	10	7	1	-2	1	4	-2	-1	1
Σ	55	25			28	10	-12		14

cədvəl 3.8-in düzgünlüyünün yoxlanılması:

$$\Sigma\Delta x^2+\Sigma\Delta y^2+2\Sigma\Delta x\Delta y=\Sigma(\Delta x+\Delta y)^2$$

$$28+10-24=14$$

Cədvəlin 10-cu qrafasındakı rəqəmlə üst-üstə düşməlidir.

Cədvəl 3.8-ə əsasən aşağıdakıları tərtib edək:

1. Reqressiya tənliyi

$$y-\bar{y}=\frac{\sum \Delta x \Delta y}{\sum \Delta x^2}(x-\bar{x})$$

$$y-5=\frac{-12}{28}(x-11)$$

$$y=-0,43x+9,73$$

2. Orta kvadratik meyl etmə

$$\delta_y=\sqrt{\frac{\sum \Delta y^2}{n}}=\sqrt{\frac{10}{5}}=1,42$$

$$\delta_x=\sqrt{\frac{\sum \Delta x^2}{n}}=\sqrt{\frac{28}{5}}=2,4$$

3. Korrelyasiya əmsalı

$$r=\frac{\sum \Delta x \Delta y}{\sqrt{\sum \Delta x \sum \Delta y}}=\frac{-12}{\sqrt{28 \cdot 10}}=-0,7$$

4. Korrelyasiya əmsallarının ehtimal xətası

$$E_r=\pm 0,67 \cdot \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}=\pm 0,67 \cdot \frac{1-0,49}{\sqrt{5}}=\pm 0,14$$

5. Reqressiya tənliyinin orta kvadratik xətası

$$S_y=\delta\sqrt{1-r^2}=1,42\sqrt{1-0,49}=0,7242$$

Üç dəyişən arasındakı tənlik aşağıdakı kimi verilir:

$$Z=ax+by+c$$

Reqressiya tənliyi aşağıdakı kimi tapılır:

$$z-\bar{z}=\frac{\delta_z}{\delta_x}\cdot\frac{r_{zx}-r_{zy}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}(x-\bar{x})+\frac{\delta_z}{\delta_y}\cdot\frac{r_{zy}-r_{zx}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}(y-\bar{y})$$

Bu tənlikdə:

$$\delta_z=\sqrt{\frac{\sum\Delta z^2}{n}};\delta_x=\sqrt{\frac{\sum\Delta x^2}{n}};\delta_y=\sqrt{\frac{\sum\Delta y^2}{n}}$$

bunlar orta kvadratik meyl etmələrdir.

$$r_{zx}=\frac{\sum\Delta z\Delta x}{\sqrt{\sum\Delta z^2\sum\Delta x^2}}$$

$$r_{zy}=\frac{\sum\Delta z\Delta y}{\sqrt{\sum\Delta z^2\sum\Delta y^2}}$$

$$r_{xy}=\frac{\sum\Delta x\Delta y}{\sqrt{\sum\Delta x^2\sum\Delta y^2}}$$

Axırıncı ifadələr uyğun olaraq

z və x; z və y; x və y-arasındakı xüsusi korrelyasiya əmsalları adlanır.

$\bar{z}$, $\bar{x}$ və $\bar{y}$ dəyişənlərin orta qiymətləridir.

Ümumi korrelyasiya əmsalı R aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$R_{ZXY}=\sqrt{\frac{r_{zx}^2+r_{zy}^2-2r_{zx}r_{zy}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}}$$

Ümumi korrelyasiya əmsallarının ehtimal xətası:

$$E_R=\pm 0{,}674\frac{1-R^2}{\sqrt{n}}$$

Reqressiya tənliyinin orta kvadratik xətası:

$$S_z=\delta_z\sqrt{1-R}$$

Korrelyasiya cədvəlinin düzgün olması aşağıdakı kimi yoxlanılır:

$$\Sigma\Delta z^2+\Sigma\Delta x^2+\Sigma\Delta y^2+2\Sigma\Delta z\Delta x+2\Sigma\Delta z\Delta y+2\Sigma\Delta x\Delta y=\Sigma(\Delta z+\Delta x+\Delta y)^2$$

Üç dəyişənlər arasındakı korrelyasiya:

$$Z=ax+by+c$$

1. Dəyişənlərin orta kvadratik meyl etmələri

$$\delta_Z=\sqrt{\frac{\sum\Delta z^2}{n}}=\sqrt{\frac{11198}{25}}=21{,}1$$

$$\delta_X=\sqrt{\frac{\sum\Delta x^2}{n}}=\sqrt{\frac{26506}{25}}=325$$

$$\delta_Y=\sqrt{\frac{\sum\Delta y^2}{n}}=\sqrt{\frac{3296}{25}}=11{,}5$$

Axırıncı ifadənin a,b və c əmsallarını hesablamaq üçün köməkçi cədvəl 3.9-u tərtib edək.

Korrelyasiya cədvəli

Cədvəl 3.9

N	X	Y	Z	$\Delta x=x-x$	$\Delta y=y-y$	$\Delta z=z-z$	Δx^2	Δy^2	Δz^2	$\Delta x\Delta y$	$\Delta y\Delta x$	$\Delta u\Delta z$	$\Delta x\cdot\Delta y\cdot\Delta z$	$(\Delta x+\Delta y+\Delta z)^2$
1	240	12	69	-13	0	-	169	0	121	0	143	0	14	576
2	212	9	60	-41	-3	-	1681	9	400	123	820	60	-64	409
3	200	15	46	53	3	-34	2809	9	1156	-159	180	-102	-84	705
4	240	14	76	-13	2	-4	169	4	16	-26	52	-8	-15	225
5	300	8	10	47	-4	20	2209	16	400	-188	940	-80	63	396
6	280	4	96	27	-8	16	729	64	256	-216	432	-128	35	122
7	280	34	62	27	22	-18	729	484	324	594	-	-396	31	961
8	320	27	90	67	15	10	4489	225	100	1005	640	150	92	846
9	256	24	65	3	12	-15	9	144	225	36	-45	-180	0	0
0	241	2	90	-12	-	10	144	100	100	120	-	-100	-12	144
1	200	5	70	-53	-7	-16	2809	49	100	371	530	70	-70	490
2	236	30	45	-17	18	-35	289	324	1225	-306	595	-630	-34	115
3	271	13	85	18	1	5	324	1	25	18	90	5	24	576
4	300	0	12	47	-	40	2209	144	1600	-564	188	-480	75	562
5	290	3	12	37	-9	40	1369	81	1600	-393	148	-360	68	462
6	226	0	80	-27	-	0	729	144	0	324	0	0	-39	152
7	264	20	73	11	8	-7	121	64	49	88	-77	-56	12	144
8	220	21	50	-33	9	-30	1089	81	900	-297	990	-270	-54	291
9	261	3	98	8	-9	18	64	81	324	-72	144	-162	17	284
0	252	20	10	1	-	20	1	121	400	11	-20	-220	8	64
1	206	4	75	-47	-8	-5	2209	64	25	376	235	40	-60	360
2	230	2	86	-23	-	6	529	100	36	230	-	-60	-27	729
3	240	7	84	-13	-5	4	169	25	16	65	-52	-20	-14	196
4	280	1	11	27	-	30	729	121	900	-297	810	-330	46	211
5	280	41	50	27	29	-30	729	841	900	783	810	-870	26	676
Σ	632	90	20	0	0	0	2650	329	1198	1686	986	-	0	558

Yoxlama:

$$\Sigma\Delta x^2+\Sigma\Delta y^2+\Sigma\Delta z^2+2\Sigma\Delta x\Delta y+2\Sigma\Delta x\Delta z+2\Sigma\Delta y\Delta z=\Sigma(\Delta x+\Delta y+\Delta z)^2$$

$$2656+3296+11198+2\cdot1668\cdot2\cdot9865-2\cdot4127=55848$$

2. Xüsusi korrelyasiya əmsalı:

$$r_{zx}\frac{\Delta z\Delta x}{\sqrt{\sum\Delta z^2\sum\Delta x^2}}=\frac{9865}{\sqrt{1119826506}}=0{,}57,\qquad r_{zy}\frac{\Delta z\Delta y}{\sqrt{\sum\Delta z^2\sum\Delta y^2}}=\frac{4127}{\sqrt{111983296}}=0{,}68,$$

$$r_{zx}\frac{\Delta x\Delta y}{\sqrt{\sum\Delta x^2\sum\Delta y^2}}=\frac{1686}{\sqrt{255063296}}=0{,}19$$

3. Reqressiya tənliyi:

$$z-\bar{z}=\frac{\delta_z}{\delta_x}\cdot\frac{r_{zx}-r_{zy}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}(x-\overline{x})+\frac{\delta_z}{\delta_y}\cdot\frac{r_{zy}-r_{zx}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}(y-\overline{y})$$

$$z-80=\frac{21{,}1}{32{,}5}\cdot\frac{0{,}57-(-0.68)\cdot 0{,}19}{1-0{,}19^2}(x-253)+\frac{21{,}1}{11{,}5}\cdot\frac{(-0{,}68-0{,}57\cdot 0{,}19)}{1-0{,}19^2}(y-12)$$

$$z=0{,}48x-1{,}5y-23$$

4. Ümumi korrelyasiya əmsalı:

$$R_{zxy}=\sqrt{\frac{r_{zx}^2+r_{zy}^2-2r_{zx}r_{zy}r_{xy}}{1-r_{xy}^2}}=\sqrt{\frac{0{,}57^2+0{,}68^2+2\cdot 0{,}57\cdot 0{,}68\cdot 0{,}19}{1-0{,}19^2}}=0{,}98$$

5. Korrelyasiya əmsalının ehtimal səhvi:

$$E_R=\pm 0{,}67\frac{1-R^2}{\sqrt{N}}=\pm 0{,}67\frac{1-0{,}98^2}{\sqrt{25}}=\pm 0{,}008$$

6. Reqressiya tənliyinin orta kvadratik səhvi:

$$S_z=\delta_z\sqrt{1-R^2}=21.1\sqrt{1-0{,}98^2}=\pm 4{,}2$$

17. Modelləşdirmə üsulu. İqtisadiyyatda riyazi modelləşdirmə

Riyazi modelləşdirmə bütün mümkün proseslərin və hadisələrin riyazi vasitələrin köməyi ilə təsviri, əks etdirilməsi, öyrənilməsi və proqnozlaşdırılmasıdır. Riyazi modelin, daha doğrusu funksiyaların, tənliklərin, bərabərsizliklərin və digər münasibətlərin köməyi ilə inikas etdirilən istənilən təbiətli obyekt

(fiziki, kimyəvi, iqtisadi, sosial və s.) müvafiq riyazi məsələləri tədqiq etmək və həll etmək yolu ilə anlaşıla bilər. Əgər yeni texniki məmulatın riyazi modelləşdirilməsindən söhbət gedirsə, bu onun xarakteristikalarının müxtəlif daxili parametrlərdən asılılığını sınaqdan keçirməyə və hətta konstruksiyanı optimallaşdırmağa imkan verir. Digər hallarda riyazi modelləşdirmə prinsipcə əks etdirilməsi mümkün olmayan yaxud arzuolunmaz vəziyyətləri (məsələn, hava proqnozunu, kosmik gəminin trayektoriyasını, nüvə müharibəsinin nəticələrini və s.) imitasiya etməyə imkan verir.

Demək olar ki, riyazi modelləşdirmə bir tərəfdən fundamental araşdırmaların nəticələrinin xalq təsərrüfatı praktikasında tətbiq vasitəsidir, digər tərəfdən ən fundamental işləmələrin intensivləşdirilməsi üçün alətdir. Riyazi modelləşdirmə elmi biliklərin riyaziləşməsi prosesinin təzahürüdür. Riyaziyyat ən müxtəlif elm sahələrinə nüfuz edərək, elmi qurumlara dəqiqlik, ciddilik, etibarlılıq gətirir.

Riyazi modelləşdirmə də yuxarıda baxdığımız ümumi modelləşdirmə sxemi əsasında aparılır. Lakin, bu riyazi modellərin idrak fəaliyyətində kifayət qədər rəngarəng konstruksiyalarının, təhlili və istifadəsi üsullarının olmasını istisna etmir. Riyaziyyatın bir elm kimi daxili inkişafı, elektron hesablaşma maşınlarının (EHM) imkanlarının hədsiz artması ilə kifayət qədər riyazi

modellər yaranmaqda davam edir, riyazi modelləşdirmənin yeni formaları əmələ gəlir.

İstənilən obyektin, hadisənin və ya prosesin riyazi modeli üç əsas elementi özündə birləşdirir: a) obyektin axtarılan xarakteristikaları (məchül kəmiyyətlər)- vektor: $Y= (y_j)$; b) modelləşdirilən obyektə nəzərən xarici şərtlərin xarakteristikası: $X=(x_j)$; c) obyektin daxili parametrlərinin toplusu –D. Modeldən kənarda təyin olunan X şərtləri və D parametrlər toplusu ekzogen kəmiyyətlər, modelin köməyi ilə təyin olunan Y vektoruna daxil olan kəmiyyətlər endogen kəmiyyətlər adlanır.

Riyazi modeli obyektin X xarici şərtlərini ("giriş") obyektin axtarılan Y xarakteristikasına ("çıxış") çevirən xüsusi qurğu kimi interpretasiya etmək olar. Xarici şərtlər, daxili parametrlər və axtarılan xarakteristikalar arasındakı münasibətlərin ifadə üsuluna görə riyazi modellər iki əsas tipə-struktur və funksional modellərə bölünür.

Struktur modellər obyektin daxili quruluşunu (onun tərkib hissələrini, daxili parametrlərini, onların "giriş" və "çıxış" arasındakı əlaqələrini və s.) əks etdirir. Bu tip modellərin üç növünü ayırmaq mümkündür:

- bütün məchullar obyektin daxili parametrlərinin və xarici şərtlərini aşkar funksiyaları şəklində ifadə olunurlar:

$$Y_i=F_i\ (D, X); \qquad (1.1)$$

- məchullar məlum münasibətlər (tənliklər, bərabərsizliklər və s.) sistemindən birgə təyin olunurlar:

$$F_i = (D, X, Y); \qquad (1.2)$$

- model (1.2) tipli münasibətlərdən ibarətdir, lakin bu münasibətlərin konkret şəkli məlum deyil (model müəyyən mənada "yarımçıqdır"); rahatlıq naminə bu tip modelləri (1.3) ilə işarə edəcəyik.

İlk iki (1.1) və (1.2) modelləri tamamilə müəyyən riyazi məsələlərdir və analitik ifadələr yaxud ədədi alqoritimlər vasitəsilə həll edilə bilər. (1.1) modeli analitik həll verir. Şübhəsiz ki, həllin bu formada alınması həm praktiki nöqteyi-nəzərdən və həm də əyanilik baxımından çox cəlbedicidir. Lakin, belə həllərin alınması imkanları xeyli məhduddur. Hətta, ilk baxışda sadə görünən riyazi məsələlərin həllini həmişə analitik düstur şəklində ifadə etmək mümkünsüzdür. (1.1) məsələsinə gətirilə bilməyən (1.2) tipli məsələləri həll etmək üçün müvafiq alqoritm tapılmalıdır. Parametrlərin müəyyən qiymətlər çoxluğunda bu məsələ üçün də xüsusi həllər tapıla bilər. Alqoritmin işlənməsi gedişində həllin ümumi keyfiyyət xassələri də müəyyən edilir, belə xassələr parametrlərin konkret qiymətlərindən o qədər də asılı olmur.

Sonuncu (1.3) tipli modellər dəqiq müəyyən olunmuş riyazi modellərlə gətirilmir və həlli almaq üçün xüsusi vasitələr tapmağı tələb edir. Belə modellər xüsusi mürəkkəblikdə obyektləri

(mürəkkəb sistemləri) riyazi təsvir etmək cəhdindən yaranır. Belə sistemlərin araşdırılmasında riyaziyyatın təsadüfi proseslər nəzəriyyəsi, oyunlar və statistik həllər nəzəriyyəsi, qraflar nəzəriyyəsi, avtomatlar nəzəriyyəsi və s. kimi xüsusi bölmələri istifadə edir, mürəkkəb sistemlərin alqoritmik təsviri üsullarına geniş yer verilir.

Modelləşdirmə prosesində, o cümlədən, modellərin qurulmasında komputer böyük rol oynayır. Analitik araşdırmaların özündə belə komputerin tətbiqi zərurəti yaranır. Təsadüfi deyildir ki, bu gün əksər elm sahələrində aparılan mükəmməl tədqiqatların əsasını *kompüter modelləşdirilməsi,* komputerdə *riyazi modelləşdirmə ve hesablama sınağı* (bax: II fəsil) təşkil edir.

Mürəkkəb sistemlərin fəaliyyət prosesi komputerdə realizə olunan müəyyən alqoritm şəklində göstərilir ki, bu da *imitasiya* modelləşdirilməsinin mahiyyətini təşkil edir. İmitasiya modelləşdirilməsi (ing. *Simulation modelinq*) kifayət qədər çevik modelləşdirmə üsuludur. Onun əsas ideyasını sistem haqqında bütün mövcud informasiyadan maksimum istifadə etmək əsasında analitik çətinlikləri dəf etmək imkanı qazanmaq və sistemin fəaliyyətinə dair qoyulan bütün suallara cavab tapmaq təşkil edir. Araşdırılan proses üçün obyektin elementlərinin qarşılıqlı əlaqəsini imitasiya edən və verilən D və X parametrlərinə görə Y məchulunu təyin etməyə imkan verən müəyyən modelləyici alqoritm

(komputer üçün) qurulur. Bu zaman bütün prosesin ayrı-ayrı hissələrinin və onların əlaqələrinin təsviri üçün "adi" riyazi modellərdən istifadə oluna bilər. İmitasiya sistemləri ilə iş komputerdə həyata keçirilən eksperimentdən ibarətdir. Eksperimentin gedişində modelin ekzogen dəyişənləri, parametrləri variasiya edilir, onun strukturu təkmilləşdirilir, qəbul edilmiş fərziyyələr dəqiqləşdirilir.

Funksional modellərdə obyektin daxili strukturu öyrənilmir və təbii ki, struktura dair informasiyadan da istifadə olunmur. Başqa sözlə, funksional modellərin köməyi ilə öyrənilən obyekt daxili strukturu tamamilə görünməyən abstrakt bir obyektdir ("qara qutu" prinsipi). Funksional model obyektin fəaliyyətini elə ifadə edir ki, "girişdə" X qiymətini verməklə, "çıxışda" Y qiymətini almaq mümkün olsun:

$$Y=Z(X) \qquad (1.4)$$

Burada *D* informasiya iştirak etmir. Belə tip modelləri qurmaq, *X* və *Y* dəyişənləri arasında əlaqə formasını (*Z* funksiyasını) tapmaq deməkdir. Funksioanl modellərin əsas ideyası obyektin mahiyyətinin bu mahiyyətin mühüm təzahürləri vasitəsilə dərk olunmasıdır.

Struktur və funksional modellərin ayrılması müəyyən mənada nisbidir. Struktur modellərin öyrənilməsi eyni zamanda obyektin fəaliyyəti haqqında, xarici təsirlərə həssaslığı haqqında qiymətli

informasiya verir. Digər tərəfdən, funksional modellərin öyrənilməsində obyektin strukturuna dair hipotezlər yaranır; bununla da struktur təhlil üçün yol açılır. Onu da qeyd edək ki, (1.3) tipli modellər obyektin daxili quruluşunun (strukturunun) səhih təsvirini vermədiyinə görə struktur və funksional modellər arasında aralıq yer tutur.

§ 18. Modelləşdirmə prosesində kompüterin rolu.

Müasir kompyuter modelləşdirilməsi özünün müxtəlif təzahürlərində praktiki olaraq, müasir riyaziyyatın bütün apaartından istifadə edir.

Kompüter modelləşdirilməsinin məğzi aşağdakılardan ibarətdir;

Kompüterin köməyi ilə riyazi model əsasında seriya hesablama ekspermentləri aparılır, yəni obyekt və ya proseslərin xassələri tədqiq olunur, onların optimal parametrləri və iş rejimləri tapılır, model dəqiqləşdirilir. Kompüter modelləşdirilməsi aşağdakıları nəzərdə tutur:

1. İmitasiya (hesablama) modelləşdirilməsi
2. Hadisələrin və proseslərin vizuallaşdırılması (Qrafiki modelləşdirmə)
3. Böyük texnologiyalar (kompüterləölçü cihazlarının, sensorların, veriçilərin və s. birgə istifadəsinəəsaslanan xüsusiləşdirilmiş tətbiqi texnologiyalar).

Kompüter texnologiyalarının inkişafı ilməlaqədar sistemlərin analizi üçün modelləşdirmənin imitasiya metodları geniştətbiq tapmışdır. Məşhur amerikalı alim Robert Sennon aşağdakı tərifi verir.

"İmitasiya modelləşdirməsi ral sistemin qurulması prosesidir və bu model əsasında sistemin fəaliyyətini (özünü aparmasını) qavrama, yaxud da qiymətləndirmək məqsədilə eksperimentlərin qoyulmasıdır.

Bütün imitasiya modelləri "qara qutu" prinsipindən istifadə edir. Bu o deməkdir ki, imitasiya modelləri sistemə bir sıra giriş siqnalları daxil olduqda sistemin sistemin çıxış siqnallarını hasil edirlər.

İmitasiya modelləşdirilməsində obyektlərin, proseslərin və ya sistemlərin fəaliyyəti alqoritimlər yığımı ilə təsvir edilir. Demək olar

ki, imitasiya modelləri real obyekt, hadisə, proses və ya sistemin özünü aparmasını imitasiya edən, kompüterdə riyazi modellərin köməyilə aparılan hesablama eksperimentləridir.

İmitasiya modelləşdirilməsinin tətbiqi müəyyən şərtlər daxilində məqsədəuyğundur. Bu şərtlər R.Sennon tərəfindən belə təyin edilir:

1. Verilən məsələnin başa çatdırılmış riyazi modelin analtik metodla həlli işlənməyib. Bu kateqoriyaya çoxlu kütləvi xidmət modelləri aiddir.

2. Analtik metodlar mövcuddur, lakin riyazi prosedurlar o qədər mürəkkəb vəçox zəhmətlidir ki, onlardan istifadə edilməsi səmərəli olmur. Bu halda imitasiya modelləşdirməsi məsələnin daha sadə həll üsulunu verir.

3. Müəyyən parametrlərin qiymətləndirilməsindən başqa imitasiya modelin də müəyyən dövr ərzində prosesin gedişinə nəzarəti həyata keçirmək də mümkündür.

Kompüter (imitasiya) modelləşdirməsi aşağdakı aşağdakı mərhəklələrlə yerinə yetirilir;

1. Modelləşdirmənin məqsədlərinin təyini (bu obyektin qavranılması, idarə eduilməsi vəobyektə təsirlərin proqnozlaşdırılmasından ibarətdir);

2. Modelin giriş dəyişənlərin çıxış dəyişənlərinə təsirinin vaciblik dərəcəsinə görə bölünməsi;

1. Modelin riyazi yazılışının (təsvirinin) axtarılması;

2. Qurulmuş modelin tətbiqi;

3. Alqoritm və proqramların qurulması;

4. Proqramların icrası və tezləşdirilməsi;

Modelin real obyektə adekvantlığının müəyyənləşdirilməsi.

Kompüter modelləşdirməsi məsələnin qoyuluşundan - nəticələrin alınmasına qədər aşağdakı mərhələləri keçir:

Məsələnin qoyuluşu.

1. Məsələnin formatlaşdırılması.

b) modelləşdirmənin məqsədlərinin və onların üstünlük dərəcələrinin təyini.

c) modelləşdirmə obyekt-sistem haqqında informasiyanın yığılması.

d) verilənlərin təsviri (onların sstrukturları, diapazonları, mənbələri və s.)

2. Modelləşdirmədən əvvəlki analiz

a) mövcud analoqların və altsistemlərin analizi
b) modelləşdirmənin texniki vasitələrinin analizi
c) modelləşdirmənin proqram təminatının analizi (proqramlaşdırma dilləri, proqram paketləri, instrumental mühitləri)
d) riyazi təminatın analizi (modellər, metodlar, alqoritimlər)
3. Məsələnin (modelin) analizi
a) verilənlərin strukturların işlənməsi
b) verilənlərin giriş, çıxış spesifikasiyalarının, formalarının hazırlanması
c) modelin struktur və tərkibinin layihələndirilməsi
4. Modelin tədqiqi
a) altmodellərin tədqiqi metodların seçilməsi
b) alqoritmlərin, onların psevdekordlarının seçilməsi, adaptasiyası və işlənməsi.
c) altmodellərdən modelin yığılması
d) modelin identifikasiyası (əgər buna şərait varsa)
e) modelin istifadə olunan adekvatlılıq, dayanıqlıq və həssalıq kriterilərinin formalaşdırılması
5. Proqramlaşdırma
a) testləşdirmə metodu və testlərin seçilməsi
b) proqramlaşdırma dilində kodlaşdırma
c) proqramın şərhi
6. Testləşdirmə və sazlama
a) sintaksis sazlama
b) semantik sazlama (məntiqi strukturun sazlanması)
c) test hesabatları, testləşdirmənin nəticələrinin analizi
d) modelin dayanıqlığının tədqiqi
7. Modelləşdirilmənin qiymətləndirilməsi
a)modelləşdirmə vasitələrinin qiymətləndirilməsi
b) modelləşdirmənin adekvatlığının qiymətləndirilməsi
c) modelləşdirmənin həssaslığının qiymətləndirilməsi
d) proqramın optimallaşdırılması
8. Sənədləşdirmə
a)məsələnin, məqsədlərinin yazılışı
b) modelin, metodun, alqoritmin təsviri
c) reallaşdırma vasitələrinin təsviri
d) imkan və məhdudiyyətlərin təsviri
e) giriş-çıxış formatlarının, spefikasiyalarının təsviri

f) testləşdirmənin yazılışı

g) istifadəçi təlimatlarının yaradılması

9. Müşayiət

a) istifadənin, istifadə tezliyinin, istifadəçilərin sayının, istifadə tipinin analizi, modeldən istifadə zamanı imtiyazların analizi

b) modelin, alqoritmin və proqramın istismarına xidmət edilməsi

c) imkanların genişləndirilməsi, yeni funksiyaların daxil edilməsi və ya modelləşdirmə rejimlərinin dəyişdirilməsi

d) proqramda gizli səhvlərin tapılması və açıqlaması

10. Modeldən istifadə

Modellərin yaradılmasının universal instrumental vasitələri ümumi dilləridir. (Pascal, Turbo, C/C ++ və s.). Proqramlaşdırma dillərinin əsasında proqramların layihələndirilməsi vasitələrinin inkişafı geniş vüsət almışdır.

Bu vasitələr çox zəhmət tələb edən bir sıra əməliyyatların yerinə yetirilməsini asanlaşdırır.

Modelləşdirmənin xüsusi vasitələrinin inkişafında iki istiqaməti ayırd etmək olar:

1. Böyük və mürəkkəb sistemlərin analizi üçün modelləşdirmə vasitələri.

buraya böyük və mürəkkəb sistemlər sinifinin analizi üçün modelləşdirmə dilləri və analtik metodları modelləşdirmək üçün istifadə edilən tətbiqi proqram daxildir.

2. Proqaram kompleksləri → belə proqram kompleksləri konkret bir predmet sahəsinə aid olan sistemin modelləşdirilməsi üçün ixtisaslaşdırılır.

Bu cür proqramların ancaq müəyyən predmet sahəsi ilə məhdudlaşdırılması kimi çatışmazlığına baxmayaraq, həmin sahə mütəxəssisinin istifadə etməsi asan və səmərəli olur.

19. İqtisadi-riyazi modelləşdirmə prosesi.

Hər hansı obyekti xarakterizə edərkən, çox vaxt bu və ya digər müqayisələr aparmaq faydalı olur. Məsələn, iqtisadiyyatı fizika və ya kimya ilə müqayisə edək. Onlar arasında ümumi və fərqli cəhətlər hansılardır, Ümumi olan odur ki, fizika-müxtəlif fiziki

qanunları və hadisələri, kimya-kimyəvi qanunları və prosesləri, iqtisadiyyat iqtisadi qanunları və müxtəlif iqtisadi prosesləri öyrənir. Fərqli olan odur ki, fiziki, kimyəvi qanunlar sırf təbiətə məxsus qanunauyğunluqlardır. Həmin qanunlar əsasında bizi əhatə edən aləmin necə qurulduğunu dərk edirik. Aydındır ki, təbiətin bir parçası olan insan da bu qanunlara tabedir. İqtisadiyyatda məsələ bir az başqadır. İqtisadi qanunlar təbiətə deyil, bilavasitə insan cəmiyyətinə xasdır. Onları öyrənməklə cəmiyyətin müəyyən inkişaf pilləsinə xas olan qanunauyğunluqları, xüsusi halda özümüzün də daxil olduğumuz iqtisadi sistemi dərk etmiş oluruq. Elə bu səbəbdən də biz iqtisadiyyatı kənardan seyr etməklə öyrənə bilmərik. Hər bir insan iki rolda çıxış edir: həm istehlakçı kimi həm də bu və ya digər iqtisadi prosesin iştirakçısı kimi.

Hələ qədim zamanlarda özünü dərk prosesinin nə qədər çətin olduğu məlumdur. Buna görə də aydındır ki, iqtisadiyyat haqlı olaraq ən çətin (və həm də maraqlı) elmlər sırasına aid edilməlidir. Ona görə ki, onu öyrənməklə, ideal halda tədqiqatçı hər şeylə yanaşı, onun hər bir hissəsinin necə işləməsini anlamalıdır, yəni özünü dərk etməlidir. Burada iqtisadiyyat sosiologiya ilə qarışır. Lakin, bu heç də o demək deyildir ki, insan hələ özünü dərk etməyə tam qabil deyildirsə, onda iqtisadiyyat da dərk olunmazdır. İqtisadiyyat elmində mövcud olan nəticələr tamamilə əksini deyir.

Başqa elmlərdə, o cümlədən sosiologiyada müvəffəqiyyətlər isə iqtisadiyyatın sonrakı böyük irəliləyişləri üçün də zəmindir.

Hər bir elm təbiətin yaxud cəmiyyətin müəyyən məsələlərinin cavabını, həllini verməyi bacarmalıdır. İqtisadiyyatın da öz problemləri var: nəyi istehsal etməli?, harada istehsal etməli?, məhsulu necə qiymət qoymalı?, istehsalda çalışanlara əmək haqqını nə qədər verməli?, cari və gələcək xərcləri necə müəyyənləşdirməli? və s.

İqtisadi problemlərlərin öyrənilməsi mexanizmini aydın təsəvvür etmək üçün belə bir məsələyə müraciət edək. Tutaq ki, müəyyən aqrofirmanın optimal fəaliyyətinin təşkili ilə məşğul olmalıyıq. Başqa sözlə, hansı sahələrdə və hansı bitkiləri becərmək lazımdır, heyvandarlıq və quşçuluqla nə dərəcədə məşğul olunmalıdır, hansı həcmlərdə məhsul hazırlanmalıdır, və s. kimi məsələlərə aydınlıq gətirilməlidir. Araşdırmanı nədən başlamalı?

Hər şeydən öncə qəbul ediləcək qərarlara hansı amillərin daha təsirli olduğu dəqiq ayırd edilməlidir. Baxılan halda torpaq sahəsinin miqdarı, bitkilərin məhsuldarlığı və onlara tələbat, ət və süd məhsullarına, yumurtaya olan tələbatlar, heyvəndarlıq və quşçuluğun təşkili üçün imkanlar (binalar, təbii şərait, yem və s.) və başqaları belə amillərdəndir. Onların sayı çoxdur. Daha mühüm olanların necə ayırd etmək olar?

Belə bir analogiya yerinə düşər. Təsəvvür edin ki, sahildən Xəzər dənizinə kifayət qədər böyük daş atılmışdır və bu zaman dənizdə yaranan dalğaların yayılmasını tətqiq etmək istəyirik. Nəzəri baxımdan daşın düşməsi dənizin bütün səthində rəqslər əmələ gətirəcəkdir. Ancaq, tamamilə aydındır ki, elə daşın düşdüyü yerdən artıq on metrlərlə aralıda suyun rəqsi hərəkəti nəzərə alınmaz dərəcədə olacaqdır. Beləliklə, praktiki məqsədlər üçün bütün su səthininin deyil, onun çox az hissəsinin öyrənilməsi ilə qane olmaq tamamilə kifayətdir.

İqtisadiyyatda da anoloji hal baş verir. Firmanın müəyyən fəaliyyət proqramını seçməklə, nəzəri olaraq bütün iqtisadi sistemə təsir edirik, praktiki olaraq isə onun çox kiçik hissəsinə təsir göstərilir. Müvafiq olaraq qəbul edilən qərarlara təsir göstərən amilləri ayırarkən, elələrini nəzərə almaq lazımdır ki, təsiri hiss olunsun.

Beləliklə, aydındır ki, nəzərə alınması zəruri olan ciddi amillər o qədər də çox deyildir. Lakin, hər hansı amil əvvəlcədən məlum olmadığına görə, yalnız təcrübə və özünəməxsus məharət (intuisiya) məhz ciddi amilləri seçməyə imkan verir. Həmçinin aydındır ki, öyrənilən problem nə qədər geniş olsa, iqtisadi sistemi nə qədər çox əhatə etsə, nəzərə alınmalı amillər bir o qədər çox olar.

Baxdığımız məsələyə qayıdaq. Fərz edək ki, nə yollasa məsələnin mühüm amillərini ayırmışıq. Sonra nə etməli? İndi bu amillərin təsirinin necə büruzə verməsini aydınlaşdırmaq lazımdır. Məsələn, mal-qara üçün tövlənin genişləndirilməsi sürünün sayını artırmağa imkan verir. Hər hansı bitkinin məhsuldarlığı yüksək olduqca, onun becərilməsindən alınan gəlir də çox olar və s. Başqa sözlə, amillərə keyfiyyətcə qiymət verilir. Uzun illər boyu iqtisadiyyatda məhz keyfiyyətcə qiymətləndirmə yaxud sadə kəmiyyət qiymətləndirmələri tipik hal olmuşdur. Bu zaman bir –iki amilin dəyişməsindən alınan təsirlərə baxılmış, qalan amillər sabit hesab edilmişdir. Əhəmiyyətli amillərin sayı az olan məsələlərin həlli üçün bu kifayət idi. Lakin, XXI əsrə doğru vəziyyət xeyli çətinləşdi. Müasir inkişaf etmiş təsərrüfat sistemi daha dəqiq iqtisadi tövsiyyələr tələb edir. Müasir iqtisadi sistemlər fövqəladə mürəkkəbliyi ilə xarakterizə olunur: istehsalın miqyasları artır, buraxılan məhsulun yeniləşməsi sürəti yüksəlir, yəni texnoloji avadanlıqlar və emal vasitələri meydana gəlir, daxili və xarici istehsal əlaqələri mürəkkəbləşdirir. Bu sistemləri optimal yaxud heç olmazsa səmərəli rejimdə idarə etmək məqsədi ilə onların mühüm xüsusiyyətləri, fəaliyyət və inkişaf qanunauyğunluqları öyrənilməlidir. İqtisadi sistemin elementlərindən bu və ya digərinin nəzərdən qaçırılması həmin sistemin müvazinətliliyinin pozulmasına gətirə bilər. Artıq hər hansı X amilinin 1% artımı

firmaya 1000 ş.p.v. gəlir artımı verir-deməklə kifayətlənmək olmaz. Axı qalan amillər dəyişməz götürülür. Bəlkə, onların hamısı dəyişdi, onda neçə olacaq? Bəlkə, səmərə daha da yüksək olacaq?

Bu suallara cavab vermək üçün əhəmiyyətli amillər arasındakı kəmiyyət münasibətlərini istifadə edən riyazi model qurulur. Yenə firma məsələsinə qayıtsaq, onun fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi üçün kəmiyyətcə ifadə məqsəd funksiyasıdır.

Beləliklə, iqtisadiyyatın öyrənilməsinin əsasında modelli yanaşma durmalıdır. Lakin, aydın deyil ki, nədən başlamaq lazımdır? Hansı obyektlərin modelini qurmalı? Yuxarıdakı analogiyaya qayıdaq. Təsəvvür edək ki, dənizi və oradakı canlıları öyrənmək istəyirik. Nəyi modelləşdirməli? Yəqin ki, heç kəsin ağlına da gəlməz ki, dənizdə baş verən bütün hadisələri (kimyəvi, fiziki, bioloji və s.) bir modelin köməyi ilə ifadə etsin. Baxılan məsləni müəyyən dərəcədə hər hansı xassələri və hadisələri modelləşdirən ayrı-ayrı modellərin bütöv sistemi işıqlandıra bilər.

İqtisadiyyatda da belədir. Artıq indi aydındır ki, iqtisadiyyatın öyrənilməsində modelli yanaşmanın qəbul etməklə, biz həm də *sistemli yanaşmanın* da zəruriliyini qəbul etməliyik. Yalnız, iqtisadiyyatı müxtəlif səviyyələrdə (xalq təsərrüfatı, sahə, rayon, müəssisə və s.) təmsil edən modellər sistemi iqtisadi hadisələrin bütün cəhətlərini kifayət qədər yaxşı göstərə bilər, xalq

təsərrüfatının müxtəlif həlqələrinin idarə olunmasının optimal yollarını tapmağa imkan verər. Beləliklə, iqtisadiyyatın öyrənilməsinin əsasını məhz qarşılıqlı əlaqədə olan modellər sistemi (sadə modellər yığımı yox!) təşkil edir.

Beləliklə, iqtisadi məsələlərin araşdırılmasında riyazi üsullarını tətbiqi bir zərurət kimi iqtisadi proseslərin təbiətindən, iqtisadi elminin spesifikasından irəli gəlir. İqtisadi proseslərin və hadisələrin mürəkkəbliyi, iqtisadi sistemin inkişafına obyektiv və subyektiv amillərin təsiri, iqtisadi müşahidələrin və ölçmələrin çətinliyi, bir çox iqtisadi hadisələrin bilavasitə ölçülməsinin mümkünsüzlüyü məhz riyazi modelləşdirmə metodologiyasını tələb edir. İqtisadi inkişafda təsadüfilik və qeyri-müəyyənlik, obyektiv proseslər haqqında informasiyanın natamam və qeyri-dəqiq olması, təbiət hadisələri, beynəlxalq vəziyyətlə bağlı müxtəlif subyektiv amillər riyaziyyatın ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika, kütləvi xidmət nəzəriyyəsi kimi sahələrin üsullarının tətbiqinə ehtiyac yaradır.

20. İqtisadi-riyazi üsulların təsnifatı

İqtisadi proseslərin və ya obyektlərin riyazi modellərini qısaca *iqtisadi-riyazi modellər* adlandırırlar. Bu modellər iqtisadi proseslərin qanunauyğunluqlarını riyazi münasibətlərin köməyi ilə abstrakt şəkildə ifadə edir. Onların təsnifatında müxtəlif meyarlardan istifadə olunur.

Təyinatının məqsədinə görə iqtisadi-riyazi modellər iki tipə bölünür: *nəzəri-analitik* və *tətbiqi modellər*. Nəzəri-analitik modellər iqtisadi proseslərin ümumi xassələrinin və qanunauyğunluqlarının tədqiqində, tətbiqi modellər konkret iqtisadi məsələlərin həllində (proqnozlaşdırma, idarəetmə, iqtisadi təhlil modelləri) istifadə edilir.

Riyazi modellərin ümumi təsnifatına (bax: §1.3.) uyğun olaraq, iqtisadi-riyazi modellər də *struktur* və *funksional modellərə*, həmçinin aralıq forma olan struktur-funksional modellərə ayrılır. Planlaşdırmada və idarəetmədə obyektlərin daxili quruluşunun və altsistemlərin qarşılıqlı əlaqəsini bilməyin böyük əhəmiyyəti var. Ona görə də iqtisadiyyatda tez-tez struktur və struktur-funksional modellər tətbiq olunur. Struktur modellərin tipik nümunəsi sahələrarası əlaqələr modelidir. Funksional modellər iqtisadi tənzimləmədə tətbiq edilir. Bu zaman obyektin fəaliyyətinə "giriş" parametrlərini dəyişməklə təsir edilir. Əmtəə-pul münasibətləri şəraitində istehlakçıların davranışı modeli belə modellərdəndir. Yuxarıda deyildiyi ki, obyekt eyni zamanda həm struktur və həm də funksional modellə ifadə oluna bilər. Belə ki, məsələn, ayrıca bir sahəni planlaşdırmaq üçün struktur modeldən istifadə edilir, xalq təsərrüfatı miqyasında isə hər sahə funksional modellə göstərilir.

İqtisadi tədqiqatlara prinsipcə müxtəlif yanaşma tərzinə görə *deskriptiv* və *normativ* modelləri fərqləndirirlər. *Deskriptiv* (lat., descriptio-təsvir) modellər müşahidə olunan hadisələri yalnız izah edir və ya passiv proqnoz verir, obyekt necədir?, nədən ibarətdir? Və ya nə cür inkişaf edir? Suallarını cavablandırır. Normativ modellər məqsədyönlü fəaliyyət əsas tutur, obyekt necə olmalıdır, necə qurulmalıdır? Və ya necə fəaliyyət göstərməlidir? Suallarını cavablandırır. Normativ modellərə optimal planlaşdırma modelləri nümunə ola bilər. Bəzi istehsal funksiyaları və istehlakçının tələb funksiyaları deskriptiv modellərdəndir.

İqtisadi-riyazi modelin deskriptiv yaxud normativ olması təkcə onun riyazi strukturundan deyil, bu modelin istifadə olunma xarakterindən də asılıdır. Məsələn, sahələrarası balans modeli keçmiş dövrün təhlili yaxud passiv proqnoz üçün istifadə edilirsə, deskriptiv hesab olunur. Həmin riyazi model xalq təsərrüfatının inkişafının balanslaşdırılmış variantlarının hesabatı üçün tətbiq olunursa, onda normativdir.

Səbəbiyyət-nəticə əlaəqələrinin əks etdirilməsi xarakterinə görə sərt *determinist* modelləri və *təsadüfi, qeyri-müəyyən* amilləri nəzərə alan modelləri ayırırlar. *Determinist* modellər iqtisadi hadisələrin tamamilə müəyyənliyinə əsaslanır (lat., *determino*-müəyyən edirəm). *Ehtimallı (stoxastik)* adlanan ikinci tip modellərin ifadə etdiyi proseslərin nəticələri təsadüfi, kənar

amillərin təsirindən asılıdır (yunan., *stochastikos*- "tapa bilən") və onu bu və ya digər dərəcədə öncədən görmək olar. Bəzən planlı təsərrüfatı determinə olunmuş qəbul edirlər. Lakin, iqtisadi sistemlərə ehtimalla yanaşmaq məsləhətdir. Məsələn, ölkədə taxıl yığımının statistik cədvəlini göz önünə gətirək: məhsul artımında ümumi meyl müşahidə olunsa da (məsələn, beşillik rəqəmləri müqayisə etdikdə), ildən ilə bu rəqəmlər kəskin fərqlə dəyişə bilər. Odur ki, iqtisadiyyatın öyərnilməsində gələcək tendensiyaları proqnozlaşdırmaq, planda müxtəlif ehtiyyatları nəzərə almaq lazımdır və s. Ehtimallı iqtisadi sistemlərin modelləri iqtisadi-statistik üsulların tətbiqini tələb edir. Bununla yanaşı *determinist* iqtisadi-riyazi modelləri də inkar etmək olmaz. Ən azı ona görə ki, real iqtisadi proseslərin sadələşdirilmiş inikası onların öyrənilməsini asanlaşdırır.

Zaman amilinə görə iqtisadi riyazi modellər statik və dinamik modellərə bölünür. Statik modellər iqtisadi sistemin müəyyən andakı halını əks etdirir, dinamik modellər isə sistemin zamana görə inkişafını, hərəkətini öyrənir. Obrazlı ifadə ilə desək, birinci halda kinofilimdən bir kadrı, ikinci halda bütöv kinonu görürük. Zamanı bir dəyişən kəmiyyət kimi bu modellərdə kəsilməz və ya diskret şəkildə (addımlarla, məsələn, bir illik fasilələrlə) iştirak edə bilər.

Riyazi asılılıqların forması baxımından qitisadi-riyazi modellər daha müxtəlifdir: *xətti, qeyri-xətti, qabarıq* və s. Təhlil və hesablamalar nöqteyi-nəzərindən xətti modellər daha geniş yayılmışdır. Xətti və qeyri-xətti modellər arasındakı fərq təkcə riyazi deyil, həm də nəzəri-iqtisadi baxımdandır. Məlumdur ki, iqtisadiyyatda əksər asılılıqlar qeyri-xətti xarakter daşıyır: istehsal həcmi artdıqca ehtiyatlardan istifadənin səmərəliliyi, əhalinin gəlirləri artdıqca tələb və istehsalın dəyişməsi və s. sadəlik naminə qeyri-xətti münasibətlər xəttilərlə əvəz edildikdə, iqtisadi proseslərə xas olmayan keyfiyyətlər ortaya çıxa bilər.

Modeldə iştirak edən ekzogen və endogen dəyişənlərin nisbətinə görə *açıq* və *qapalı* modellər var. Tam açıq model yoxdur: modeldə heç olmazsa bir endogen dəyişən var. Tam qapalı iqtisadi-riyazi modellər (ekzogen dəyişənləri olmayan) lap azdır. Açıq modellər modelləşdirilən obyektin xarici mühitlə qarşılıqlı təsirini nəzərə alır, əksinə qapalı modellərdə bu nəzərə alınmır. Qapalı modellərdə obyekt xarici mühitdən təcrid olunmuş kimi götürülür. Etiraf etmək lazımdır ki, əslində belə iqtisadiyyat mümkünsüzdür. Hər ölkənin ixracı da var, idxalı da, yəni sistem qapalı deyil. Sadəcə olaraq, bu anlayışlar elmi abstraksiya kimi real iqtisadi sistemi sadə modeldə öyrənməyə kömək edir. Burada mühüm olan odur ki, qapalı modelin vəziyyəti xarici amillərlə

deyil, sistemin başlanğıc vəziyyəti və daxili inkişaf qanunauyğunluqları ilə müəyyən olunur.

İqtisadi-riyazi modellərin təsnifatını yenə davam etdirmək olar: kəsilməz və *diskret dəyişənli* modellər, qarışıq dəyişənli modellər; *mikro-* və *makromodellər; nöqtəvi* və *fəza* modelləri və s. beləliklə iqtisadi-riyazi modellərin ona yaxın əlamətə görə təsnifatını verdik. İqtisadi-riyazi tədqiqatlar intensivləşdikcə təsnifat problemi də çətinləşir. Əlbəttə, şübhəsiz ki, yeni tip modellərin və yeni təsnifat əlamətlərinin yaranması ilə yanaşı müxtəlif tipli modellərin inteqrasiyası prosesi də gedir.

21. İqtisadi-riyazi üsulların tətbiq sahələri

Ümumiyyətlə, iqtisadi-riyazi üsullar iqtisadi və riyazi fənlər kompleksinin ümumi adıdır. İqtisadi-riyazi üsullar iqtisadi sistemin ayrı-ayrı elementlərinin əlaqəsini formalizə etmək üçün tətbiq olunan riyazi aparatdır, ümumi kibernetik qanunauyğunluqlar və prinsiplərdir. Riyaziyyat, kibernetika və iqtisadiyyat elmlərinin qovuşuğunda yerləşən bu fənlərin ümumi qəbul olunmuş təsnifatı yoxdur.

Lakin, bu üsulların səmərəli tətbiqi hər şeydən öncə onların ciddi və dərindən öyrənilməsini və deməli, müəyyən sistematikasını və təsnifatını tələb edir. İstənilən təsnifat tədqiqatın məqsədinə yaxud bu və ya digər hadisənin təhlilinə tabedir. Məqsədə uyğun da təsnifat əlaməti seçilir. İqtisadi-riyazi üsulların

öyrənilməsinin məqsədi onların realizə edilmə mexanizminin açmaqdan, daha səmərəli tətbiq sahələrini müəyyənləşdirməkdən ibarət olduğuna görə təsnifat əlaməti olaraq, məsələn, istifadə olunan riyazi aparatın xarakterini götürmək mümkündür. Bu əlamətə görə klassik və tətbiqi riyaziyyatın üsullarını ayırmaq olar.

Klassik riyazi üsullar riyazi analiz və ehtimal nəzəriyyəsini əhatə edir. Riyazi analiz üsulları öz növbəsində differensial və variasiya hesabı kimi təsnif oluna bilər. Bu üsullardan təqvim-plan normativlərinin parametrlərinin hesablanmasında (müəyyən növ detalların ölçüsünün, istehsal dövrü müddətinin, artıq məhsulun miqdarının təyini və s.) istifadə etmək məqsədə müvafiq sayıla bilər.

Tətbiqi riyaziyyat üsulları kifayət qədər genişdir. Buraya aid edilən üsullar elementar hesablamaların tərkibinə, realizə üsullarına, istifadə olunan vasitələrə və s. görə rəngarəngdir. Göstərilən əlamətlərin mahiyyətinə görə bu qrup üsulları daha sonra belə nəzəriyyəsi, kombinator üsullar, cədvəllər nəzəriyyəsi, oyunlar nəzəriyyəsi, kütləvi xidmət nəzəriyyəsi, ehtiyatların idarə olunması, ekspert qiymətləndirmələri.

Optimal proqramlaşdırma (riyazi proqramlaşdırma) müəyyən məhdudiyyət şərtlərinin ödənildiyi mümkün həllər çoxluğunda bu və ya digər məqsədə çatma dərəcəsini qiymətləndirmək üçün seçilən məqsəd kriterisinin optimal qiymətinin tapılması

məsələsinin həlli üçün üsullar yığımdır. Belə üsullardan bir neçəsini qeyd edək: xətti proqramlaşdırma, dinamik proqramlaşdırma, qabarıq və kvadratik proqramlaşdırma və s.

Proqramlaşdırma məfhumu sırf iqtisadi məna daşıyır və qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün məhdud ehtiyatların ən əlverişli yolla paylanması deməkdir. Daha doğrusu, məsələnin həlli prosesində axtarılan dəyişənlər, adətən küll halında müəyyən iqtisadi obyektin işinin proqramını (planını) təyin edir. Onu planlaşdırma məfhumu ilə də əvəz edirlər. Qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün ən əlverişli yolla sözləri elə "optimal" sözü deməkdir. Bu üsulların tətbiqi nəticəsində optimal həllər alınır, alkin belə həllə çatmaq üçün müəyyən proqram üzrə bir sıra əməliyyatların icrası zəruridir. Riyaziyyatda optimum axtarılan məsələlər *ekstremal məsələlər* adlanır, bunlarda müəyyən məqsəd funksiyasının maksimum yaxud minimum qiymətini tapmaq tələb olunur.

Optimal proqramlaşdırmanın geniş yayılmış sahəsi olan *xətti proqramlaşdırma* dəyişənlər arasında xətti asılılıqlarla xarakterizə olunan ekstremal məsələlərin həlli nəzəriyyəsi və üsullarına həsr olunmuşdur. Başqa sözlə, xətti proqramlaşdırma məqsəd funksiyası və məhdudiyyət şərtləri xətti asılılıqla ifadə olunan məsələlərin həllində istifadə olunur.

İqtisadi hadisələrin öyrənilməsi göstərir ki, iqtisadi sistemlərdəki asılılıqlar, bir qayda olaraq, çox mürəkkəbdir və qeyri –xətti xarakter daşıyır. Bu asılılıqların xəttiləşdirilməsi sistemin yaxud hadisənin modelini kobudlaşdırır və bununla da sadələşdirir. Bu zaman bəzi hallarda belə sadələşdirmə alınan nəticələri reallıqdan o qədər uzaq olur ki, xətti proqramlaşdırmadan istifadə sadəcə istisna olunur. Xətti proqramlaşdırma məsələlərinin həllində EHM-lərdən istifadə edilməsi modellərə yüzlərlə və minlərlə dəyişənlər, tənliklər və bərabərsizliklər daxil etməyə imkan verir.

Əgər tənliklər və ya bərabərsizliklər sistemində təsadüfi elementlər varsa. Ancaq dəyişənlər xətti asılıdılarsa, onda belə məsələ *stoxastik proqramlaşdırma* üsulları ilə həll olunur. Məsələn, adi məsələdə fərz edilir ki, xammal sərfi ən çoxu 5000 ton olmalıdır. Stoxastik məsələdə isə nəzərə alınır ki, həmin xammalın (məsələn, taxılın) miqdarı ehtimallı xarakter daşıyır, yəni məhsuldarlıq yaxşı olarsa 5000 tondan çox, pis olarsa, az ola bilər və s. Bundan əlavə, məsələnin başqa şərtləri də ehtimallı xarakter daşıya bilər: taxılın emalı üçün zəruri materialların həcmi, avadanlığın sayı, anbarların tutumu, əmək haqqı fondu və s. aydındır ki, bütün bunlar məsələnin həllini əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir.

Əgər məchul dəyişənlərin tapılması zamanı onlardan birinin və ya bir neçəsinin yalnız tam qiymətlər alması tələb olunursa, onda bu halda qoyulan məsələni həll etmək üçün *tamədəli proqramlaşdırma* üsullarından istifadə etmək zəruridir. İqtisadiyyatda belə xarakterli məsələlər çoxdur. İlk növbədə bu bir çox obyektlərin fiziki bölünməzliyi ilə bağlıdır. Məsələn, 1,5 soba qurmaq və ya 3,8 avtomobil almaq olmaz. Bütün sahə məsələləri müəyyən sayda müəssisə yaxud layihə variantlarına istinadən qurulur. Nəhayət, plan göstəriciləri (illik, aylıq, yaxud sutkalıq) də tam qiymətli ola bilər.

Adları çəkilən optimal iqtisadi-riyazi üsullar müəssisənin illik istehsal proqramının formalaşdırılması, yüklərin optimal daşınması, dəzgahların optimal yerləşdirilməsi, növbəlik-sutkalı tapşırıqların tərtibi, məmulatların (detalların) işə salınması-buraxılması təqvim plan-qrafiklərinin işlənməsi və s. kimi plan məsələlərinin həllində istifadə olunur.

Dəyişənlər arasında asılılıq qeyri-xətti xarakterli olduqda *qeyri-xətti proqramlaşdırma* üsullarından istifadə edilir. Bu zaman müxtəlif hallar mümkündür: məqsəd funksiyası xəttidir, məhdudiyyətlər qeyri-xəttidir; məhdudiyyətlər (heç olmazsa biri) qeyri-xəttidir, funksiya xəttidir; həm məhdudiyyətlər, həm də məqsəd funksiyası qeyri xəttidir. Belə məsələlərin həlli xeyli mürəkəbdir, çünki universal bir üsul yoxdur. Son illər EHM-də

realizə olunan təqribi həll üsullarına üstünlük verilir. Bu tipə müvafiq iqtisadi məsələlərdə nəticə (səmərəlilik) ehtiyatların miqyasının dəyişməsinə qeyri-mütənasib olaraq artır və ya azalır. Məsələn, xərcləri iki dəfə artırdıqda məqsəd funksiyası kimi mənfəət iki dəfə artırsa, üç dəfə artırdıqda, fərz edək ki, 2,5 dəfə artırsa, biz qeyri-xətti asılılıqla iş görmüş oluruq. Praktikada belə hallarla daim qarşılaşırıq: müəssisələrdə istehsal xərclərinin dəyişən və şərti-sabit xərclərə bölündüyünə, sonrakı malları satmaq çətinləşdikdə mallara tələbatın azalmasına və s. görə.

Qeyri-xətti proqramlaşdırma üsulları sırasında kvadratik və qabarıq proqramlaşdırmanı ayırmaq olar. *Qabarıq proqramlaşdırma* ya məqsəd funksiyası yaxud da məhdudiyyət şərtləri qabarıq olan qeyri-xətti ekstremal məsələlərin xüsusi həll üsullarının toplusudur. Belə növ məsələlərin həllindən məqsəd dəyişənlərin elə çoxluğunu tapmaqdır ki, qabarıq funksiyaya minimum yaxud çörək funksiyaya maksimum versin. Belə qabarıq funksiya, məsələn, istehsal amillərin müxtəlif düzümündə xərclər ola bilər. *Kvadratik proqramlaşdırma* məhdudiyyət şərtləri xətti, məqsəd funksiyası isə iki dərəcəli çoxhədli olan xüsusi sinif ekstremal məsələlərin həll üsulları toplusudur. Kvadratik proqramlaşdırma məsələlərini həll etmək üçün ümumi qabarıq proqramlaşdırma məsələsinin həlli üsulları da tətbiq oluna bilər. Qeyri-xətti proqramlaşdırmanın göstərilən üsullar qrupu məsələn,

müxtəlif amilləri nəzərə almaqla əmək məhsuldarlığının artım göstəricilərinin hesablanması, istehsal həcmi artdıqda istehsal xərclərinin dəyişməsi məsələsinin həllində istifadə olunur.

Dinamik proqramlaşdırma üsullarının tətbiq olunduğu optimallaşdırma məsələlərində proseslərə dinamik inkişafda baxmaq zərurəti yaranır. Bu zaman hesablama prosedurası özünəməxsus sxem üzrə realizə olunur: optimal həllin bütün tapılma prosesi müəyyən addımlar ardıcılığı şəklində göstərilir, hər addımda optimal həll tapılır, belə ki, optimallıq sonrakı addımlara təsir göstərməklə təyin olunur. Dinamik proqramlaşdırma üsullarının əsasında amerika riyaziyyatçısı R.Bellmanın optimallıq prinsipi durur. Baxılan üsulların əsasında həllin axtarılması prosesi çoxadamlı prosesdir. Bu zaman çoxdəyişənli bir məsələ çoxlu sayda az dəyişənli (hətta bir) məsələ ilə əvəz olunur ki, bu da hesablamaların həcmini hiss olunacaq dərəcədə azaldır. Göstərilən üsulların tətbiqində məhdudlandırıcı şərtlər aşağıdakılardır: yekun optimum hər addımdakı optimal həllərin cəminə bərabərdir, baxılan zaman anında sistemin vəziyyəti isə optimal həllin seçimini təyin edir, optimal həllə sistemin baxılan zaman, anından əvvəlki vəziyyəti təsir etmir. Bu üsullarla istismar müddətində ən böyük gəlir almaq şərti daxilində avadanlığın əvəz olunması vaxtının seçilməsi, müxtəlif növ ehtiyatların istehsal sahələri üzrə bölüşdürülməsi məsələləri həll edilə bilər.

Real iqtisadi sistemlərin modellərində məqsəd funksiyasının yaxud məhdudiyyət şərtlərinin əmsalları sabit kəmiyyətlər olmayıb, ekstremal məsələnin həll edildiyi zaman periodu ərzində müxtəlif amillərdən asılı olaraq dəyişə bilər: detalların (məmulatların) texnoloji emalı proseslərinin dəyişdirilməsi şəraitində əlavə kapital qoyuluşunun miqdarının təyini və s. Belə növ məsələləri realizə etmək üçün *parametrik proqramlaşdırma* üsullarından istifadə etmək səmərəlidir.

Çoxlu sayda bircins obyektlər toplusuna xas olan qanunauyğunluqları tapmaq və açmaq üçün *riyazi statistika* üsullarından istifadə olunur. Bu zaman toplunun hər bir elementi deyil, müəyyən elementlər seçimi öyrənilir. Bu seçimin alınan xarakteristikalarının müqayisəli qiymətləndirilməsində, həmçinin ayrı-ayrı kəmiyyətlər arasında əlaqələrin formalaşmasında və bu əsasda sistemin gələcək inkişafının proqnozlaşdırılmasında istifadə oluna bilər. Riyazi statistikaya korrelyasiya-reqressiya təhlili, dispersion təhlil, faktorlu təhlil və s. daxildir. Riyazi statistika üsulları normativlərin parametrlərinin hesabatında, cari və perspektiv planların işlənməsində, müəssisənin istehsal-təsərrüfat fəaliyyətinin təhlilində geniş tətbiq edilir. Bu üsullar həmçinin kütləvi xidmət, ehtiyyatların idarə olunması məsələlərinin həllində istifadə olunur.

Klassik riyazi proqramlaşdırma üsulları vasitəsilə realizə edilə bilməyən məsələləri həll etmək üçün *kombinatorika üsulları*, məsələn budaqlar və sərhədlər üsulu istifadə edilir. Baxılan üsullara icraçının təcrübəsinə, intuisiyasına əsaslanan *evristik üsullar* yaxındır. Kombinatorika üsulları ilə həm dəqiq, həm də təqribi həllər almaq olar.

Kifayət qədər geniş sinif iqtisadi problemlərin araşdırılmasında *oyunlar nəzəriyyəsi*, *qraflar nəzəriyyəsi* geniş tətbiq olunur. Qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarlar qəbul edərkən oyun modellərindən istifadə etmək məqsədyönlüdür. Mürəkkəb elmi tədqiqat, təcrübə-konstruktor və istehsal işləri kompleksinin optimal yerinə yetirilməsində qraflar nəzəriyyəsinə əsaslanan şəbəkə *planlaşdırması* və *idarəetməsi* üsulları böyük səmərə verir.

İqtisadi-riyazi üsullar mürəkkəb bilik sahəsidir, onun kifayət qədər effektiv mənimsənilməsi böyük səy tələb edir. İqtisadiyyatda düzgün olmayan riyazi hesablama mütəxəsisin inuisiyasına əsaslanan təxmini qərarlara nisbətən daha böyük zərər gətirə bilər. Riyaziyyatın düzgün tətbiqi isə xalq təsərrüfatının istinasız olaraq bütün sahələrində və bütün səviyyələrində idarəetmənin keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa qadirdir. Yeni kompüter texnologiyalarının intensiv tətbiqi şəraitində bu üsulların əvəzsiz rolunu inkar etmək olmaz.

22.Riyazi modelin işlənməsi, modelin riyazi təhlili.

Tədqiq olunan obyektin riyazi modelinin qurulması hesablama sınağının əsasını təşkil edir. Burada iqtisadi problem konkret riyazi asılılıqlar və münasibətlər (funksiyalar, tənliklər, bərabərsizliklər və s.) şəklində ifadə olunur. Adətən əvvəlcə riyazi modelin əsas konstruksiyasi (tipi) təyin edilir və onun tətbiqi imkanları öyrənilir, daha sonra bu konstruksiyanın detalları (dəyişənlərin və parametrlərin konkret siyahısı, əlaqələrin forması) dəqiqləşdirilir. Beləliklə, modelin qurulması, öz növbəsində bir neçə mərhələyə bölünür.

Model obyekti xarakterizə edən ən əsas faktorları və şərtləri əhatə edilməlidir. Düşünmək olmaz ki, model nə qədər çox faktoru nəzərə alırsa, bir o qədər də yaxşı "işləyir" və yaxşı nəticələr verir. Modelin çətinlik (mürəkkəblik) dərəcəsi müəyyən mənada optimal olmalıdır. Hədsiz mürəkkəblik tədqiqat prosesini çətinləşdirir.

Hətta, kifayət qədər yeni iqtisadi məsələlər üçün "yeni" model "kəşf" etməyə çalışmaq lazım deyil. Əvvəlcə bu məsələni artıq məlum modellərin tətbiqi ilə həll etməyə cəht etmək vacibdir. Elə də ola bilər ki, problemin riyazi ifadəsi tamamilə yeni bir riyazi struktur olsun.

Bu mərhələdə sırf riyazi tədqiqat üsulları ilə modelin və onun həllərinin ümumi xassələri aşkarlanır. Xüsusi hal kimi məsələnin həllinin varlığının isbatı mühümdür. Analitik tədqiqat zamanı

aydınlaşır ki, həll yeganədirmi, həllə hansı dəyişənlər daxil ola bilər, onlar hansı intervalda dəyişə bilər və s. Lakin, mürəkkəb iqtisadi obyektlərin modellərini analitik tətqiq etmək böyük çətinliklərlə bağlıdır, belə hallarda ədədi tədqiqat üsullarına keçirlər.

23.Verilənlərin strukturunun və alqoritmin işlənməsi.

Məsələnin ədədi həll üsulu standart kitabxana proqramı şəklində realizə oluna bilərsə, onda alqoritm, adətən başlanğıc verilənlərin təsvirinə və daxil edilməsinə, standart altproqramın çağırılmasına və nəticələrin ekrana yaxud çapa çıxarılmasına gətirilir. Ən çox xarakterik olan hal standart altproqramın baxılan məsələnin yalnız hər hansı hissəsini həll etməsidir. Bu halda məsələnin ayrı-ayrı həll mərhələlərinin ardıcıllığını müəyyənləşdirərkən nəzərə almaq lazımdır ki, onların bir hissəsini standart altproqramlar yerinə yetirəcəkdir, bir hissəsi isə müstəqil proqramlaşdırılmalıdır. Mestəqil proqramlaşdırma dilləri alqoritmlərin strukturunu təsvir etmək üçün müxtəlif imkanlara malikdir. Odur ki, elə alqoritmin məntiqi işlənmə mərhələsində EHM dilinin xüsusiyyətlərini nəzərə almağa çalışırlar. Belə yanaşma yalnız o halda özünü doğruldur ki, alqoritmi məntiqi cəhətdən hədsiz mürəkkəbləşdirməsin.

Alqoritmləşdirilən məsələ mürəkkəb olduqda, bütün problemləri birdəfəlik həll etməyə cəhd göstərmək lazım deyil.

Mürəkkəb proqramların işlənməsində hal-hazırda “yuxarıdan aşağıya doğru” layihələndirmə, modulu və strukturu proqramlaşdırma prinsiplərindən ardıcıl istifadə edilir. Qeyd edək ki, məsələnin dəqiq strukturlaşdırılması, onun altməsələlər ardıcılığına bölünməsi, altməsələlərin ayrıca modul şəklində reallaşdırılması, alqoritmin məntiqi ardıcılığının tədricən detallaşdırılması, tipik məntiqi sxemlərdən istifadə edilməsi mürəkkəb məsələlərin həlli üçün qısa müddətdə işlək proqramlar yaratmağın ən yaxşı vasitələridir. Bu prinsipləri təkcə peşəkar proqramçılar deyil, komputerdə məsələ həll etmək məcburiyyətində olan hər bir tədqiqatçı bilməli və tətbiq etməyi bacarmalıdır.

Alqoritmin işlənməsinin mühüm tərkib hissəsi verilənlərin tərkibinin və təşkili üsullarının (strukturunun) düzgün seçilməsidir. Proqramlaşdırma dilləri, o cümlədən BASIC dili ədədi və simvol dəyişənlərlə, sabitlərlə, massivlərlə (vektorlar və matrislərlə), alt proqramlarla işləməyə imkan verir. Verilənlərin tərtibi, tipi, strukturu müəyyənləşdirilərkən dilin imkanları əsas götürülür.

Alqoritmin işlənməsi onun qrafiki təsviri yaxud psevdokadlar şəklində yazılışı ilə yekunlaşır. Məqsəd proqramlaşdırma mərhələsinə qədər alqoritmin məntiqi cəhətdən düzgünlüyünə əmin olmaqdır.

§24. Məntiqi , məhsullar , freymlər və relyasion modellər

Biliklərin təqdim edilməsinin məntiqi modellərin qurulması zamanıəsas idea ondan ibarətdir ki, prediment oblastında qoyulmuş məsələnin həll edilməsi üçün zəruri olan bütün informasiya hər hansı məntiqi ifadələr (aslılıqlar) şəklində təqdim edilmiş fakt və müddəalar çoxluğu kim verilir. İlkin biliklər belə ifadələr yığımışəklindəəks etdirilir, yəni biliklər isə məntiqi nəticəçıxarma prosedurlarının rallaşdırılması iləəldə olunur. Bu məqsədlə formal məntiqi dillər istifadə edilir. Onlara formal nəticəçıxarma prosedurları ilə yanaşı fikir yürütmə, predikat hesablamaları, çox qiymətli və model məntiqaiddir.

Biliklərin təqdim edilməsinin məntiqi modellərinin əsasında M={B, F, A, R}dördlüyü ilə verilən formal sistem durur. Burada, B - müxtəlif təbiətli baza elementləri çoxluğu, F - sintaksis qaydalar (aslılıqlar) çoxluluğu, A - sintaksis cəhətdən düzgün qaydalar çoxluğu, R - nəticəçıxarma qaydalarıçoxluğudur.

Baza elementləri çoxluğuna (B) hər hansı məhdud lüğətin sözlərindən, müəyyən kompleksin tərkibinə daxil olan əsas konstrukturunun hissələrində və s. ibarət çoxluqlarımisal göstərmək olar. Məntiqi modeldə ixtiyari elementin B çoxluğuna daxil olub-olmamasını müəyyən etməyə imkan verən hər hansı üsul və ya vasitənin olmasıçox vacibdir. Belə yoxlama proseduru ixtiyari x elementi B çoxluğuna daxildirmi? Sualına sonlu sayda addımlar nəticəsində müsbət və ya mənfi cavab verməlidir. Sintaksis qaydalar çoxluğunun (F) köməyi ilə B çoxluğunun elementlərindən sintaksis cəhətdən düzgün qaydalar çoxluğu düzəldir. Məs, B çoxluğu məhdud lüğət və F çoxluğunu isə dilin qramatik qaydalar, cümlə, ifadə və ya işarələrin düzəldilməsi proseduru kimi qəbul etsək, onda bu lüğətin F qaydalarının köməyi ilə düzəldilmiş sintaksis cəhətdən düzgün olan cümlə, ifadə və ya işarələr A çoxluğunu təşkil edir.

Beləliklə demək olar ki, məntiqi modellərdə sintaksis cəhətdən düzgün ifadələr qurmaq üçün qaydalar toplusu verilir. Bu qaydalar elə həlledici prosedurlara malikdirlər ki, onlar istənilən ifadəüçün eyni yolla və sonlu sayda addımlar nəticəsində həmin ifadəni sintaksis cəhətdən düzgün olub-olmadığını müəyyən edir. Bu prosedurların yerinə yetirilməsi nəticəsində sintaksis düzgün qaydalar çoxluğu (A) alınır. Onlara çox vaxtlar aksiomlar deyilir.

Nəticədəçıxarma qaydalarını (R) düzgün qaydalar çoxluğuna (A) tətbiq etməklə sintaksis cəhətdən yeni qaydalar almaq olar ki, onlara da öz növbəsində R çoxluğunun qaydalarını təkrar tətbiq etmək olar. Bu yolla məntiqi modeldə çıxarılan nəticələr çoxluğu formalaşır.

Biliklərin təqdim edilməsinin məntiq modelinin cəhətləri aşağdakılardır:

1. Aydın və geniş qəbul edilmiş formal sematikanın və dəqiq sintaksisin olması;

2. Biliklərin təsvirinin yığcamlılığı - biliklərin istifadə xüsusiyyətlərindən asılı olmadan hər bir fakt yalnız bir dəfə təqdim edilir.

3. Formal yolla bir bilikdən başqa biliklərin alınmasına imkan verən təhlil və məntiqi nəticəçıxarma mexanizmlərinin mövcud olması.

Məntiqi modellərin qüsurları bunlardır:

1. Predment oblastı üzrə biliklərin formalaşdırılması üçün böyük sayda qaydaların (aksiomların) daxil edilməsi tələb olunduğundan biliklər bazasının çox böyük olması

2. Biliklər bazasının konkret strukturunun olmaması, biliklərin bazada məntiqi xətti düsturlar (aslılıqlar) toplusu nəticəsində təsvir edilməsi.

3. Həqiqətə qismən yaxın olan nəticələrin çıxarılması, səhv və qeyri standart.

4. Vəziyyətlərin qeydiyyat, natamam və qeyri-dəqiq informasiyaya əsasən nəticələrin çıxarılması imkanlarının olmaması.

İnsanlar tərəfindən qərarların qəbul edilməsi məsələlərinin psixoloji tədqiqatları göstərir ki, insanlar mülahizə yürüdərkən və qərar qəbul edərkən daimi onların həyat təcrübəsindən yaranmış məhsullar modelini və ya nəticəçıxarılma qaydalarını istifadə edirlər. Lakin bu proses avtomatik və ya intuitiv olaraq baş verir.

Məhsullar sistemi dedikdə, yalnız hər hansı müəyyən edilmiş işlər ödənildikdə yerinə yetirən qaydalar (addımlar) çoxluğunun idarə edilməsi mexanizmi başqa düşülür. Ümumi halda məhsullar modelini belə vermək olar:

$n:S;L;A \rightarrow B;\ Q.$

Burada, n - məhsulların sayı, S - bu strukturun isrifadə edilə biləcəyi vəziyyətlər sinfinin təsviri, L - məhsulun aktivləşməsinə səbəb olan şərt, $A \rightarrow B$ məhsulun özəyi, Q - məhsullar qaydasının nəticəsidir

vəödənildikdə yerinə yetirilməsi zəruri olan əməliyyatlarını və hərəkətlərini (prosedurları) göstərir.

Məhsullar sistemində biliklər konkret vəziyyəti konkret əməllə (nəticə ilə) əlaqələndirilən qaydalar (vəziyyət nəticə modelləri) toplusunun köməyi ilə təqdim edilir. Məhsullar sistemində məsələnin alt məsələlərə ayrılması prinsipinəəsaslanmışüsullar reallaşdırılır. Bu üsulların nəticəsində ilkin məsələ elementar alt məsələlərə bölünür. İlkin qoyuluşda daxil edilmiş biliklərin əsasında sistem evristik axtarışüsulunu istifadə rdərək həllin mümkün yollarınıaxtarır. Məhsullar sistemində biliklər aşağdakı formaya malik qaydalar şəklində təqdim edilir.

Əgər "Şərtlərin siyahısı", onda 2əməl və hərəkətlərin siyahısı".

(FF "Şərtlərin siyahısı", "THEN" "əməl və hərəkətlərin siyahısı")

Məhsullar modeli aşağdakı müsbət cəhətlərə malikdir;

1. Predmet oblastının müxtəlif tip bilikləri üçün məhsullar sisteminin qaydalarının tərtib rdilməsi sadə və universaldır.

2. Qaydaların təbii modulluluq prinsipinə əsaslanması (qaydaların başa düşülməsinin və yoxlanılmasının ayrı-ayrı qaydaların yaradılması və tətbiqi sadədir).

3. Məhsullar sisteminin doldurulması və dəyişdirilməsi əsasdır.

4. Məntiqi nəticə çıxarma mexanizmi sadədir.

5. Asinxronluq və qeyri - determinantlıq məhsullar sisteminin paralel kompüterlərdə reallaşdırılmasını prespektivli edir.

Müsbət cəhətləri ilə yanaşı biliklərin məhsullar sistemi şəklində təqdim edilməsi modelin aşağdakı çatışmamazlıqları da vardır.

1. Bir sıra predmet oblastları üçün biliklərin qaydalar şəklində təsvir edilməsi mexanizmlərini təmin etmək olmur.

2. Natamam, qeyri-dəqiq və alternativ biliklərə malik predmet oblastları üçün məhsullar sistemi vasitəsilə təqdim etmə az effektlidir.

3. Böyük predmet oblastı məhsulların sayı həddən artıq çox olur və məhsullar sisteminin doldurulması çətinləşir.

4. Biliklərin bütövlük obrazlarının qiymətləndirilməsi və məntiqi nəticə çıxarma mexanizimlərinin çevikliyi çox mürəkkəbdir.

5. Daxili struktura malik deyil.

Məhsullar üsulunun praktiki tətbiqi zamanı daha yaxşı nəticələr almaq üçün məhsullar sistemi digər üsulları ilə birgə istifadə edilir.

Freymlər konkret predmet oblastında obyektlərin, hadisələrin, vəziyyətlərin vəəməllərin təsviri üçün istifadə edilən iyerarxik

informasiya strukturundan ibarətdir. Freym termini 70-ci illərdə M.Minski tərəfindən fəza şəkillərinin başa düşülməsi məqsədilə biliklərin strukturlarını işarə etmək üçün təklif edilmişdir.

Freymlər modeli, başqa sözlə desək M.Minskinin freymlər nəzəriyyəsinəəsaslanmış biliklərin təqdim edilməsi modeli insan yaddaşının vəşüurunun texnoloji modelinin vahid formada sisteməşdirilmiş modeldir. Yalnız bu nəzəriyyəəsasında biliklərin təqdim edilməsi dilinin yaradılmasına imkan verən konkret ideyalar olmadığından bu model kifayət qədər abstrakt xarakter daşıyır.

Bu nəzəriyydə vacib element freym anlayışıdır. Freym hər hansı konseptual obyektin təqdim edilməsi üçün verilənlərin strukturunu müəyyən edir. Hər bir freym bir konseptual obyekti təsvir edir, bu obyektin konkret xassələri və ona aid olan faktlar isə verilən freymin struktur elementlərində verilir. Bu struktur elementləri obyektin müxtəlif aspektlərlə və iyerarxik əlaqələri ilə bağlı olan statlar çoxluğundan ibarətdir.

Ümumi halda freynləri aşağdakı kimi işarə etmək olar:

$F=\{(r_1\ v_1), (r_2 v_2),.....(r_n, v_n)\}$

Burada f-freymin adı, r_i-slotların adı, v_i-slotun qiymətidir. Bu formanıəyani şəkildə belə yazmaq olar.

FREYMIN ADI:

(1-ci slotun adı; 1-ci slotun qiyməti)

(2-ci slotun adı; 2-ci slotun qiyməti)

(n-ci slotun adı; n-ci slotun qiyməti)

Slotun qiyməti praktiki olaraq istənilən bir şey ola bilər; ədədlər, riyazi ifadələr, düsturlar, təbii danışıq dilində mətnlər, proqramın mətni, nəticəçıxarma qaydaları, verilən freymin digər slotlarına və ya başqa freymlərin slotlaeına müraciətlər və s. slotların qiymətləri daha aşağı səviyyəli slotlar yığımından ibarətdir. Bu prinsip rekursiv freymlərin istifadəsinə imkan verir. Freymlərin slotlarının qiyməti qismində başqa freymlərin adlarını istifadə etməklə freymlər şəbəkəsi yaratmaq olar. Beləliklə bütün freymlər qarşılıqlıəlaqəli olub, tərkibində deklarativ və prosedur biliklərinin birləşdirilən vahid freym strukturu təşkil edirlər. İnsan öz biliklərinin strukturunu necə təsvir edirsə, ona analoji olaraq bu xüsusiyyət informasiya strukturlarının kompozisiyasını və dekompozisiyanı kifayət qədər təbii aparmağa imkan verir.

Məsələn: "Tələbə" freyminin ümumi şəkli olar:

(Tələbə)
Soy adı: (Muradov)
Anadan olduğu il: (1983)
Fakultə: (Gömrük işi)
İxtisas: (Gömrük ekspertizası)
Kurs: (2)

Əgər freymin slotlarında real obyektlər (tələbələr) çoxluğu haqqında informasiya daxil edilirsə, onda hər bir obyekt haqqındakı informasiya "freym-surət" adlanır.

Predmet oblastının biliklərinin təqdim edilməsinin freymlər modeli bir sıra üstünlüklərlə vəçatışmamazlıqlara malikdir. Üstünlüklər aşağdakılardır.

1. İnsan yaddaşının qurulmasının konseptual əsasınıəks etdirmək qabiliyyətinə malikdir.

2. Biliklərin təqdim edilməsini təbiilik, əyanilik və modulluq prinsiplərini təmin edir.

3. Slotların qiymətlərini avtomatik istifadə edilməsinə imkan yaradır.

4. Freymlər biliklərin deklarativ və prosedur yolla təsvirinin müsbət və hərəkətlərini birləşdirir, yəni təsvirlər çoxluğunu və onlarla əlaqədar olan daxil etmə prosedurlarını uzlaşdırmağa imkan verir.

5. Biliklərin təsviri zamanı varislik və gözləmə mexanizimlərini təmin edir.

Freymlər modelinin çatışmamazlıqlarına isə aşağdakılar aid etmək olar:

1. Hər bir obyekt digər obyektlərlə kifayət qədər genişəlaqələrə malik olduğundan obyektlərin tipini təsvir edən freym həddən artıq böyük ola bilər.

2. Freymlər modelində yalnız iyerarxik strukturlu münasibətlərlə interpretasiyasıüçün vasitələr mövcud deyil.

3. Freymlərin formalaşdırılması məqsədin idarə edilməsi üçün yararlıdır, lakin verilənlərin idarə edilməsi üçün effektiv deyil.

4. Freymlər əsasında nəticəçıxarmaq mexanizimləri yoxdur.

Biliklərin təqdim edilməsinin relyasion modelində predment oblastının obyekt və anlayışları, eləcə də onlar arasındakı münasibətlər cədvəllər şəklində verilir. Bu modelin formal təyin edilməsi üçün əsaslı "münasibət" anlayışı istifadə edilir. Qeyd etmək

lazımdır ki, relyasion termini də münasibət sözünün ingilis dilindəki tərcüməsindən relation sözündən götürülmüşdür.

Relyasion modeldə biliklərin təqdim edilməsini belə ifadə etmək olar;

$x=\{x_1, x_2,....,x_n\}\rightarrow$ predmet oblastının obyektlərindən və anlayışlarından ibarət sonlu münasibətlər çoxluğu verilir. Obyektlər və onlar arasındakı münasibətlər relyasiyalar cəbrinin elementlərinəəsaslanır. Relyasion modeldə biliklər bazasıüzərindəəməliyyatlar parmaq üçün cədvəllər üzərində təyin edilmişəməllərdən istifadə edilir.

Relyasion modelin üstünlükləri aşağdakılardan ibarətdir.

1. Biliklərin cədvəl şəklində təqdim edilməsinin təbiiliyi, sadəliyi və eynicinsliyi.

2. cədvəllər üzərində təyin edilmişəməllərə uyğun olaraq biliklər üzrərində aparılan əməliyyatların sadəliyi.

3. Müxtəlif növ informasiyanın təqdim edilməsinin və emalının çevikliyi.

4. Biliklərin təsvirinin onların emal edilməsi və fiziki təsvir olunması vasitələrindən asılı olunması.

5. Əvvəlki elementlərlə emal əvəzinəçoxluqlar üzərindəəməliyyatların istifadə edilməsi.

6. Təsvir etmənin aydınlığı.

Relyasion modelə məxsus çatışmamazlıqlar aşağdakılardır:

1. Predment oblastının semantik münasibətlərini kifayət qədər dolğun ifadə etməyə imkan vermir.

2. Biliklərin normallaşdırılmış strukturun "səbəb-nəticə" və qohumluq əlaqələrinin təqdim edikməsini təmin etmir.

3. Relyasion modelin müxtəlif predment oblastlarıüçün universal tətbiq cədvəllərinin ölçüsünün həddən artıq böyük olmasına gətirib çıxarır ki, bu da onların emalınıçətinləşdirir.

4. Natamam və aydın olmayan informasiyanın təqdim olunmasıçətinlik törədir.

Relyasion model qərarların qəbul edilməsi məsələsində biliklərin təqdim edilməsi, emalını və nəticələrin çıxarılmasını həyata keçirmək üçün daha məqsədə uyğun və asan reallaşdırılan model hesab olunur.

25. Modellər üzərində əməliyyatlar

Modellər üzərində müəyyən əməliyyatlar aparıla bilər. Bu əməliyyatlardan əsas hesab etdiklərimizi qısa şərh edək.

1. Xəttiləşdirmə. Tutaq ki, model aşağıdakı şəkildə funksional sistem kimi təqdim edilmişdir:

$$M = M(X, Y, A),$$

burada X -girişlər, Y -çıxışlar, A -sistemin vəziyyətləri çoxluqlarıdır.

X,Y,A -xətti fəza (çoxluq) olarlarsa, onda $X \otimes A \otimes Y$ münasibətindəki $\otimes$ opetorları da xətti olurlar və model xətti adlanır. Digər modellər qeyri-xəttidirlər. Qeyri-xətti modellər çətin tədqiq olunduqlarından, onları çox vaxt xəttiləşdirirlər, yəni hər hansı bir təsirdə xəttiyə gətirirlər.

2. İdentifikasiya. Tutaq ki, modelin M=M(X,Y,A) şəkildə təqdimində $A = \{a_i\}$ obyektin (sistemin) vəziyyətləri çoxluğu $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{ik})$ vektoru ilə ifadə edilib. Əgər a_i vektoru bir sıra məlum olmayan parametrlərdən asılıdırsa, onda identifikasiya (modelin, model parametrlərinin) məsələsi bir sıra əlavə şərtlərin təyin edilməsindən ibarət olur (məsələn, müxtəlif vəziyyətlərdə sistemin vəziyyətini təyin edən təcrübi verilənlərin).

İdentifikasiya – real sistemin fəaliyyətini adekvat olaraq təsvir edən riyazi modelin nəzarətlərin nəticələrinə görə qurulması məsələsinin həlli deməkdir.

3. Aqreqatlaşdırma. Bu əməliyyat modeli (X,Y,A) ölçüsündən daha kiçik ölçülü modelə (modellərə) çevirməkdən ibarətdir.

4. Dekompozisiya. Dekompozisiya əməliyyatı sistemin (modelin) strukturunu saxlamaqla altsistemlərə (altmodellərə) bölünməsindən ibarətdir. Bu zaman eyni elementlərin eyni altsistemlərə aidliyi də gözlənilməlidir.

5. Quraşdırma. Bu əməliyyat verilmiş və ya təyin edilmiş struktura görə əlaqəli və dayanıqlı altmodellərdən ümumi modeli quraşdırmaqdan ibarətdir.

6. Maketləşdirmə. Bu əməliyyat altmodellərin köməyi ilə sistemin struktur əlaqəliyinin, mürəkkəbliyinin, dayanıqlığının tədqiqindən ibarətdir. Bu zaman altmodellərin giriş və çıxışları saxlanılır.

7. Ekspertiza. Ekspert qiymətləndirməsi tədqiq edilən sistemin altsistemlərinin tədqiqi və ya modelləşdirilməsi üçün ekspertlərin təcrübi bilik, intuisiya, intellektindən istifadə etməyi nəzərdə tutur.

8. Hesablama təcrübəsi -model vasitəsilə kompyuterdə obyektin(prosesin və ya sistemin) bu və ya digər vəziyyətlərinin paylanması, proqnozu, giriş siqnallarına reaksiyasını həyata keçirir. Burada təcrübə aləti kimi kompyuter və modeldən istifadə edilir.

§ 26. Kompüterdə riyazi modelləşdirmə və hesablama eksperimenti

Bu gün kompüterlər insanın bütün intellektual və praktiki fəaliyyət dairəsinəgeniş nüfuz etməklə, elmi-texniki tərəqqinin həlledici amillərindən birinəçevrilmişdir. Kompüterlərin bütün tətbiq sahələrinin xarakteristikasını vermək çətin olsa da elmi ədəbiyyat da aşağdakı istiqamətlər xüsusi qeyd olunur.

1. İnformasiya sistemləri və kommunikasiya vasitələri → buraya informasiyanın axtarışı, emalı, saxlanılması vəötürülməsi verilənlər bankpının yaradılması, təhsil, maddi sərvətlər sahəsində kompüter şəbəkəsinin genişləndirilməsi, məişətin yüngülləşdirilməsi və s. daxildir.

2. İnsan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrinin avtomatlaşdırılması və idarə olunması→ burada elmi tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri, layihələndirmənin avtomatlaşdırılması sistemləri, istehsalın avtomatlaşdırılması sistemləri, istehsalın avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri və s. göstərilmişdir.

3. Müxtəlif təbiətli obyektlərin və proseslərin riyazi modelləşdirilməsi → buraya mürəkkəb çoxparametrli hadisələrin kəmiyyət və kefiyyət xarakteristikalarının alınması, onların tədqiqi və inkişafının proqnazlaşdırılması daxildir.

Bu səbədən də elmi-tədqiqat işlərini və təcrübə - konstruktor işləmələrinin yeni texnologiyası kimi kompüterdə riyazi modelləşdirmə və hesablama sınağıəsas təşkil edir.

Elmi-texniki tərəqqinin müasir mərhələsində riyazi modelləşdirmə və hesablama eksperimenti zəncirvari obyekt–model–hesablama alqoritmi–kompüter üçün proqram–kompüterdə hesabat–hesablama nəticələrinin təhlili–obyektin idarə olunması ardıcıllığını reallaşdıran universal elmi metodologiya hesab olunur. Müasie dövrdəçətin və mürəkkəb məsələlərin həlli üçün riyazi modelləşdirmə və hesablama sınağıdır.

Hesablama sınağının əsasını model–üsul (alqoritm) – proqram üçlüyü təşkil edir. Onun mahiyyətini araşdıraq–hesablama sınağının bütöv bir dövrünü bir neçə mərhələyə bölmək olar. İqtisadi modelin müəyyənləşdirilməsi və riyazi modelin qurulması. Məsələnin həll alqoritminin işlənməsi, kompüterdə hesablama aparılması, hesablamaların nəticələrinin emalı, hər tərəfli təhlili və lazım gələrsə

riyazi modelin dəqiqləşdirilməsi. Hesablama sınağının sxemi aşağdakı kimidir:

Tədqiqat obyekti → Riyazi model → Diskret model alqoritmlər → Hesablamalar, nəticələrin təhlili → Kompüter praqramları, Proqramlar paketi.

Texnoloji baxımdan hesablama sınağı, 2 fəzadan ibarətdir. Modellərin formalaşdırılmasıvə sınağı, riyazi modellərin köməyi ilə prqnoz. Əvvəlcə hesablama nəticələrinin reallığa uyğunluğuna nail olmaq lazımdır. Belə bir uyğunluq varsa hesablamalar kəsilir. Əks halda riyazi model dəyişir və yenə hesablamalar aparılır.

İkinci fəza → proqnoz öyrənilən obyekt haqqında yeganə informasiya mənbəyi olan modelin köməyi ilə reallaşır.

Ona da diqqət yetirmək lazımdır ki, hesablama ekspermenti çoxlu müxtəlif hissələri özündə birləşdirir. Kompüterdə riyazi modelləşdirmə və hesablama sınağı müasir informasiya texnologiyasının ilk pilləsini təşkil edir.

Proqnozlaşdırma funksiyasının təmin olunması intelektual ekspert sistemlərinin ayrılmaz sahəsidir.

27. Riyazi məsələlərin həll metodları

Riyazi məsələlərin həllinin bütün metodlarını iki qrupa bölmək olar:

1. Məsələnin həllinin dəqiq metodları;
2. Məsələnin həllinin təqribi metodları.

Dəqiq metodlarla riyazi məsələlərin həllində nəticəni(cavabı) düstur vasitəsilə almaq mümkün olur.

Məsələn:

a) $ax^2+bx+c=0$, $a\neq 0$ kvadrat tənliyinin həqiqi köklərinin hesablanması:

$$x_{1,2}=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a};$$

b) funksiyanın törəməsinin hesablanması:

$y=\sin x$ funksiyası üçün $y'=\cos x$;

$y=x^n$ funksiyası üçün $y'=nx^{n-1}$.

c) müəyyən inteqralın hesablanması:

$$\int_a^b \cos x dx=\sin b-\sin a.$$

Lakin ədədləri düsturda sonlu onluq kəsr şəklində yerinə yazdıqda, biz onsuz da nəticənin çox vaxt təqribi qiymətini alırıq.

Praktikada rast gəlinən məsələlərin çoxu üçün ya dəqiq həll metodları məlum olmur, ya da onlar mürəkkəb düsturlarla verilir.

Tətbiqi məsələ, onu lazımi dəqiqliklə həll etmək mümkün olduqda, praktiki həll edilmiş sayılır. Belə məsələlərin həlli üçün çoxlu sayda ədədi üsullar işlənilmişdir. Ədədi üsullar vasitəsilə mürəkkəb riyazı məsələlərin həlli çoxlu sayda sadə hesab əməllərinin ardıcıllığına gətirilir. Bu üsulların bilavasitə işlənilməsi hesablama riyaziyyatına aid sahədir.

Ədədi üsula misal olaraq, təqribi inteqrallama üçün dördbucaqlılır metoduna baxaq. Burada inteqralaltı ifadənin(funksiyanın) hesablanılması tələb olunur. İnteqralaltı funksiyanın əvəzinə sonlu kvadratur cəm hesablanılır:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum_{n-1}^{n+1} f(x_i)\,\Delta x_i\,,$$

burada

$x_1=a$ - inteqrallaşdırmanın aşağı sərhəddi;

$x_{n+1}=b$ - inteqrallaşdırmanın yuxarı sərhəddi;

n - (a,b) inteqrallaşdırma intervalının bölündüyü parçaların sayı;

Δx_i - bölgüdəki elementar parçanın uzunluğu;

$f(x_i)$ - elementar inteqrallaşdırma parçalarının uc nöqtələrində inteqralaltı funksiyanın qiymətləridir.

Elementar parçaların n – sayı çox olduqca, hesablama dəqiqliyi də artır, yəni nəticə daha səhih olur.

Beləliklə, təqribi məsələlərdə istər dəqiq, istərsə də təqribi metodlarla aparılan həllər təqribi xarakter daşıyır. Vacib odur ki, xəta tələb edilən dəqiqlik çərçivəsindən kənara çıxmasın.

Ədədi üsullarla riyazi məsələlərin həlli metodları kompyuterlərin meydana gəlməsindən öncə məlum olsalar da, ancaq onlardan istifadə çox nadir hallarda baş verirdi. Kompyuterlər yarandıqdan sonra ədədi üsulların tətbiqi geniş vüsət almağa başladı.

28.Kimya texnologiya proseslərinin riyazi modellərinin qurulma sxemləri

Kimya texnoloji proseslərin riyazi modelləşdirməsində çox zəhmət tələb edən və mürəkkəb olan məsələlər riyazi asılılıqların tərtib olunmasıdır. Əgər riyazi model adekvat alınarsa onu sonrakı mərhələlər üçün istifadə etmək mümkündür. Əgər riyazi model

adekvat alınmırsa, yəni, öyrənilən obyektin fiziki qanunlarına cavab vermirsə, onda riyazi modelə yenidən baxılır və ola bilsin ki, qeyri-xətti hədlər daxil etmək lazim gələcəkdir. Riyazi modelin tərtibi üçün prosesin mahiyyətindan asılı olaraq konkret metod tətbiq etmək mümkün deyildir. Ona görə də real prosesləri elementar proseslərə ayırmaq və onları hissə-hissə həll etmək daha əlverişli ola bilər.

Praktik olaraq riyazi modellərin qurulması məsələləri müəyyən mərhələlər üzrə həll etmək mümkündür. Bunun üçün prosesləri ayrı-ayrı bloklara ayırırlar və hər ybloka ayrıca modelləşdirmə obyekti kimi baxılır.

Kimya texnoloji proseslərin riyazi modellərinin qurulması sxemi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

1. "Elementar" kimyəvi çevrilmə proseslərini təsvir edən kinetik tənliklərin tərtib olunması mərhələsi.

Bu mərhələni həyata keçirmək üçün əvvəlcə kimyəvi reaksiyasının mahiyyətinin öyrənilməsi və məlum kinetika qanunauyğunluqların istifadə olunması əsas sayılır. Sonra isə reaksiyanın mexanizmini, kinetik xarakteristikaları və kinetik tənlikləri yazmaq lazımdır.

“Elementar” kimyəvi çevrilmə prosesini təsvir edən alınan kinetik tənliklər kinetik modellər adlandırılır.

2. Əsas aparatın (reaktorun) tipinin seçilməsi mərhələsi.

Yeni prosesləri layihələndirdikdə rejim parametrlərindən əlavə reaktorun tipini, onun ölçülərini nəzərə almaq lazımdır.

Riyazi modeli qurarkən mümkün olan variantlarla müqayisə edərək prosesə təsir edən aparatın konstruktiv xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla reaktorun tipini seçmək olar. Bu məqsədlə müxtəlif variantlarda ardıcıl hesabatlardan istifadə olunur, ən əlverişlisi seçilir.

3. "Elementar" (kimyəvi) qarışdırılma proseslərinin riyazi təsviri və ya hidrodinamik modellərin qurulması mərhələsi. Hidrodinamik modelləri almaq üçün prosesin fiziki mahiyyətini hərtərəfli araşdırmaq, reaksiya mühitinin struktur xüsusiyyətlərini tam öyrənmək lazımdır. Bundan sonra müəyyən fərziyələr qəbul etməklə, prosesin fiziki xüsusiyyətlərini saxlamaqla parametrlər arasındakı asılılıqları müəyyən qədər sadələşdirmək olar.

Əgər qəbul olunmuş fərziyyələr real prosesə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmirsə, onda hidrodinamik modellərdən istifadə etmək təklif oluna bilər.

4. Sonrakı mərhələlərdə istilik və kütlə mübadiləsi proseslər öyrənilir və onların riyazi modelləri hidrodinamik rejimə uyğun olaraq tərtib edilir.

5. Bəzi proseslərin riyazi təsvirini tərtib edən zaman bir sıra parametrlərin ölçmə hədlərini nəzərə almaq lazımdır. Məsələn, çoxkomponentli qarışıqların rektifikasiya proseslərinin

modelləşdirilməsində bütün komponentlərin qatılıqlarının cəmi vahidə bərabər və istənilən komponentin qatılığı 0-dən l-dək hədd daxilində olması şərti yerinə yetirilməlidir.

6. Əgər hər hansı səbəbdən keçid prosesində prosesin getməsi qanunauyğunluqların bilmək tələb olunursa, onda əlavə olaraq əsas parametrlərin zamana görə dəyişməsini nəzərə almaqla modelləşdirilən obyektin dinamik xarakteristikaları öyrənilir.

Beləliklə kimya texnoloji proseslərin riyazi modellərini tərtib etmək üçün bütün proseslərdə gedən qanunauyğunluqlar öyrənilir və parametrlərin zamana görə dəyişməsi təyin edilir.

Həmçinin, kimya texnoloji proseslərin riyazi modellərini tərtib etmək üçün proseslərdə gedən qanunauyğunluqlar öyrənilir, zamandan asılı olaraq kimyəvi kinetika, hidrodinamika, istilik və kütlə mübadiləsi, termodinamika və s. qanunlardan istifadə edilir.

Riyazi model obyekti dəqiq təsvir etməkdən ötrü prosesə adekvat olmalıdır. Ona görə də riyazi modeli aldıqda onun adekvatlığı yoxlanılır. Adekvatlıq Fişer kriterisinə görə təyin edilir. Bununla da riyazi modelin alınma prosesi bitmiş hesab olunur.

29.İQTİSADİ MƏSƏLƏLƏRİN KOMPUTERDƏ HƏLLİ

İqtisadi-riyazi modelləşdirmə prosesinin əsasında ilk növbədə müəyyən iqtisadi məsələ durur. Bu məsələ üçün riyazi model qurulur. Sonrakı mərhələdə bu modelin analizi üçün ya alqoritm

işlənir, ya da əvvəlcə yaradılmış alqoritmdən istifadə olunur. Model və alqoritm kifayət qədər mürəkkəb deyilsə, onda modelin analitik tədqiqi də mümkün ola bilər. Əks halda, bu alqoritmi komputerdə realizə edən proqram tərtib edilir. komputerdə model üzrə hesablamalar yerinə yetirildikdə sonra nəticələr hökmən müvafiq predmet sahəsinin faktiki informasiyası ilə müqayisə edilir. Bu müqayisə modelin adekvatlığına əminlik üçün, model hesablamalarına inanmaq və onlardan istifadə etmək üçün vacibdir.

Əgər hesablamaların nəticələri real həqiqətən tamamilə uzaq olarsa, onda quruluş modelə qayıtmaq lazımdır, ola bilsin ki, onun təkmilləşdirilməyə ehtiyacı var. Alqoritmdə və yaxud komputer üçün proqramda səhvlər mümkündür. Nəticələr tədqiqatçını qane edənə qədər təkmilləşdirmələr davam etdirilə bilər.

Şübhəsiz ki, nə riyazi model, nə onun tədqiqi üçün alqoritm, nə də komputer ayrılıqda kifayət qədər mürəkkəb məsələni həll edə bilməz. Lakin, onlardan birlikdə istifadə etməklə iqtisadi obyektləri dərk etmək və insanların mənafeyi naminə onları idarə etmək mümkündür.

30. İqtisadi məsələlərin komputerdə həlli texnologiyası

Mürəkkəb tətbiqi problemlərin həllində hesablama sınağından istifadə olunmasının hər bir konkret məsələdə və konkret elmi kollektivdə öz spesifik xüsusiyyətləri vardır. Lakin, ümumi olan

xarakterik cəhətlər vardır ki, bu prosesə vahid struktur kimi yanaşmağa imkan verir. Yuxarıda deyildiyi kimi, hesablama sınağı texnologiyası bir sıra mühüm mərhələləri əhatə edir. Bu mərhələlər müəyyən mənada ümumi modelləşdirmənin mərhələlərini təkrarlasa da, şərti xarakter daşısa da, onların məzmununun daha müfəssəl öyrənilməsi nəzəri tədqiqatların aparılmasının bu yeni metodologiyasının mahiyyətini daha yaxşı anlamağa imkan yaradır. Digər tərəfdən də komputerin tətbiqi ilə bağlı müəyyən problemlərin də ayrıca nəzərdən keçirilməsi zərurəti meydana çıxır.

Komputerdə iqtisadi məsələlərin həlli texnologiyası aşağıdakı əsas mərhələləri əhatə edir:

1. Məsələnin qoyuluşu, riyazi modelin işlənməsi.
2. Modelin riyazi təhlili.
3. Ədədi həll üsulunun işlənməsi
4. Verilənlərin strukturunun və alqoritmin işlənməsi
5. Alqoritmin komputerdə dilində reallaşdırılması
6. Komputer üçün tapşırığın hazırlanması, proqramın komputerin operativ yaddaşına daxil edilməsi.
7. Proqramın sazlanması, testlənməsi və sınağı.
8. Komputer də məsələnin həlli.
9. Nəticələrin təhlili və onların tətbiqləri

Bu mərhələlərin bəziləri komputerin iştirakı olmadan həyata keçirilir. Ardıcılıqla hər bir mərhələnin xarakterik xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirək.

31.Komputerdə məsələnin həlli və onların tətbiqləri.

Bu mərhələdə komputer proqramda nəzərdə tutulan bütün əməliyyatları yerinə yetirir və nəticələri displeyin ekranına yaxud çapa verir. Hesablama nəticələrinin sonrakı emalını asanlaşdırmaq üçün proqramın layihələndirilməsində nəticələrin verilməsi izahlarla müşaiyət olunmalıdır, cədvəllərin adı verilməlidir, bir qrup verilənlər digərlərindən sətr buraxmaqla ayrılmalıdır, funksiyaların qiymətləri cədvəlləri verilərkən arqumentlərin qiymətlərini də vermək faydalıdır, funksiyalar parametrlərdən asılı olarsa, qiymətləri verməzdən əvvəl parametrlərin qiymətlərini də göstərmək lazımdır.

Ümumiyyətlə, həll olunan iqtisadi məsələnin müəyyən variantı, əslində, riyazi model üzərində müəyyən sınağın nəticələri olduğuna görə nəticələrin çapından əvvəl sınağı xarakterizə edən şəraitə uyğun verilənlərin çapı da nəzərdə tutulmalıdır. Məsələn, nəqliyyat məsələsinin həlli zamanı onu xarakterizə edən verilənlər (ehtiyatların, tələbatların miqdarı, daşınma xərcləri) göstərilməlidir ki, sonralar proqramın mətninə müraciət etmədən bu nəticələrdən istifadə etmək mümkün olsun.

Bu mərhələdə hər şeydən əvvəl modelləşdirmənin nəticələrinin düzgünlüyü və tamlığı kimi mühüm məsələ, nəticələrin praktiki fəaliyyətdə və eləcə də modelin təkmilləşdirilməsində istifadəsi ön plana keçir. Ona görə də ilk növbədə ən mühüm əlamətlərinə görə modelin adekvatlığı yoxlanılmalıdır, modelin strukturunun düzgünlüyü, model əsasında alınan verilənlərin real prosesə uyğunluğu müəyyənləşdirilməlidir. İqtisadi modelləşdirmənin ədədi nəticələrinin tətbiqi praktiki məsələlərin (iqtisadi obyektlərin təhlili, təsərrüfat və sosial proseslərin inkişafının iqtisadi proqnozlaşdırılması, təsərrüfat pillələrinin bütün səviyyələrində idarəedici qərarların işlənməsi) həllinə yönəldilmişdir. İqtisadi-riyazi modellər üzərində hesablamaların çoxvariantlılığı, çoxsaylı model ekperimentləri, cəldişləyən müasir EHM-lərdə müxtəlif şəraitlərdə modelin sınanılması iqtisadi-riyazi modelləşdirmənin tətbiqi imkanlarını daha da artırır.

Riyazi modelləşdirmə fənnindən imtahan sualları

1. Fənn haqqında məlumat (Giriş)
2. Texnoloji prosseslərin identifikasiyası haqqında
3. Texnoloji prosseslərin tədqiqat mərhələləri (1, 2)
4. Texnoloji prosseslərin tədqiqat mərhələləri (3, 4)
5. Aktiv təcrübə
6. Passiv təcrübə
7. Real modellər
8. Riyazi modellərin tərtib edilməsi
9. Riyazi modelləşdirmə (1)
10. Texnoloji sistem və onun xarici əlaqələri
11. Giriş parametrləri
12. İdarəedici parametrlər
13. Həyacanlandırıcı parametrlər
14. Çıxış parametrləri
15. Obyektlərin modellərinin qurulması mərhələləri
16. İlkin məlumatların toplanması və riyazi modellərin qurulması
17. Riyazi modellərin qurulmasının əsas istiqamətləri
18. Passiv eksperiment
19. Aktiv eksperiment
20. Kimya texnologiya prosseslərinin riyazi modellərinin qurulma sxemləri
21. Kimya texnologiya prosselərinin riyazi modellərinin qurulma sxeminin mərhələləri(1)
22. Kimya texnologiya prosseslərinin riyazi modellərinin qurulma sxeminin mərhələləri(2)
23. Kimya texnologiya prosseslərinin riyazi modellərinin qurulma sxeminin mərhələləri(3)
24. Kimya texnoloji prosseslərinin riyazi modellərinin qurulması sxeminin mərhələləri (4,5)
25. Kimya texnoloji prosseslərinin riyazi modellərinin qurulması sxeminin mərhələləri(6)
26. Passiv və aktiv eksperiment metodları ilə riyazi modellərinin alınması
27. Korellyasiya analizi metodları
28. Reqressiya analizi metodları
29. İki dəyişən arasındakı xətti korrelyasiya
30. Üç dəyişən arasındakı xəti korrelyasiya
31. Hesablama eksperimenti

32. Model anlayışı
33. Model
34. Modelləşdirmə
35. Modellərin əlamətləri
36. Modelləşdirmənin formaları
37. Fiziki modelləşdirmə
38. İdeal modelləşdirmə ilə intuitiv modelləşdirmə
39. İşarə modelləşdirməsi
40. Riyazi modelləşdirmə (2)
41. Struktur modellər
42. Funksional modellər
43. İqtiadi-riyazi modelləşdirmə prossesi
44. Qabarıq proqramlaşdırma üsulu
45. İqtisadi-riyazi modellərin təsnifatı
46. Deskriptiv və normativ modellər
47. Determinist modellər
48. Xətti və qeyri-xətti modellər
49. Açıq və qapalı modellər
50. İqtisadi-riyazi üsulların təsnifatı və tətbiq sahələri
51. Klassik riyazi üsullar. Tətbiqi riyaziyyat üsulları
52. Otimal proqramlaşdırma üsulu
53. Xətti proqramlaşdırma üsulu
54. Stoxastik proqramlaşdırma üsulu
55. Tam ədədli proqramlaşdırma üsulu
56. Qeyri-xətti proqramlaşdırma üsulu
57. Kvadratik proqramlaşdırma üsulu
58. Dinamik proqramlaşdırma üsulu
59. Parametrik proqramlaşdırma üsulu
60. Kombinatorika üsulları
61. İqtisadi məsələlərin Kompüterdə həlli
62. Məsələnin qoyluşu
63. Kompüterdə riyazi modelləşdirmə və hesablama eksperimenti

64. İnformasiya sistemləri və kommunikasiya vasitələri insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrinin avtomatlaşdırılması və idarə olunması
65. Müxtəlif təbiətli obyektlərin və prosseslərin riyazi modelləşdirilməsi
66. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri
67. İqtisadi məsələlərin Kompüterdə həll texnologiyası
68. İqtisadi məsələlərin kompyuterdə həll texnologiyasının mərhələləri
69. Riyazi modelin işlənməsi
70. Modelin riyazi təhlili
71. Ədədli həll üsulunun işlənməsi
72. Verilənlərin struktru
73. Alqoritmin Kompüter dilində reallaşdırılması
74. Alqoritmin işlənməsi
75. Kompüter üçün tapşırığın hazırlanması, proqramın EHM-in yaddaşına daxil edilməsi
76. Proqramın sazlanması və sınağı
77. Proqramın testlənməsi
78. Kompüterdə məsələnin həlli
79. Nəticənin təhlili və onların tətəbiqləri
80. Əsas anlayışlar
81. Sistemlərin təsnifatı
82. Ümumi sistem
83. Sistemli yanaşma
84. Mürəkkəb sistem nəzəriyyəsi
85. Modelin növləri
86. Sistemli analiz və onun mərhələləri
87. Riyazi modelləşdirmə (3)
88. Analtik və imitasiya modelləri
89. Determinik modellər
90. Stoxastik və statik modellər
91. Riyazi məsələlərin həll metodları
92. Məsələnin təqribi metodları
93. Riyazi modellərin qurulmasına dair yanaşmalar
94. Diskret- determinik və dikret-stoxastik yanaşmalar
95. Riyazi modellərin qurulma prinsipləri

96. Modelləşdirilən sistemin həyat dövrü və tətbiqləri
97. Modellər üzərində əməliyyatlar (1, 2, 3)
98. Modellər üzərində əməliyyatlar (4, 5, 6, 7, 8)
99. Modelləşdirilən sistemin funksiyaları və imkanları
100. Tranzakt
101. Model qrafının qovşaqları və hadisə
102. Resurs və Fəza
103. Təsvir üsuluna görə informasiya modelləri
104. İnformasiya modelləşdirilməsinin mahiyyəti
105. Qurulma məqsədinə görə informasiya modellər
106. Yaddaş mühiti ilə bağlılığına görə informasiya modelləri
107. İnformasiya modellər
108. İnformasiya modelləşdirilməsinin metodologiyası
109. Obyektyönlü və funksianalyönlü və ya struktur metodika
110. Funksianal blok və İnterfeys qövsü
111. Dekompazisiya və qlossari
112. İyeraxik model
113. Verilənlərin modelləri
114. Şəbəkə model və nisbət
115. Relasiya modeli
116. Postrelasiya. Çoxölçülü və obyektyönlü modellər
117. Kompyuter modelləşdirilməsi
118. İmitasiya modelləşdirməsi
119. Kompyuter modelləşdirməsinin mərhələləri
120. Kompyuter modelləşdirməsi, məsələnin qoyuluşundan nəticələrin alınmasına qədər olan mərhələlər (1, 2)
121. Kompyuter modelləşdirməsi, məsələnin qoyuluşundan nəticələrin alınmasına qədər olan mərhələlər (3, 4, 5)
122. Kompyuter modelləşdirməsi, məsələnin qoyuluşundan nəticələrin alınmasına qədər olan mərhələlər (6, 7)
123. Kompyuter modelləşdirməsi, məsələnin qoyuluşundan nəticələrin alınmasına qədər olan mərhələlər (8, 9, 10)
124. Kompyuter modelləşdirməsinin instrumental vasitələri

125. Böyük və mürəkkəb sistemlərin analizi üçün modelləşdirmə vasitələri

İstifadə olunan ədəbiyyatlar

1. V.A.Babayev, N.S.Məmmədov “ İdarəetmə obyektlərinin riyazi modellərinin alınması.”
2. S.Kərimov,Y.Sərdarov”Komputer elminin nəzəri əsasları.”
3. S.H.Süleymanov “Komputerdə iqtisadi-riyazi modelləşdirmənin elementləri.”