

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ
MAGİSTRATURA MƏRKƏZİ

Əlyazması hüququnda

Hüseynov Aqil Rasim oğlu

**“ İqtisadi sistemlərin optimal davranışı modellərinin
həssaslığı və dayanıqlılığının
iqtisadi-riyazi təhlili ”**
mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

İxtisasın şifri və adı İİM 01.00.00 - Ümumi iqtisadiyyat
İxtisaslaşma İİM 01.00.27 - İqtisadi kibernetika

Elmi rəhbər:

dos Y.İ.Hacızalov

Magistr proqramının rəhbəri:

dos S.Ə.Şabanov

Kafedra müdiri dos Y.İ.Hacızalov

BAKİ - 2016

Mündəricat

Giriş.....	səh 3
Fəsil 1. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin nəzəri – metodoloji əsasları	
1.1 İqtisadi – riyazi model – iqtisadi sistemlər üzrə optimal idarəetmə strategiyalarının qurulması mexanizmi kimi.....	səh7
1.2 Qoşmalığ nəzəriyyəsi – iqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlili nəzəriyyəsi kimi	səh20
Fəsil 2. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin riyazi əsasları	
2.1. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin əsas aspektləri.....	səh 32
2.2. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının həndəsi interpretasiyası.....	səh42
Fəsil 3. Aqrofirmanın optimal davranışı strategiyasının seçilməsi modelinin həssaslığı və dayanıqlılığının iqtisadi – riyazi təhlili	
3.1 Məsələnin iqtisadi qoyuluşu və optimal qoşma qiymətlərin hesablanması.....	səh55
3.2 Məsələnin optimal həllinin həssaslığı və dayanıqlılığının hüdudlarının sistemli təhlili.....	səh66
Nəticə.....	səh80
Ədəbiyyat.....	səh82

Giriş

Mövzunun aktuallığı. Müasir iqtisadi həyatın mühüm tələblərindən biri istehsal fəaliyyətinin bütün aspektlərində yüksək səmərəliliyin təmin edilməsidir. Çünki, məhz bu yolla iqtisadi subyektlərin bazar rəqabətinə davamlılığını təmin etmək mümkündür. Səmərəli fəaliyyət həm də bazar strukturlarının davranışı qarşısına qoyulan əsas məqsədə-maksimum mənfəətin əldə edilməsinə doğru aparən əsas yoldur.

İqtisadi sistemlərin davranışı çoxvariantlıqla xarakterizə olunduğundan, səmərəli davranışı təmin etməyin əsas mexanizmi olaraq iqtisadi-riyazi modelləşdirmə metodu əsasında optimal davranış strategiyalarının qurulması çıxış edir. Çünki, məhz optimal strategiyalar bütün mümkün alternativlər içərisindən qarşıya qoyulmuş konkret məqsədə ən yaxşı şəkildə çatmanı təmin edən yeganə davranış variantını tapmağa imkan verir.

Qeyd edək ki, iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin optimal həllərinin tapılması hələ bu sistemlərin səmərəli davranışı və inkişafına təmin edəcək optimal idarəetmə strategiyalarının qurulmasını təmin etmir. Belə ki, İRM-in həlli qərar qəbul etmək səlahiyyətlərinə malik şəxsi dinamik informasiya ilə təmin etməlidir. Çünki, iqtisadi sistemin riyazi modelinin qurulduğu ilkin şərtlər dəyişdiyi anda statik optimal həllə bağlı informasiya öz aktuallığını itirir və alınmış optimal həlli real iqtisadi şəraitə adekvatlığı əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşür. Odur ki, ilkin şərtlərin dəyişməsi nəticəsində modelin optimal həllin çevikliliyini təmin etmək üçün bu həllin dayanıqlılığı və həssaslığının iqtisadi-riyazi təhlilinin aparılması zərurəti yaranır. Bu halda dayanıqlılıq dedikdə, iqtisadi sistemin qarşısında duran məqsədin riyazi ifadəsi olan məqsəd funksiyasının əmsallarının dəyişməsinin tapılmış optimal həllə necə təsir etdiyinin öyrənilməsi, həssaslıq dedikdə isə modellərin ekzogen xarakterli əmsallarının və sərbəst hədlərin məqsəd funksiyasına göstərdiyi təsirin kəmiyyətə təhlili başa düşülür.

Beləliklə, bazar iqtisadiyyatı şəraitində iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin optimal həllərinin dayanıqlılığı və həssaslığının təhlili həmin optimal həllərin tapılması qədər aktual problemdir. Təqdim olunan magistr dissertasiyasının **aktuallığı** məhz bu baxımdan qiymətləndirilməlidir. Burada iqtisadi sistemlərin optimal davranışı modellərinin optimal həllərinin dayanıqlılıq və həssaslıq intervallarının müəyyən edilməsinin nəzəri-metodoloji və praktiki aspektləri nəzərdən keçirilmişdir.

Problemin öyrənilməsinin vəziyyəti. Ölkəmizdə iqtisadiyyatın diversifikasiyası və qeyri-neft sektorunun sürətli inkişafı bu sektora aid olan mikrosistemlərin idarə edilməsinə keyfiyyətə yeni yanaşmanı tələb edir. Belə ki, qəbul edilən qərarlar məhz optimal qərarlar olmalıdır. Mikrosistemlər səviyyəsində optimal idarəetmə strategiyalarının qurulması məsələləri respublikamızın iqtisadi-riyazi araşdırmalarla məşğul olan bir sıra alimlərin - prof. Ş.Sadıqovun, prof.Y.Həsənlinin, prof. Q.İmanovun, doc.Y.Hacızalovun elmi tədqiqatlarında mühüm yer tutmuşdur.

Bununla belə mikrosistemlər səviyyəsində optimal idarəetmə qərarlarının qəbulu üçün tətbiq edilən riyazi modellərin optimal həllərinin həssaslıq və dayanıqlılıq şərtlərinin öyrənilməsinə ehtiyac vardır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Təqdim edilən magistr dissertasiyasında mikroiqtisadi sistemlərin optimal davranışı strategiyalarının tapılmasına xidmət edən riyazi modellərin optimal həllərinin həssaslığı və dayanıqlılığı problemi sistemli şəkildə tədqiq edilmişdir. Magistr dissertasiyasında qarşıya qoyulmuş bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- İqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin qurulmasının və idarəetmə qərarlarının qəbul edilməsinin əsas mərhələləri sistemli yanaşma baxımından tədqiq edilmişdir.
- İqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin optimal həllərinin həssaslığı və dayanıqlılığının tədqiqi mexanizmi olan qoşmalıq prinsipinin riyazi əsasları nəzərdən keçirilmişdir.

- İqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin optimal həllərinin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin riyazi əsasları öyrənilmişdir.

- İRM-in həssaslığı və dayanıqlılığı həndəsi interpretasiyası verilmişdir.

- Aqrofirmanın optimal davranışı strategiyasının qurulması məsələsinin iqtisadi-riyazi modeli qurulmuş, Excel kompleks həlli aparılmış və tapılmış optimal həllin qoşma qiymətləri müəyyən edilmişdir.

- Aqrofirmanın optimal davranışı modelinin optimal həlinin həssaslığı dayanıqlılığının iqtisadi-riyazi təhlili aparılmış və optimal strategiyalar təklif olunmuşdur.

Tədqiqat obyekti olaraq mikrosistemlərin optimal davranışı modelləri götürülmüşdür.

Tədqiqatın predmetini mikrosistemlərin optimal davranışı strategiyalarının dayanıqlılıq həddlərinin müəyyən edilməsi təşkil etmişdir.

Tədqiqatın metodologiyası və metodikası. Təqdim edilən magistr dissertasiyasının nəzəri və metodoloji bazasını bazar iqtisadiyyatı şəraitində iqtisadi sistemlərin idarə edilməsi nəzəriyyəsi təşkil edir. Tədqiqat prosesində sistemli təhlil metodundan, optimal idarəetmə metodundan, iqtisadi-riyazi modelləşdirmə və qoşmalığ nəzəriyyəsi metodlarından istifadə edilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi və strukturu. Magistr dissertasiyası girişdən, 3 fəsildən və nəticədən ibarətdir.

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmışdır.

I fəsil - **“İRM-in həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin nəzəri-metodoloji əsasları”** adlanır. Bu fəsildə iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinə optimal idarəetmə strategiyalarının qurulması mexanizmi kimi yanaşılmış, modelləşdirmənin mərhələlər üzrə məzmunu nəzərdən keçirilmiş, iqtisadi-riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilində qoşmalığ nəzəriyyəsi və qoşma qiymətlərin rolu tədqiq edilmişdir.

II fəsil - **“İRM-in həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin riyazi əsasları”** adlanır. Burada iqtisadi sistemlərin optimal davranışı modellərinin optimal həllərinin

həssaslığı və dayanıqlılığının təhlili məsələsinin qoyuluşu verilmiş və bu təhlilin əsas aspektləri və istiqamətləri müəyyən edilmişdir. Bu fəsildə eləcə də optimal həllərin həssaslığı və dayanıqlılığının həndəsi interpretasiyası nəzərdən keçirilmişdir.

III fəsil - **“Konkret iqtisadi sistem üzrə optimal davranış strategiyasının seçilməsi modelinin həssaslığı və dayanıqlılığının iqtisadi-riyazi təhlili”** adlanır. Burada aqrofirmanın optimal istehsal proqramının tapılması məsələsinin riyazi modeli qurulmuş, modelin Excel-də həllindən tapılmış optimal həllin qoşma qiymətləri müəyyən edilmişdir. Bu fəsildə eləcə də aqrofirmanın optimal davranışını təmin edəcək idarəetmə strategiyasının həssaslığı və dayanıqlılığı şərtlərinin iqtisadi-riyazi təhlili aparılaraq, alternativ dinamik davranış strategiyaları təklif olunmuşdur.

Nəticədə tədqiqatın yekunları ümumiləşdirilmiş və elmi və praktik xarakterli təkliflər irəli sürülmüşdür.

Fəsil 1. İqtisadi-riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlığının təhlilinin nəzəri – metodoloji əsasları

1.1 İqtisadi – riyazi model – iqtisadi sistemlər üzrə optimal idarəetmə strategiyalarının qurulması mexanizmi kimi

Müasir dövrün tələblərindən biri iqtisadi sistemlərin səmərəli davranışını və inkişafını təmin edəcək idarəetmə mexanizmləri yaratmaqdır. Odur ki, bu sistemlər haqqında, onların qeyri – müəyyənliklərlə dolu ətraf mühitə birbaşa və əks əlaqələri haqqında əlavə biliklər əldə etmək zərurəti yaranır. Bu bilikləri isə yalnız eksperimentlər nəticəsində əldə etmək olar.

Müasir elm eksperimentlərin 2 tipini - real obyektlər səviyyəsində aparılan eksperimentləri və bu real obyektlərin proobrazları olan modellər üzərində aparılan eksperimentləri bir-birindən fərqləndirir. Birbaşa eksperimentlər elmi həqiqətlərin dərk olunmasına aparən birbaşa yoldursa, model eksperimentləri real obyektlər haqqında natamam, ehtimallı biliklərin əldə edilməsi mexanizmidir. Bir çox elmlər kimi iqtisad elmi də öz obyektəri ilə bağlı əlavə biliklər əldə etmək üçün məhz əhatəliyi və dəqiqliyi natamam hesab edilən modelləşdirmə mexanizmindən istifadəyə önəm verir. Bunun səbəblərini iqtisadi sistemləri formalaşdıran elementlərin davranışlarındakı və əlaqələrindəki qeyri-müəyyənliklərdə və proseslərin determinik deyil, stoxastik xarakterdə olmasında, eləcə də real iqtisadi sistemlərlə “canlı” eksperimentlərin aparılmasının prinsipcə mümkünsüzlüyündə axtarmaq lazımdır. Odur ki, tədqiqatçı iqtisadi sistemin xüsusiyyətlərinin təzahürlərində qarşıya qoyulmuş məqsədə çatma baxımından vaciblik meyarına görə sadələşdirmə aparır və sistemin formal riyazi modelini qurur. Bu modelin verdiyi informasiya isə sonradan bütünlükdə iqtisadi sistem səviyyəsində ümumiləşdirilir. Qərar qəbul edən şəxslə real iqtisadi sistem arasında aralıq mərhələ təşkil edən modelləşdirmə məhz bu obyektiv reallığın dərk olunmasına (müəyyən mənada qüsurlu və natamam olsa da) xidmət edir.

Məlum olduğu kimi, kibernetika idarəetmə haqqında elmi dünyagörüşü olmaqla bir neçə bölmədən ibarətdir və bu bölmələrdən biri də iqtisadi kibernetikadır.

İqtisadi sistemlərin optimal idarə edilməsi nəzəriyyəsi olan iqtisadi kibernetikanın əsas problemi iqtisadi sistemlərin qarşıya qoyulmuş məqsədi ən yaxşı reallaşdırmağa imkan verən davranış strategiyalarını qurmaqdır. Bir çox müəlliflər kimki [3,4,15] biz də bu strategiyaları optimal idarəetmə strategiyaları adlandıracağıq. Onda qarşıya belə bir sual çıxır :

- İqtisadi kibernetika optimal idarəetmə strategiyalarını seçən zaman hansı yanaşma metodlarından istifadəyə üstünlük verməlidir? Bu yanaşmaların verdiyi nəticələr uzalaşdırıla bilirmi? Bu suala cavabı iqtisadi sistemlərin analizində və sintezində axtarmaq daha düzgündür. Bir çox ədəbiyyatlarda analiz, tamın hissələrə ayrılışı və bu hissələr arasında bağlılığın yaradılması kimi, sintezə isə həmin hissələrdən tədqiqatçıyı maraqlandıran xüsusiyyətlərə çox yaxın xüsusiyyətlərə malik tamın formalaşdırılması kimi yanaşılır.

Kibernetik təhlil iqtisadi sistemlərin analizi və sintezini həyata keçirmək üçün müxtəlif yanaşmalardan istifadə etsə də, onların içərisində ən kəsərli və səmərəli metod olaraq riyazi modelləşdirmə metodu çıxış edir. Modelləşdirmə iqtisadi sistemlərə sistemli yanaşaraq, son məqsədə xidmət edən xüsusiyyət və münasibətləri qəbul edir, digərlərini isə ikinci dərəcəli hesab edərək tədqiqatdan uzaqlaşdırır. Nəticədə real iqtisadi sistemin formal riyazi modeli qurulur və onun üzərində model eksperimentləri aparmaq imkanı yaranır.

İqtisadi sistemlər üzrə optimal idarəetmə strategiyalarının qurulmasında sistemli yanaşmanın tətbiqi bu problemlə bağlı bir neçə fərdi mərhələni fərqləndirməyə imkan verir. Bu mərhələlərə misal olaraq qoyulmuş problemi optimal idarəetmə məsələsi şəklində qurmağa imkan verən formalaşdırma mərhələsini, formalaşdırılmış problemin formal-riyazi modelinin seçilməsi mərhələsini, mövcud alqoritmlər bazasında həmin modelin kompüter həllinin həyata keçirilməsi mərhələsini, tapılmış optimal həllin testləşdirilməsi mərhələsini, problemin həlli strategiyasının reallaşdırılması üzərində nəzarətin həyata keçirilməsi mərhələsini, optimal idarəetmə strategiyasının reallaşdırılması üçün az riskli şəraitin yaradılması

mərhələsini və nəhayət formalaşdırılmış problemin həlli ilə bağlı qərarın real iqtisadi sistemə tətbiqi mərhələsini göstərmək olar.

Optimal idarəetmə strategiyalarının qurulması ilə bağlı formalaşdırdığımız problemin həllinin bu mərhələlərini sistemli şəkildə nəzərdən keçirək.

1-ci mərhələ iqtisadi sistem üzrə mövcud faktorları problem şəklində formalaşdırmaqdan ibarətdir. Bu mərhələnin nəticəsi olaraq, problemin verbal modeli çıxış edir. İlk baxışda bu mərhələ asan reallaşdırılan bir proses xarakteri daşısa da son nəticə baxımından onun düzgün təşkili çox vacibdir və iqtisadi sistem üzrə tədqiqat aparan şəxsdən xüsusi diqqət tələb edir.

2-ci mərhələ öyrənilən real iqtisadi sistem üzrə formalaşdırılmış problemin həlli modelinin seçilməsi ilə əlaqədardır. Daha doğrusu, tədqiqatçı 1-ci mərhələdə qurduğu verbal modeli mövcud modellər bankı ilə tutuşdurur və qarşıya qoyulmuş məqsədə daha yaxın olan real model seçməyə çalışır. Təbii ki, bu halda problemi tam əhatə edən standart model mövcud olmaya da bilər. Onda həmin problemə daha yaxın olan standart modeli seçmək və ətraf mühitin qeyri-müəyyənliklərini nəzərə almaqla onu təkmilləşdirmək, daha doğrusu problemin tələblərinə adekvat şəkllə salmaq lazım gələcəkdir.

Qeyd etdik ki, verbal modelin iqtisadi sistem üzrə model eksperimentləri aparmağa imkan verən real modelə transformasiyasının qarşısına qoyulan əsas tələblərdən biri onun iqtisadi sistemə xas olan özəllikləri kifayət qədər dolğun və tam əks etdirməsidir. Bu zaman iqtisadi sistemlə bağlı göstəricilərin qiymətlərində tam müəyyənlik (determiniklik) və ya qeyri-müəyyənlik (stoxastiklik) müşahidə oluna bilər. Təbii ki, dəyişənlərin dəqiqlik dərəcəsi real iqtisadi-riyazi modellərin strukturuna bilavasitə təsir göstərəcəkdir. Belə ki, determinik təbiətli ekzogen parametrlərlə bağlı problemlər determinik iqtisadi-riyazi modellərin köməyi ilə, ehtimallı (bazar qiymətləri, inflyasiya, tələb və təklifin həcmi və s.) faktorlarla bağlı problemlər isə stoxastik (əsasən qeyri-xətti) modelər vasitəsi ilə tədqiq edilməlidir.

Bəzən iqtisadi sistem üzrə optimal idarəetmə qərarını münaqişəli vəziyyətdə qəbul etmək lazım gəlir. Bu halda münaqişə ilə bağlı problem elə həll edilməlidir ki,

münaqişə iştirakçılarının mənafeləri maksimal dərəcədə tam təmin edilsin. Təbii ki, bu halda verbal modelin real tədqiqat mexanizminə adaptasiyası zamanı münaqişənini səbəbləri və həll mexanizmləri düzgün müəyyən edilməzsə, onda münaqişə üzrə Neşin tarazlıq prinsipini təmin etmək mümkün olmayacaqdır. Bu şəkildə formalizə edilmiş problemin həll metodu olaraq oyunlar nəzəriyyəsi (tərəflər arasında münaqişələri həll etmək üçün) və ya insanın təbiətlə oyunları (iqtisadi tərəflə qərarın qəbul edildiyi şərait arasındakı münaqişəni həll etmək üçün) əsasında qurulmuş model vasitələrindən istifadə etmək lazımdır.

Qeyd edildiyi kimi, modelə obyektiv reallığın formal təsviri-yəni sadələşdirilmiş, əsas məqsədə bilavasitə xidmət etməyən faktorlardan azad olmuş mexanizm kimi yanaşılmalıdır. Lakin bu sadələşdirmə zamanı da müəyyən hədudlar gözlənilməlidir. A.Eynşteynə görə, model nə qədər mümkündür, o qədər sadə olmalıdır, lakin bundan da sadə olmamalıdır. Bu yanaşma modelləşdirmə prosesinin qarşısına qoyulan iki-tələb modelin real iqtisadi sistemə kifayət qədər adekvat olması tələbi ilə onun kifayət qədər sadə riyazi struktura malik olması tələbi arasında balanslılığın təmin edilməsinin nə qədər vacib olduğunu bir daha vurğulayır. Birinci tələbin pozulması optimal strategiyanın həyatiliyinə, həqiqiliyinə zərbə vurursa, ikinci tələbin pozulması ümumiyyətlə bu strategiyanın tapılmasının özünü problemə çevirir.

Yuxarıda verdiyimiz modelləşdirmə alqoritminin 3-cü mərhələsi məhz bu optimal strategiyanın tapılması ilə bağlıdır. Daha doğrusu qurulmuş və aprobasiya edilmiş real model mövcud alqoritmlər bazası və proqram təminatı əsasında həll edilərək problemin optimal həll strategiyası formalaşdırılmalıdır. Bu məqsədə iqtisadi sistemin davranışını xarakterizə edən konkret informasiya bazasından istifadə edilməlidir. Təbii ki, mövcud informasiya bazası real iqtisadi-riyazi modelin tələblərinə tam cavab verməyə də bilər. Bu halda həmin informasiya modelin tələbləri çərçivəsində korrektə edilməli və quruluş modeldə istifadəyə yararlı vəziyyətə salınmalıdır.

Beləliklə, 3-cü mərhələnin sonunda bir iqtisadi sistem üzrə formalaşdırdığımız problemin qarşıya qoyulmuş məqsəd baxımından ən yaxşı həllini təmin etməyə qadir olan optimal həll əldə etdik. Qarşıya belə bir sual çıxır: -Bu optimal strategiya doğrudanmı real iqtisadi şəraiti kifayət qədər adekvat əks etdirir və onu baxılan problemin həlli yolu kimi qəbul etmək olarmı? Bu suala cavab vermək üçün modelləşdirmə mexanizminin 4-cü mərhələsinə keçilir və tapılmış optimal strategiyanın qiymətliliyi xüsusi testlərin köməyi ilə testləşdirilir. Əgər testləşdirmənin nəticəsi tədqiqatçıyı qane etməzsə, yəni həll real iqtisadi situasiyaya kifayət qədər adekvat hesab edilməzsə, onda ya bu model əlavə göstəricilərin daxil edilməsi hesabına təkmilləşdirilməli və onun adekvatlığı yüksəldilməlidir, ya da birinci mərhələyə qayıdaraq problemin verbal qoyuluşunu dəyişmək lazımdır. Təbii ki, ikinci halda dəyişmiş verbal model struktura yeni modelin alınmasına gətirib çıxardacaqdır. Testləşdirmənin nəticələri uğurlu olduqda, daha doğrusu modelin həllindən alınmış optimal idarəetmə strategiyasının həqiqi olması haqqında hipoteza öz təsdiqini tapdıqda onun reallaşdırılması prosesi aparılmalı və bu proses üzərində nəzarət həyata keçirilməlidir. Bu nəzarətin əsas məqsədi tapılmış optimal strategiyanın real iqtisadi sistem üzrə məhdudiyyətləri nə dərəcədə ödədiyini yoxlamaqdan və real iqtisadi şəraitdə baş verə biləcək dəyişikliklərə nə dərəcədə həssaslıq göstərəcək dayanıqlı qalacağını müəyyən etməkdir. Bu vəzifələrin həlli modelləşdirmənin 5-ci və 6-cı mərhələlərinin məzmununu təşkil edir.

Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz modelləşdirmə alqoritmi iqtisadi sistemlərə idarəetmə sistemləri kimi yanaşmanı nəzərdə tutur. Məlum olduğu kim, idarəetmə funksiyalarının icrası ilə məşğul olan idarəetmə sistemləri bir-biri ilə birbaşa və əks əlaqə kanalları ilə bağlı iki blokdən-idarəedici sistemdən və idarə olunan sistemdən ibarətdir. Fərz edilir ki, birbaşa əlaqə kanalı vasitəsi ilə idarəedici sistem idarə olunan obyektə idarəetmə proqramını təqdim edir. Bu proqramı qəbul edən idarəedici sistem (iqtisadi qurum) öz fəaliyyətini həmin proqramın tələblərinə uyğun təşkil edir və fəaliyyətinin nəticələri haqqında əks əlaqə kanalı vasitəsi ilə qərar qəbul edən quruma informasiya təqdim edir. Göründüyü kimi, iqtisadi sistemlərdə idarəetmə sisteminin

vacib elementi kimi məqsədi problem şəklində formalaşdırmaq, onun real iqtisadi-riyazi modelini qurmaq, bu modelin informasiya bazasını formalaşdırmaq, onun həll alqoritmini seçmək, həll edərək optimal idarəetmə strategiyası qurmaq, həllin üzərində nəzarəti həyata keçirmək və optimal idarəetmə qərarı qəbul etmək səlahiyyətlərinə malik olan insan iştirak edir. Təbii ki, bu halda həmin səlahiyyətlərə malik və onları reallaşdıran şəxsin özünün professionallığı problemi qarşıya çıxır. İdarəetmənin ierarxik quruluşu və informasiyanın şaquli vəziyyətdə aşağıdan (aşağı idarəetmə pilləsindən) yuxarıya (ali idarəetmə pilləsi) doğru hərəkət etməsi bu idarəetmə səviyyələrinin düzgün əlaqələndirilməsini tələb edir. Blokardan hər hansı biri səviyyəsində əlaqələndirmə zəncirinin “qırılması” (qeyri-professionallıq, işə məsuliyyətsiz yanaşma və s.) labüd olaraq optimal idarəetmə “piramidasını” dağıdacaqdır. Lakin modelləşdirmə ilə bağlı bütün çətinliklər və “zəif nöqtələr” iqtisadi sistemlərin səmərəli davranışı məsələsinin problem şəklində formalaşdırılması, onun riyazi modelinin qurulması, optimal strategiyaların tapılması və tətbiqinin zəruriliyini şübhə altına ala bilməz. Skeptiklərin əsas arqumenti odur ki, insanlığa məlum olan real sistemlər işərisində bəlkə də ən mürəkkəb sistem olan iqtisadiyyat modelləşdirmənin imkanlarını heçə endirir və nəticələrin həqiqiliyini şübhə altına alır. Lakin elmi yanaşma və real həyat sübut edir ki, modelləşdirmə vasitəsi ilə iqtisadiyyatda bir sıra görkəmli nəticələr alınmışdır. Təsədüfi deyil ki, son dövrlərdə iqtisadiyyat sahəsində verilmiş Nobel mükafatlarının 25-30% - i məhz iqtisadi sistemlərə riyazi modelləşdirmə metodunun tətbiqilə bağlı elmi tədqiqatlara görə verilmişdir.

İqtisadi sistemlər üzrə optimal qərarlarının qəbulunu təmin edən formal-riyazi modellərin qurulmasının əsas prinsiplərini tədqiq edək.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, iqtisadi sistemlərin mürəkkəbliyinə və burada gedən proseslərin dinamikliyinə baxmadan riyazi modelləşdirmə bu sistemlərin idarə edilməsinin ən səmərəli vasitəsi kimi öz əhəmiyyətini qoruyub saxlayır. Bu baxımdan riyazi modelləşdirmə iqtisadi sistemlər səviyyəsində gedən prosesləri sistemli yanaşma baxımından təhlil etməli, onların gələcək vəziyyətlərinin kifayət qədər

ehtibarlı şəkildə proqnozlaşdırılmasını həyata keçirməli və nəhayət, həm makrosəviyyədə, həm də mikrosəviyyədə səmərəli və işlək qərarların qəbulunu həyata keçirməlidir.

İqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin tətbiqi zamanı həlledici faktor olaraq davranışın məqsədinin düzgün seçilməsi çıxış edir. Belə ki, məhz məqsəd müəyyən edildikdən sonra bu məqsədə çatma ilə bağlı alternativləri və məhdudiyyətləri formalaşdırmaq, daha doğrusu, optimal həllin fəzasını müəyyən etmək mümkün olur. Bu fəzanın müəyyən edilməsində tədqiqatçı obyektiv olaraq, bir sıra problemlərlə qarşılaşır. Bu problemlərdən birincisi onunla bağlıdır ki, iqtisadi sistemlərə xas olan mürəkkəblik üzündən bu sistemləri formalaşdıran element və xüsusiyyətlər arasındakı asılılıqları onların təbiətinə adekvat şəkildə riyazi asılılıqlara gətirmək həmişə mümkün olmur. İkinci çətinlik isə bu asılılıqların ortaya çıxma mexanizmləri ilə bağlıdır. Belə ki, iqtisadi sistemlərdə girişlərin vəziyyəti vektoruna görə onun çıxışları vektorunu birqiymətli şəkildə müəyyən etmək, daha doğrusu girişlərin çıxışlara transformasiyası operatorlarını dəqiq seçmək müəyyən çətinliklər doğurur. Nəticədə iqtisadi sistemin davranışı determinik deyil, ehtimallı - stoxastik xarakter daşımağa başlayır. Bu stoxastiklik isə öz növbəsində sistemdə asılılıqları kəmiyyətcə qiymətləndirməkdə çətinliklər doğurur.

Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz modeləşdirmə alqoritminin 3-cü mərhələsi modelin idarəetmə prosesinin substratı hesab edilən informasiya ilə bağlı idi. Bu informasiyanın miqdarı və keyfiyyəti elə olmalıdır ki, model real sistemin tədqiqi və optimal qərarın qəbulu mexanizmi rolunu oynaya bilsin. Modelin informasiya təminatı konkret iqtisadi sistem üzrə səmərəli riyazi modelin hansı tipdə olması ilə bağlı məsələlərin kompleks şəkildə həllində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu informasiya mühitinə bir çox komponentlər daxil ola bilər. Onlara misal olaraq aprior informasiyanı, yəni sistemin indiki zamana qədərki vəziyyətlə bağlı informasiyanı, sistemin müasir vəziyyəti ilə bağlı aposterior informasiyanı, göstəricilərin gələcək vəziyyətləri ilə bağlı proqnoz xarakterli informasiyanı, müxtəlif normativ göstəriciləri, təbii-iqlim şəraiti ilə bağlı informasiyanı və s. göstərmək olar. Qeyd

edək ki, bu informasiya nöqtəvi xarakterli diskret müşahidələrə görə deyil, zamana görə fasiləsiz aparılan və kütləvi xarakter daşıyan müşahidələr əsasında yaradılmalı və bu əsasda vahid informasiya bazası formalaşdırılmalıdır.

İqtisadi sistemlərə xas olan qeyri-müəyyənliklər iqtisadi informasiyanı özünə xas olan qeyri-müəyyənliklərlə birgə iqtisadi inkişafın qeyri-müəyyənliyini formalaşdırır. Bir çox iqtisadi ədəbiyyatlarda iqtisadi sistemlərdə gedən proseslərlə bağlı qeyri-müəyyənlikləri real və ya həqiqi qeyri-müəyyənliklər kimi, bu proseslərin informasiya təminatı ilə bağlı qeyri-müəyyənlikləri isə informativ qeyri-müəyyənliklər kimi dəyərləndirirlər [1,15].

İqtisadi sistemlərin mürəkkəbliyi onunla bağlıdır ki, bu tip sistemlərdə müxtəlif strukturlara malik olmaq qabiliyyəti var və onların hamısı emergentlik qabiliyyətinə malikdirlər. Bu mürəkkəbliyə yalnız riyazi modellərinin qurulmasına deyil, həm də son nəticəyə yəni modelin həlli nəticəsində tapılmış optimal davranış və ya inkişaf strategiyasının nə dərəcədə həqiqi və yararlı olmasının qiymətləndirilməsinə təsir göstərir. Bu təsir yalnız regressiv xarakterli olur, yəni hər iki prosesdə əlavə çətinliklər yaranır. Odur ki, konkret modellərin səmərəliliyini yüksəltmək və onları iqtisadi sistemlər üzrə optimal idarəetmə strategiyaları yaratmağın əməli vasitəsinə çevirmək üçün bu sadaladığımız xüsusiyyətlər, yəni iqtisadi sistemlərdə mövcud olan emergentlik, gecikmələr (laqlar), kütləvi xarakterli proseslər, sistemdə gedən proseslərin dinamik xarakter daşması və zamana görə dəyişkən təbiətli olması və ətraf mühitin qeyri-müəyyənliklərinin və təsadüfiliklərin sistemlərin davranışı və inkişafına göstərdikləri təsirlər və s. bu modellərin qurulması prosesini çətinləşdirsə də, hökmən nəzərə alınmalı və diqqət mərkəzində saxlanmalıdır. Yalnız bu yolla iqtisadi riyazi modellər öz funksional təyinatlarını - iqtisadi sistemlərin optimal idarə edilməsi mexanizmləri olmaq statusunu qoruyub saxlaya bilərlər.

Bir çox müəlliflər modelləşdirməyə iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin qurulması, həlli, tapılmış həllin iqtisadi mənasının açıqlanması və real iqtisadi sistemdə idarəetmə prosesini təkmilləşdirmək məqsədi ilə tətbiqi kimi mərhələlərdən ibarət dövrü proses kimi baxırlar [1,14,21].

Modelləşdirmə prosesinə konseptual yanaşma hesab edilən bu prosesin mərhələlərinin təyinatını aşağıdakı konkret iqtisadi sistem üzərində nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, müəssisə 3 növ məhdud istehsal ehtiyatından istifadə etməklə A, B və C məhsulları istehsal edir. Müəssisədə 7 vahid 1-ci ehtiyat, 9 vahid 2-ci ehtiyat və 12 vahid 3-cü ehtiyatın olduğu məlumdur. 1 ədəd A məhsulu istehsal etmək üçün 1-ci ehtiyatdan 1 vahid, 2-ci ehtiyatdan 2 vahid, 3-cü ehtiyatdan isə 3 vahid tələb olunur. 1 ədəd B məhsulu istehsal etmək üçün 1-ci, 2-ci və 3-cü ehtiyatdan 1 vahid tələb olunur. Bir ədəd C məhsulu istehsal etmək üçün isə bu ehtiyatlardan müvafiq olaraq 1 vahid, 3 vahid və 4 vahid tələb edilir. Məhsulların satış bazarının tədqiqi göstərir ki, hər 3 növ məhsulun 1 vahidinin satışı müəssisəyə 1 dəyər vahidi mənfəət gətirir. Bu müəssisə üçün elə bir istehsal strategiyası tərtib etmək lazımdır ki, bu strategiya üzrə onun əldə edəcəyi məcmu mənfəət maksimum olsun.

Bu iqtisadi problem kifayət qədər strukturlaşdırılmış problemdir və iqtisadi-riyazi modelləşdirmə elementi olan model eksperimentləri aparmadan bu problemin həlli nəzəri cəhətdən hələ mümkün olsa da, praktik baxımdan perspektivsizdir.

Problemin həllinə riyazi modelləşdirmə metodunu tətbiq edək.

1-ci mərhələ. Modelin qurulması. Yuxarıda əsaslandırıdığımız kimi iqtisadi-riyazi model öyrənilən real iqtisadi sistemə xas olan bütün cəhətlərin deyil, qarşıya qoyulmuş məqsəd baxımından vacib sayılan xüsusiyyətlərin riyazi təsviridir. Baxdığımız misalda məqsəd maksimum mənfəətin əldə edilməsidir. Bu məqsədə çatmanın trayektoriyası isə ehtiyatların məhdud həcmli və məhsul vahidinə ehtiyat şərti normalarıdır. Deməli, quracağımız iqtisadi-riyazi modeldə maksimum mənfəətin əldə edilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edəcək xüsusiyyətlər olaraq məhz ehtiyatların həcmələrinin məhdudluğu və məhsul vahidi istehsalına ehtiyat sərfi normaları çıxış edəcəkdir.

Modelin formalaşması üçün zəruri olan idarəolunan (izaholunan, endogen) parametrləri tədqiqata daxil edək:

X_1 - A məhsulunun istehsalının həcmi;

X_2 - B məhsulunun istehsalının həcmi;

X_3 - C məhsulunun istehsalının həcmi.

Onda bu endogen parametrlər fəzasında iqtisadi sistem üzrə qoyulmuş məqsədin riyazi ifadəsi

$$Z(X) = X_1 + X_2 + X_3$$

şəklində olacaqdır və bu xətti funksionalın maksimum qiyməti axtarılacaqdır.

Model üzrə axtarışların məhdudiyyətlərini formalaşdıraraq:

1. İstehsal prosesində X_1 vahid A məhsulu, X_2 vahid B məhsulu və X_3 vahid C məhsulu istehsal etmək üçün

$$X_1 + X_2 + X_3$$

vahid 1-ci növ ehtiyat sərf olunmalıdır. Bu kəmiyyət 1-ci ehtiyatın məhdud həcmindən, yəni 7 vahiddən çox ola bilməz.

2. İstehsal prosesində X_1 vahid A məhsulu, X_2 vahid B məhsulu və X_3 vahid C məhsulu istehsal etmək üçün

$$2X_1 + X_2 + 3X_3$$

vahid 2-ci növ ehtiyat sərf olunmalıdır. Bu kəmiyyət 2-ci ehtiyatın məhdud həcmindən, yəni 9 vahiddən çox ola bilməz.

3. İstehsal prosesində X_1 vahid A məhsulu, X_2 vahid B məhsulu və X_3 vahid C məhsulu istehsal etmək üçün

$$3X_1 + X_2 + 4X_3$$

vahid 3-ci növ ehtiyat sərf olunmalıdır. Bu kəmiyyət 3-ci ehtiyatın məhdud həcmindən, yəni 12 vahiddən çox ola bilməz.

4. X_1, X_2, X_3 dəyişənləri müəssisədə istehsal ediləcək A, B və C məhsullarının həcmi göstərdiyindən, onların qiymələri mənfi kəmiyyət ola bilməz.

Beləliklə, baxılan iqtisadi problemin həlli üçün aşağıdakı iqtisadi-riyazi model alınır:

$$\begin{aligned}
Z(X) &= 3X_1 + X_2 + 4X_3 \rightarrow \max \\
\begin{cases} X_1 + X_2 + X_3 \leq 7 \\ 2X_1 + X_2 + 2X_3 \leq 9 \\ 3X_1 + X_2 + 4X_3 \leq 12 \\ X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \end{cases}
\end{aligned}$$

2-ci mərhələ. Qurulmuş model üzrə eksperimentlərin aparılması.

Bu mərhələdə faktiki olaraq qurulmuş modelin həlli həyata keçirilir. Bu məqsədlə modelin riyazi strukturuna cavab verən həll metodu seçilir və onun ya əllə, ya da standart proqram paketləri bazasında həlli aparılır. Qurulmuş model riyazi strukturuna görə xətti optimallaşdırma modelidir və onun həllini Simpleks metodla aparmaq olar. Modelin komuter reallaşdırılması nəticəsində aşağıdakı optimal həllər alınmışdır:

1-ci variant:

$$X_1 = 0, X_2 = 7, X_3 = 0, \max Z(X) = 7$$

2-ci variant:

$$X_1 = 2, X_2 = 5, X_3 = 0, \max Z(X) = 7$$

3-cü variant:

$$X_1 = 0, X_2 = 6, X_3 = 1, \max Z(X) = 7$$

3-cü mərhələ. Alınmış optimal həllin iqtisadi interpretasiyası.

1-ci alternativ optimal həllə görə müəssisə A və C məhsullarını istehsal etməməli, B məhsulundan isə 7 ədəd istehsal etməlidir. Bu halda 1-ci növ ehtiyatdan 7 vahid istifadə olunacaqdır, daha doğrusu bu ehtiyat növü istehsal prosesində tamamilə sərf olunacaqdır (Sonrakı tədqiqatlarda görəcəyimiz kimi, bu ehtiyat növü defisit ehtiyat statusu qazanaraq, sıfırdan böyük qoşma qiymətə malik olacaqdır). İkinci, ehtiyatdan da, 7 vahid sərf olunacaq və 2 vahid ehtiyat istifadə edilməmiş qalacaqdır (Sonrakı tədqiqatlarda görəcəyimiz kim, tamamilə sərf olunmayan bu ehtiyat növü bol ehtiyat (çox olan ehtiyat) statusu qazanır və onun qoşma qiyməti sıfıra bərabər olur). Üçüncü ehtiyat üzrə optimal planın qiyməti də 7 vahidə bərabərdir. Yəni müəssisədə olan 12 vahid 3-cü növ ehtiyatdan 7 vahid istehsal

prosesində istifadə ediləcək, 5 vahid ehtiyat isə bolluq sindromu qazanaraq istifadəsiz qalacaqdır. Təbii ki, bu ehtiyat üzrə də qoşma qiymət sıfıra bərabər olacaqdır.

2-ci alternativ həll də 7-yə bərabər optimumu təmin edir. Lakin optimal həlli strukturu tam dəyişir. Belə ki, əgər 1-ci alternativ qərara görə müəssisədə yalnız 2-ci növ məhsul istehsal edirdisə, onda 2-ci alternativ plana görə müəssisə 2 vahid A məhsulu, 5 vahid isə B məhsulu buraxmalıdır. Müəssisə C məhsulunu isə istehsal etməməlidir. Bu alternativ optimal qərara görə müəssisə 7 vahid 1-ci növ ehtiyat istifadə edəcək və bu ehtiyat növü defisit ehtiyat statusu qazanacaqdır. 2-ci ehtiyat növü üzrə sərfiyyatın həcmi 9 vahid təşkil edəcək və bu ehtiyat qoşma qiyməti 0-dan böyük olan defisit ehtiyat statusu qazanacaqdır. 3-cü ehtiyat növü isə sərfiyyat 11 vahid təşkil edəcək, 1 vahid 3 –cü növ ehtiyat isə istifadəsiz qalacaqdır və bol ehtiyat hesab ediləcəkdir. Təbii ki, bu variantda ikinci və üçüncü ehtiyatların qoşma qiymətləri sıfıra bərabər, 1-ci ehtiyatın qoşma qiyməti isə sıfırdan böyük olacaqdır.

3-cü alternativ optimal həllə görə isə müəssisə A məhsulunu istehsal etməməli, 6 ədəd B məhsulu və 1 ədəd C məhsulu istehsal etməlidir. Bu optimal həll alternativini üçün də optimumun qiyməti 7-yə bərabər olacaqdır, yəni müəssisə 7 dəyər vahidi mənfəətə sahib olacaqdır. Bu optimal həll də 7 vahid 1-ci növ istehsal ehtiyatını sərfini tələb edəcək və 1-ci ehtiyat tam sərf edilərək defisit sayılacaqdır. 2-ci ehtiyatın sərfi 8 vahid təşkil edəcək və 1 vahid sərf edilməmiş qalacaqdır. Nəticədə 2-ci ehtiyat bol ehtiyata çevriləcəkdir. 3-cü ehtiyatın sərfi isə 10 vahid ($6 + 4 \cdot 1 = 10$) təşkil edəcəkdir. Nəticədə $12 - 10 = 2$ vahid 3-cü ehtiyat istifadə olunmamış qalacaqdır. Ehtiyatların qoşma qiymətləri əvvəlki alternativlərə analoji olacaqdır.

4-cü mərhələ. Qurulmuş optimal idarəetmə strategiyasının ekspertizası və tətbiqi.

Bu mərhələnin məzmunu məhz optimal strategiyanın real iqtisadi şəraitə adekvatlığının yoxlanması və konkret idarəetmə qərarının qəbulu ilə bağlıdır. Biz modelləşdirmənin 2-ci mərhələsində optimumun təmin edilməsi baxımından tam alternativ hesab edilən 3 həll variantı aldığımızı. Bu variantlar öz strukturlarına görə bir-birindən tam fərqlənirlər, lakin optimumun əldə edilməsi baxımından eyni nəticəni

verirlər. Belə ki, iki variantla görə A məhsulu (1-ci və 3-cü variantlar), iki variantla görə isə C məhsulu istehsal edilmir (1 –ci və 2 –ci variantlar). B məhsulu isə hər 3 variantla görə istehsal edilir. Bu variantlardan hansını optimal qərar kimi qəbul etmək lazımdır və həmin variant müəssisənin əldə edəcəyi potensial optimumu real optimuma çevirə biləcəkdir? Bu sualın cavabını məhsulların satış bazarlarında formalaşmış və müəyyən dövr üçün stabil qəbul edə biləcəyimiz tələb və təklifin nisbətində axtarmaq lazımdır. Daha doğrusu, modelləşmənin 1-ci mərhələsinə qayıdaraq qurduğumuz formal – riyazi modeli dəqiqləşdirmək, ona real bazar şəraiti ilə bağlı əlavə məhdudiyyət şərtləri daxil etmək lazımdır.

Tutaq ki, ekspert rəyi A məhsuluna olan bazar tələbinin kəskin artacağını və onun bazar tələbinin 5 vahiddən az olmayacağını proqnozlaşdırır. Bu halda qurulmuş modelə A məhsulu istehsalı üzrə

$$X_1 \geq 5$$

əlavə məhdudiyyət şərti daxil edilməlidir. B məhsuluna olan tələbin isə 4 vahiddən çox olmayacağı proqnozlaşdırılırsa, onda modelə

$$X_2 \leq 4$$

şəklində əlavə məhdudiyyət şərti daxil edilməlidir.

Təbii ki, modeldə aparılmış bu dəqiqləşdirmələr onun real iqtisadi şəraitə (bu halda bazar konyukturasına) adekvatlığını yüksəldəcəkdir. Dəqiqləşdirilmiş riyazi modelə görə alınacaq yeni optimal strategiyada A məhsulunun istehsalının həcmi 5 vahiddən az olmayacaqdır. B məhsulu üzrə istehsalın həcmi isə 0-la 4 vahid arasında olacaqdır. Təbii ki, əgər bazar qiymətləri stoxastik xarakterdə olmasa və baxılan zaman kəsiyi üçün dəyişməz qalarsa, onda bu yeni optimal strategiyanın müəssisəyə verdiyi məcmu mənfəət 7 dəyər vahidi aşmayacaqdır (bunun əsas səbəbi müəssisədə istehsal ehtiyatlarının həcmələrinin dəyişməməsi və eləcə də məhsul vahidi istehsalına ehtiyat şərti normalarının dəyişməz qalmasıdır). Lakin yeni idarəetmə variantı əvvəlkilərlə müqayisədə real iqtisadi şəraitə daha adekvat hesab ediləcəkdir.

1.2 Qoşmalıq nəzəriyyəsi – iqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlili nəzəriyyəsi kimi

İqtisadi sistemlərin xətti modellərinin xarakterik xüsusiyyətlərindən biri odur ki, hər bir modelə onun qoşması adlanan başqa bir model uyğun gəlir. [1]

Fərz edək ki, iqtisadi sistemin davranışı aşağıdakı xətti modelə gətirilmişdir:

$$Z(x) = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n \rightarrow \max \quad (1.1)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq a_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq a_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq a_m \end{cases} \quad (1.2)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \quad (1.3)$$

Bu modelin iqtisadi məzmununa toxunmadan, onun parametrləri fəzasında başqa bir modelin də mövcud olmasını şərtləndirək:

$$F(y) = a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_my_m \rightarrow \min \quad (1.4)$$

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \dots + a_{m1}y_m \geq p_1 \\ a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{m2}y_m \geq p_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ a_{1n}y_1 + a_{2n}y_2 + \dots + a_{mn}y_m \geq p_n \end{cases} \quad (1.5)$$

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, \dots, y_m \geq 0 \quad (1.6)$$

Asanlıqla görmək olur ki, (1.4) - (1.6) modeli (1.1) - (1.3) modelindən müəyyən qaydalar çərçivəsində alınmışdır və onun məlum qaydalar daxilində çevrilmiş formasıdır. Odur ki, bu modellərdən birini ilkin (düz, birbaşa) model, digərini isə onun qoşma modeli adlandırmaq qəbul olunmuşdur. [1,6,11 və s.]

Əgər (1.4) - (1.6) modelini qoşma model hesab etsək, onda bu modeli (1.1) - (1.3) ilkin modeldən aşağıdakı qaydalar üzrə almaq mümkündür..

1. İlkin model kimi baxdığımız (1.1) - (1.3) modelinin $Z(x)$ məqsəd funksiyasının $P_1, P_2, \dots, P_n$ əmsalları (1.4) - (1.6) qoşma modelin məhdudiyyət şərtləri sisteminin sağ tərəfləri, daha doğrusu məhdudiyyət şərtlərinin sərbəst hədləri rolunu

oynayır. Bu halda modellərdə digər müvafiq ekzogen parametrlərlə də simmetrik əvəzlənmə prosesi gedir. Yəni ilkin modelin məhdudiyyət şərtlərinin $a_1, a_2, \dots, a_n$ sərbəst hədləri də qoşma məsələdə məqsəd funksiyasının əmsallarına çevrilirlər.

2. İlkin modelin məhdudiyyət şərtlərinin a_{ij} əmsallarının $(a_{ij})_{m,n}$ məsələsinin məhdudiyyət şərtlərinin əmsallarından düzəldilmiş matrisi transponinə olunaraq qoşma modelin məhdudiyyət şərtlərinin $(a_{ij})^T$ matrisinə çevrilirlər. Daha doğrusu, ilkin modelin məhdudiyyət şərtləri sisteminin hər bir sətir əmsalları qoşma modeldə sütun əmsallarına çevrilir.

3. İlkin modeldə məhdudiyyət şərtlərinin xarakteri « $\leq$ »-sə, qoşma modeldə « $\geq$ » xarakterli olur.

4. İlkin modeldə olduğu kimi, qoşma modeldə də dəyişənlərin üzərinə mənfi olmamaq şərtləri qoyulur.

5. Bəzən ilkin modeldə « $=$ » şəklində məhdudiyyət şərti iştirak edə bilər. Onda qoşma modeldə bu şərtlə bağlı Y_i dəyişəni sərbəst dəyişən kimi çıxış edəcəkdir.

6. Əgər ilkin modelin dəyişəni üzərinə sərbəstlik şərti qoyulubsa, onda qoşma modeldə uyğun məhdudiyyət şərti « $=$ » şəklində formalaşacaqdır.

7. Əgər ilkin modeldə, məqsəd funksiyasının ən böyük qiyməti axtarılsa, qoşma məsələdə məqsəd funksiyasının ən kiçik qiyməti axtarılır.

Qeyd edək ki, yuxarıda baxdığımız modellər qarşılıqlı qoşma məsələlərdir. Çünki, yuxarıda təsvir etdiyimiz qaydalar həm (1.1) – (1.3) modelindən (1.4) – (1.6) modelini almaq üçün, həm də əks variant üçün yararlıdır.

Əgər ilkin modeldə maksimum qiyməti axtarılsa, onda bu modeldə bütün bərabərsizliklər « $\leq$ » şəklində olmalıdır. Minimum halı üçün isə ilkin modelin bərabərsizlikləri « $\geq$ » şəklində verilməlidir. Əgər məsələnin qoyuluşunda bu ilkin şərtlər pozularsa, onda sadə riyazi çevirmələrlə bu şərtlərin ödənməsi təmin edilməlidir.

Qoşma modellər içərisində simmetrik qoşma modellər xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Qoşma modellər o halda simmetrik hesab edilir ki, hər iki modelin məhdudiyyət şərtləri bərabərsizliklər şəklində qurulmuş olsun.

İqtisadi sistemlərin tədqiqində qoşmalığ prinsipi geniş tətbiq olunur. Odur ki, qoşmalığın iqtisadi mənasını açıqlayaq.

İqtisadi sistemin optimal davranışı məsələsinin bir cüt simmetrik qoşma model şəklində formalizə edildiyini şərtləşək. Tutaq ki, bu modellər yuxarıda baxdığımız (1.1) – (1.3) və (1.4) – (1.6) modelləridir. (1.1) – (1.4) modelinin məqsəd funksiyasının əmsallarının müəssisədə istehsal ediləcək n adda məhsulun hər vahidinin verdiyi mənfəət, məhdudiyyət şərtlərinin əmsallarının məhsul vahidinə ehtiyat sərfi normaları, məhdudiyyətlərin sağ tərəflərinin isə ehtiyatların məhdud həcmələri olduğunu şərtləşək (bax §1.1 – iqtisadi sistemin riyazi modelinin qurulması). Onda (1.1) – (1.3) ilkin modelin iqtisadi mənası müəssisədə istehsal ediləcək məhsulların həcmələri üçün elə qiymətlər tapmaqdan ibarət olacaqdır ki, formalaşmış bazar qiymətlərində həmin müəssisənin əldə edəcəyi məcmu mənfəət bütün mümkün istehsal variantları içərisində ən böyük optimum olsun.

Fərz edək ki, müəssisədə istifadə ediləcək m sayda istehsal ehtiyatının y_i qoşma qiymətləri müəyyən edilməlidir. Onda (1.4) – (1.6) qoşma modelə görə bu qoşma qiymətlər elə seçilməlidir ki, optimal istehsal proqramı fəzasını tərk etmədən istifadə ediləcək bütün ehtiyatların qoşma qiymətlərinin cəmi ən kiçik olsun, yəni :

$$F(y) = a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_my_m \rightarrow \min \quad (1.7)$$

məqsədi təmin edilsin

Qoşma modelin m sayda məhdudiyyət şərtindən hər biri məhsul vahidinin verdiyi mənfəətin formalaşma mexanizmi ilə onun kəmiyyəti arasında münasibəti kəmiyyətə ifadə edir. Yəni məhsul vahidinin istehsalına sərf olunan ehtiyat vahidlərinin qoşma qiymətlərinin cəmi bu məhsul vahidinin verdiyi mənfəətdən az olmamalıdır ki, onu istehsal etmək iqtisadi baxımdan sərfəli olsun. Qoşma modelin endogen parametrlərinin qeyri-mənfiliyi şərtlərinin əlavə iqtisadi izaha ehtiyacı yoxdur. Çünki, qiymət amili təbiətə mənfi kəmiyyət ola bilməz.

(1.1) – (1.3) və (1.4) – (1.6) qoşma modellərin optimal strategiyalarının kəmiyyət asılılıqları qoşmalığ teoremləri vasitəsi ilə əlaqələndirilir.

Qoşmalığın I (əsas) teoremi: Fərz edək ki, bir cüt qarşılıqlı qoşma model verilmişdir. Əgər bu modellərdən birinin optimal həlli mövcuddursa, onda onun qoşmasının da də optimal həlli mövcuddur və bu modelin məqsəd funksiyasının optimumları bir-birinə bərabərdir:

$$\max Z(X^*) = \min F(Y^*) \quad (1.8)$$

Əgər bu məsələlərdən birinin məqsəd funksiyası məhdud deyilsə, onda digər məsələnin şərtləri ziddiyyətlidir və onun həlli yoxdur.

Qoşmalığın II teoremi: Fərz edək ki, bir cüt qarşılıqlı qoşma model verilmişdir. X^* və Y^* vektorların bu model cütünün optimal həlləri olması üçün zəruri və kafi şərt aşağıdakı məhdudiyyət şərtlərinin doğru olmasıdır:

$$I. \quad x_j^* \left(\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i^* - p_j \right) = 0 \quad (j = \overline{1, n})$$

$$II. \quad y_i^* \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^* - a_i \right) = 0 \quad (i = \overline{1, m})$$

Biz yuxarıda qoşmalığın iqtisadi mənasını nəzərdən keçirdik. Bu iqtisadi interpretasiyanı əsas götürərək qoşmalığın 1-ci teoreminə iqtisadi mənə verməyə çalışaq. Qəbul etdiyimiz iqtisadi izahdan çıxış etsək, onda ilkin modelin iqtisadi mənası müəssisəyə maksimal mənfəət gətirəcək. İstehsal proqramının axtarışı ilə qoşma modelin iqtisadi mənası isə istehsal prosesində zəruri element kimi iştirak edən istehsal ehtiyatları üçün optimal qoşma qiymətlər vektorunun axtarışı ilə bağlıdır. Onda yuxarıda formalaşdırılmış birinci teorem (1.1) – (1.3) və (1.4) – (1.6) modellərinin optimal həllərinin mövcudluq şərtlərini müəyyən edəcəkdir. Yəni əgər müəssisə üçün optimal istehsal proqramı mövcuddursa, onda ehtiyatlar üzrə optimal qoşma qiymətlər vektoru da mövcuddur və əksinə. Bu optimal planlar üçün məqsəd funksiyalarının optimumları bir – biri ilə tarazlıq əlaqəsində olur, yəni müəssisənin məcmu mənfəəti ehtiyatların qoşma qiymətləri cəminə bərabər olacaqdır.

İlkin və qoşma modellərin bu optimal həcmələrindən başqa istənilən digər həlləri üçün optimumların kəmiyyət asılılığı

$$Z(x) \leq F(y)$$

şəklində olacaqdır.

Qoşmalığın ikinci teoreminin iqtisadi mənasına sayları n və m - ə bərabər olan bərabərsizlik qrupları üzrə avtonom şəkildə aparaq.

Tutaq ki, 1-ci qrupa daxil olan məhdudiyyətlər üçün endogen parametrlərinin qiyməti sıfırdan fərqlidir(böyükdür). Onda alıqır:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij}y_i^* - p_j = 0 ; \quad \sum_{i=1}^m a_{ij}y_i^* = p_j$$

Əgər endogen parametrlərin qiyməti sıfıra bərabədirsə, onda hasilin sıfır olması üçün mötərizədəki ifadəni sıfırdan böyük hesab edəcəyik, yəni:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij}y_i^* - p_j > 0 ; \quad \sum_{i=1}^m a_{ij}y_i^* > p_j$$

(Biz 1-ci şərtlər qrupunda hər iki vuruğun sıfıra bərabər halını və mötərizənin sıfırdan kiçik olması halını araşdırmırıq, çünki bu hallarda aşkar iqtisadi mənası yoxdur.)

Beləliklə, müəssisədə j - cu məhsulun bir vahidini istehsal etmək üçün istifadə edilən ehtiyatların bütün növlərinin qoşma qiymətlərinin cəmi ($\sum_{i=1}^m a_{ij}y_i^*$ kəmiyyəti) bu məhsul vahidinin gətirdiyi P_j mənfəətə bərabədirsə, onda bu məhsul növü səmərəverici məhsul növü kimi dəyərləndirilir və hökmən istehsal edilməlidir. $X_j \neq 0$ ($X_j > 0$) şərti də məhz bu məhsul növünün istehsal ediləcəyinə işarədir. Bu məhsul vahidi üzrə ehtiyatların qoşma qiymətlərinin cəmi mənfəətdən böyük olduqda isə həmin məhsul növünü istehsal etmək iqtisadi səmərə baxımından sərfəli olmur və buna görə də həmin məhsulla bağlı endogen parametrlərin qiyməti sıfıra bərabər olur. Dediklərimizi ümumiləşdirərək belə bir qənaətə gəlmək olar ki, 2-ci teoremin 1-ci qrupuna daxil olan n sayda məhdudiyyət şərti müəssisəyə istehsalı iqtisadi səmərənin əldə edilməsi baxımından əlverişli olan məhsullarının çeşidini, daha doğrusu istehsal proqramı vektorunun optimal strukturunu müəyyən etməyə imkan verir. Qeyd edək ki, optimum (məcmu mənfəət) dəyişməz qalması şərti ilə bu optimal istehsal proqramı

vektorunun alternativ variantları da mövcud ola bilər.(Biz bu halda §1.1-də qarşılaşmışdıq.)

Analoji yanaşma əsasında qoşmalığın ikinci teoreminin 2-ci qrup şərtlərinə daxil olan m sayda məhdudiyyətin iqtisadi mənasını araşdıraraq. Bu şərtlərə görə:

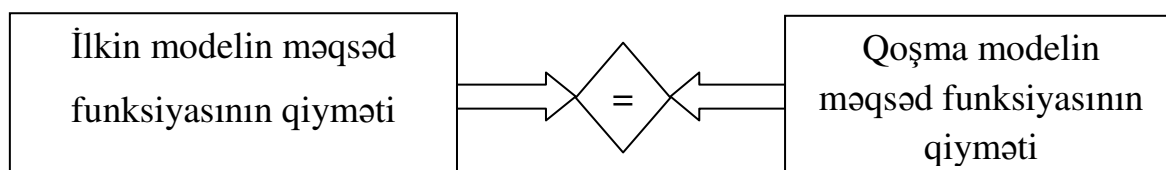
$$y_i > 0 \text{ olduqda } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^* = a_i, \quad y_i^* = 0 \text{ halında isə } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^* < a_i \text{ alınır.}$$

(Analoji olaraq biz iqtisadi mənalara tam aydın olamayan digər variantlara baxmırıq.)

Birinci asılılıq onu göstərir ki, müəssisədə optimal istehsal proqresinin strukturuna uyğun istehsal ediləcək bütün məhsulların həcmələrinə sərf ediləcək i -ci ehtiyatın məcmu miqdarı bu ehtiyatın müəssisədə olan məhdud həcminə, yəni a_i -yə bərabərdir. Deməli i -ci ehtiyat istehsal prosesində tam, qalıqsız sərf edilir və ona defisit ehtiyat statusu vermək olar (§1.1-də baxdığımız məsələdə bu proses ətraflı nəzərdən keçirilmişdir). Defisit ehtiyat üçün qoşma qiymət sıfırdan böyük olacaqdır. İkinci asılılığa görə isə məhsulların istehsalına sərf olunan i -ci ehtiyatın həcmi onun məhdud həcmindən ciddi şəkildə azdır, yəni ehtiyatın bir hissəsi istifadəsizdir. Bu halda ehtiyat bol ehtiyat kimi dəyərləndirilir və onun qoşma qiyməti sıfıra bərabər edilir.

Beləliklə biz, ilkin və qoşma xətti optimallaşdırma modellərinin qarşılıqlı əlaqələri haqqında aşağıdakı asılılığın mövcudluğunu qəbul etməliyik:

1. Optimum baxımından:



Bu asılılıq bütövlükdə qoşmalığa və qoşma məsələnin dəyişənlərinə mühüm iqtisadi məna verməyə imkan yaradır.

Fərz edək ki, aşağıdakı bir cüt qoşma modelə baxılır:

İlkin model:

$$Z(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \quad (1.9)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = \overline{1, m}) \quad (1.10)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, n}) \quad (1.11)$$

Qoşma model:

$$F(y) = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min \quad (1.12)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j \quad (j = \overline{1, n}) \quad (1.13)$$

$$y_i \geq 0 \quad (i = \overline{1, m}) \quad (1.14)$$

Tutaq ki, (1.9) – (1.11) ilkin modelin iqtisadi mənası məhdud ehtiyatlardan səmərəli istifadə edərək maksimum mənfəət əldə etməkdir. Bu halda firmada məhsul istehsalı prosesində m sayda ehtiyatın iştirak etdiyini fərz edəcəyik. b_i - i -ci ehtiyatın məhdud həcmi, a_{ij} - j -cu məhsul vahidi istehsalına i - ci ehtiyatın sərfiyyat norması, c_j - j -cu məhsul vahidinin verdiyi mənfəət olacaqdır. $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektorunun x_j - cu komponenti isə idarə olunan parametr olmaqla, müəssisədə istehsal ediləcək j - cu növ məhsulun miqdarını göstərəcəkdir. Deməli, (1.9) – (1.11) ilkin modelin iqtisadi mənası firma üçün elə bir $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ optimal istehsal proqramının tapılmasına gətirilir ki, bu proqrama görə ehtiyatların mövcud həcmələri fəzasında onun məcmu mənfəəti maksimum olsun.

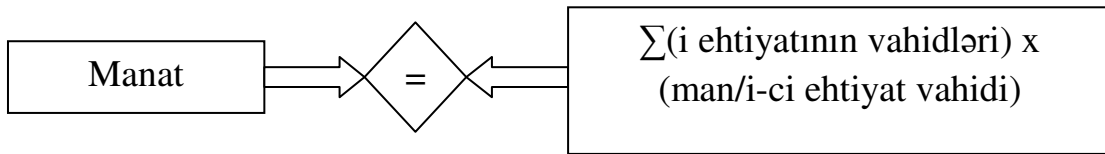
Bu əsasda (1.12) – (1.14) qoşma modelin və onun dəyişənlərinin iqtisadi mənalərini açıqlamağa çalışaq.

Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz qoşmalığın 1-ci teoreminə istinadən ilkin və qoşma məsələlərin məqsəd funksiyalarının bərabərliyi şərti aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$Z = F = \sum_{i=1}^m b_i y_i$$

Bu ifadəni ona daxil olan kəmiyyətlərin ölçüləri baxımından təhlil edək. Z -in manatla, b_i -nin isə müəyyən edilmiş ölçü vahidləri ilə ifadə olunması isə əlaqədar

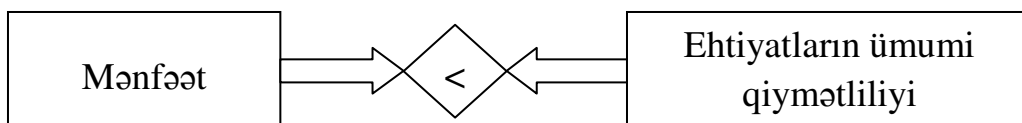
olaraq y_i dəyişənləri i - nömrəli ehtiyat vahidinə nəzərən manatla ifadə ediləcəkdir, çünki :



Beləliklə , qoşma modelin y_i dəyişənləri i -ci ehtiyat vahidinin qiymətliliyini əks etdirir.(Məhz buna görə də biz onlara həm də kölgə qiymətləri kimi baxırıq.)

Qoşma qiymətlər istifadə olunan ehtiyatların məqsəd funksiyasına verdiyi pay baxımından onların prioritetini müəyyən etmək üçün istifadə oluna bilər. Fərz edək ki, ilkin və qoşma modellərin Simpleks metodla həlli prosesində y_1 və y_2 dəyişənlər üçün $y_1^* = 29/5$ və $y_2^* = -2/5$ optimal qoşma qiymətlər alınmışdır. Onda Z funksiyasının optimal qiymətini artırmaq üçün yalnız bir ehtiyatın – 1-ci ehtiyatın miqdarını artırmaq lazımdır.(bu məqsəd baxımından 2-ci ehtiyatın miqdarı azaldılmalıdır). Tutaq ki, Δ_1 – 1-ci ehtiyatın əlavə miqdarıdır. Əgər müvafiq Simpleks cədvəllərin məlumatlarını tədqiq etsək, onda məlum olacaqdır ki, Δ_1 -in qiyməti istənilən qədər böyük ola bilər və 1-ci ehtiyatın həcmnin hər bir vahid artımı məqsəd funksiyasının qiymətini $29/5$ vahid artıracaqdır. Ümumi halda ehtiyatın həcmnin artım imkanı üçün modelin texnoloji strukturu ilə müəyyən olunan hədd səviyyəsi mövcud olur.

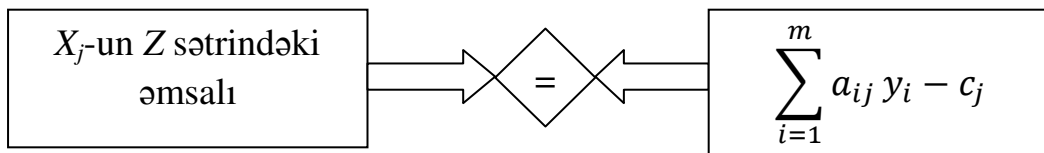
Ölçülərin təhlili üzrə aparılan tədqiqatlar mühüm nəticələr əldə etməyə imkan verir. Yuxarıda qoşmalığın əsas bərabərsizliyinə görə müəyyən edildi ki, x^* və y^* optimal strategiyalardan əlavə qalan bütün x və y mümkün həllər üçün $Z < F$ şərti ödənilir, yəni ilkin modelin məqsəd funksiyasının qiyməti qoşma modelin məqsəd funksiyasının qiymətini aşmır:



Bu şərt mənfəət üçün hədd qiyətini müəyyən etməyə imkan verir, belə ki, mənfəət ehtiyatların məcmu qiymətliliyindən kiçik qaldıqca X strategiyası qeyri-optimal olaraq qalacaqdır. Mənfəət ehtiyatların ümumi qiymətliliyinə bərabər olduqda isə, optimum əldə ediləcəkdir. Əgər bu prosesə kibernetik “qara qutu” kimi yanaşsaq və (1.9) – (1.11) , (1.12) – (1.14) bir cüt qoşma modelə müəyyən iqtisadi sistemin girişi və çıxışı aarasındakı qarşılıqlı əlaqəni əks etdirən operatorlar kimi yanaşsaq, onda istehlak edilən ehtiyatlar sistemin girişini, məcmu mənfəət isə çıxışını əks etdirəcəkdir. Nə qədər ki sistemin girişi onun çıxışını üstələyir, bu sistem qeyri-stabil vəziyyətdə olacaqdır. Məcmu mənfəət ehtiyatların məcmu qiymətliliyinə bərabər olduqda isə sistemdə dayanıqlıq əldə olunacaqdır.

İndi isə (1.12)—(1.14) qoşma modelin (1.13) məhdudiyyət şərtləri sisteminin iqtisadi mənasını nəzərdən keçirək.

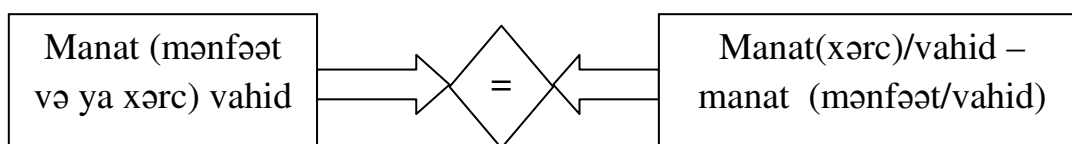
(1.9)—(1.11) ilkin model Simpleks metodla həll edilən zaman hər bir Simpleks cədvəldə X_j dəyişənin Z sətirindəki əmsalın qiyməti (1.12)—(1.14) modelinin (1.13) məhdudiyyət şərtləri sisteminin J - cu şərtinin sol və sağ tərəflərinin fərqi kimi hesablanacaqdır.



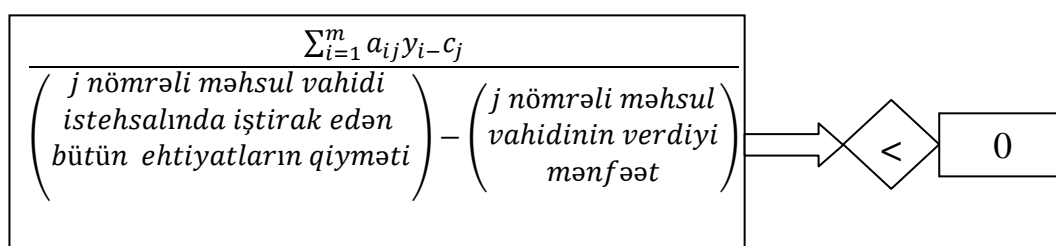
Bu ifadəni ona daxil olan kəmiyyətlərin ölçüləri baxımından təhlil edək. Qeyd edək ki, C_j — j -cu çıxışın bir vahidinə düşən mənfəəti göstərir. Deməli, C_j - un ölçüsü *man/vahid* olmalıdır.

C_j -un bir vahidə düşən mənfəət olması üzündən, əks işarəli $\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i - c_j$ cəmi də müəyyən məxsusi məsrəflərə uyğun olmalıdır. a_{ij} kəmiyyəti j nömrəli məhsul vahidi istehsalına sərf olunan i -ci ehtiyatın miqdarıdır, odur ki Y_i dəyişəni i -ci ehtiyat vahidinin “daxili”(kölgə) qiymətini əks etdirməlidir. Odur ki, $\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i$ həddinə j -cu məhsul vahidinin istehsalında iştirak edən bütün ehtiyatların məcmu qiymətliliyi

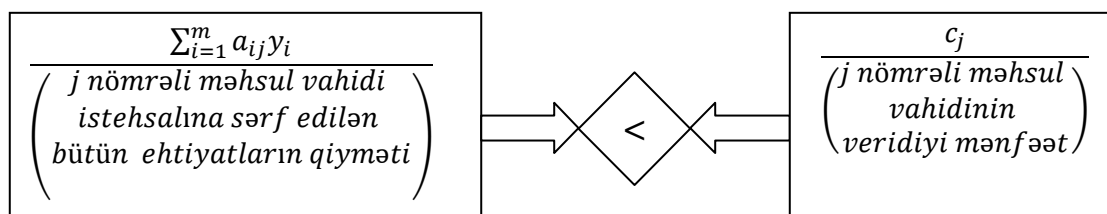
kimi baxmaq olar. Onda baxılan tənliyi müvafiq ölçü vahidlərində aşağıdakı kimi interpretasya etmək olar:



Bu zaman nəzərə almaq lazımdır ki, fərqin işarəsindən asılı olaraq bərabərliyin sol tərəfi ya məsrəfləri(xərcləri) ya da mənfəəti ifadə edəcəkdir. Maksimum məsələnin həllini Simpleks metodla icra edən zaman baxılan bazis həllində təmsil olunmayan məhsul növü (X_j qeyri bazis dəyişən üçün $x_j=0$ şərti ödənilir) sonrakı bazis həllinə yalnız o halda daxil ediləcəkdir ki ($x_j > 0$ şərti ödəniləcəkdir) bu dəyişənə uyğun gələn Z sətir əmsali mənfi olsun. Əgər bu əmsal sıfır və ya müsbət işarəli olarsa, onda müvafiq məhsul növünün istehsalının həcmnin artması məqsəd funksiyasının qiymətinin yaxşılaşmasına gətirib çıxarmayacaqdır. Ölçülərin sistemli təhlilindən alınan nəticələri əsas götürərək, bu şərtə iqtisadi məna verək. J – cu məhsul növünün istehsalı həlldə yalnız o halda təmsil olunacaqdır ki, aşağıdakı şərt ödənsin:



Və ya :



Beləliklə, nə qədər ki, mənfəətin ehtiyatların məcmu qiymətindən çox olması halı müşahidə olunur, bu asılılığın davam edəcəyi bütün müddətdə j nömrəli məhsul istehsalı ilə bağlı istehsal fəaliyyətinin intensivliyini artırmaq lazımdır.

Qeyd edək ki, dayaq həllinə müəyyən bir məhsul növü istehsalı ilə bağlı fəaliyyəti daxil etməklə (bu fəaliyyət növünü əks etdirən idarə olunan parametri bazis dəyişəni etməklə) biz ondan istifadənin səviyyəsini o dərəcəyə qədər artırırıq ki, həmin dəyişənin Z əmsalı sıfıra bərabər olsun. Bu halda həmin məhsul növü istehsalı ilə bağlı fəaliyyətdən mənfəətin əldə edilməsi ilə bağlı potensial imkan tam reallaşmış olur. Əgər bu məhsul növü istehsalı ilə bağlı fəaliyyətin səviyyəsini artırırsaq, onda ehtiyatların qiyməti mənfəəti üstələyəcəkdir. Deməli, strategiyanın optimallaşdırılması baxımından bu yanaşmanın heç bir perspektivi və deməli iqtisadi səmərəsi olamayacaqdır.

Nəhayət belə bir suala cavab verək:

- Maksimumlaşdırma məsələlərinin iqtisadi-riyazi modellərində cari həlldə iştirak etməyən və Z sətrində müsbət əmsala malik istehsal fəaliyyəti növü nə üçün gələcək strategiyalarda da aktivləşməyəcək, daha doğrusu özünə tətbiq sferası tapmayacaqdır?

Bu suala cavab onunla bağlıdır ki, həmin istehsal növü ilə bağlı məhsul vahidi istehsalına sərf ediləcək ehtiyatların qiyməti onun satışından əldə edilən mənfəət göstəricisini üstələyir.

Bir çox tədqiqatçılar iqtisadi sistemin riyazi modelinə bu sistemin girişlərini çıxışlara çevirən “qara qutu” kimi yanaşırlar. Fərz edək ki, sistemin girişini məhdud ehtiyatlar təşkil edir. Çıxış bütün istehsal fəaliyyətləri növlərinin məqsəd funksiyasına verdiyi payla assosiasiya olunur. Modelin özü isə məhdud ehtiyatları nüvəfiq son məhsula çevirən operator kimi çıxış edir.

Bu prosesi sistemin əməliyyat xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması yolları baxımından öyrənək. Sistemin əməliyyat xarakteristikalarını üç yolla yaxşılaşdırmaq olar:

1. İstehsal fəaliyyətinin məqsəd funksiyasına verdiyi payı artırmaq yolu ilə;

2. Məhdud ehtiyatların həcmnin artırılması yolu ilə;
3. İstehsal – texnoloji prosesdə ehtiyatlardan istifadənin həcmnin azaldılması yolu ilə.

Birinci üsuldan istifadə edildikdə elə faktorlar qarşıya çıxır ki, onlara idarəedici təsirlər etmək mümkün olmur. Məsələn, mənfəətin hədd qiyəti satış bazarında yaranan vəziyyətlə müəyyən edilir və buna görə də rəqabətin mövcudluğu qiyəti artırmaq yolu ilə mənfəəti artırmağa imkan verməyəcəkdir. Odur ki, sistemin əməliyyat xarakteristikalarını bu yolla yaxşılaşdırılmasının perspektivi olamayacaqdır.

Məhdud ehtiyatların həcmələrinin artırılması yolu ilə sistemin əməliyyat xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması yalnız o halda mümkün olacaqdır ki, qərar qəbul etmək səlahiyyətlərinə malik olan idarəedici orqanın əlində kifayət qədər böyük imkanlar olsun. Belə ki, QQS məhdud istehsal ehtiyatlarının həcmələrini artırmaq üçün əlavə maliyyə imkanları axtarır tapmalıdır. Bu zaman o istehsal ehtiyatlarının həcmələri artırılmalıdır ki, onların qoşma qiyətləri daha yüksək olsun. Belə ki, əgər $Y_i > Y_j$ olarsa, onda i -ci istehsal ehtiyatının qiyətliliyi j -cu istehsal ehtiyatına nəzərən daha yüksəkdir və əlavə maliyyə vəsaitləri məhz i -ci istehsal ehtiyatının həcmnin artırılmasına istiqamətləndirilməlidir.

Üçüncü istiqamət isə idarə olunan faktorlarla bağlıdır. Belə ki, firma istehsal-texnoloji prosesi təkmilləşdirməklə, yeni istehsal-innovativ texnologiyalardan istifadə etməklə iqtisadi sistemdə ehtiyat sərfi normalarını azalda bilər.

Qoşma qiyətləri tətbiq etməklə, həm də öyrənilən sistemin əməliyyat xarakteristikalarının maksimal yaxşılaşdırılması baxımından firmanın istehsal sahələrinin hansında təkmilləşdirmənin aparılmasının daha prioritetli olmasını aşkar etmək mümkündür. Belə ki, əgər bir əməliyyat sisteminin j -cu növünü daha mənfəətli etmək istəyiriksə, onda bu növ üzrə resursların $\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i$ qiyəti aşağı salmaq lazımdır. Təbii ki, bu göstərici Y_R qoşma qiyətlər içərisində $\max\{Y_R\}$ kəmiyyəti ilə bağlı olan a_{Rj} ehtiyatlarının sərf olunma intensivliyi ilə əlaqədar olacaqdır. a_{Rj} kəmiyyətinin azaldılmasının təxmini aspekti isə, öyrənilən əməliyyat sisteminin daxili xarakteristikaları ilə müəyyən ediləcəkdir.

Fəsil 2. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin riyazi əsasları

2.1. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlilinin əsas aspektləri

İqtisadi sistemlərin tədqiqi göstərir ki, sistemlərdə gedən proseslər statik deyil, dinamik xarakterli proseslərdir və bu proseslərlə bağlı problemlərin statik vəziyyət şəklində modelləşdirməsi və alınacaq optimal həllin bazasında idarəetmə strategiyasının qəbulu heç də səmərəli yol deyildir. Çünki, statik vəziyyət üçün tərtib edilmiş modellər öyrənilən iqtisadi sistemə bağlı dəyişkənlikləri ekzogen parametrlərin qiymətlərində nəzərə ala bilmir. Odur ki, statik vəziyyət üçün tərtib edilmiş iqtisadi-riyazi modellərin optimal həlləri tapıldıqdan sonra optimallaşdırmadan sonrakı tədqiqat prosesini başlamaq lazımdır. Başqa sözlə desək, qurulmuş modellərin optimal həllərin tapılmasını tədqiqatın sonu kimi yox, optimal qərarların formalaşdırılması və həyata keçirilməsinin start vəziyyəti kimi qiymətləndirmək lazımdır. Modellərin optimal həlləri tapıldıqdan sonra icra edlən bu prosesə iqtisadi sistemlərin riyazi modelərin həssaslığı və dayanıqlılığının təhlili prosesi deyilir. Bu təhlilin qarşısında duran əsas vəzifə modelləşdirmə prosesinə dinamiklik gətirmək və ekzogen parametrlərin qiymətlərində labüd olaraq baş verə biləcək dəyişikliklərin alınmış optimal həllə təsirinin kəmiyyət xarakteristikalarını müəyyən etməkdən ibarətdir. Əgər optimal həllərin dayanıqlılığı və həssaslığı ilə bağlı kompleks tədqiqatlar aparılmasa, çox ola bilər ki, əvvəlki mərhələdə tapılmış həll tətbiq olunana qədər artıq öz aktuallığını və səmərəliliyini itirsin.

İqtisadi riyazi modellərlə təsvir edilən iqtisadi sistemlərin statikliyini pozan faktorların qısa təsnifatını verək.

Məlum olduğu kimi, xətti optimallaşdırma modellərinin tətbiq sferası çox genişdir və bu modellər həm makrosəviyyədə, həm də mikrosəviyyədə istehsal proseslərini əhatə edir. Lakin əvvəlki paraqraflarda göstərildiyi kimi, bu modellər əsasən kifayət qədər standart qoyuluşa malikdirlər. Yəni, iqtisadi sistem müəyyən qədər məhdud istehsal ehtiyatları şəraitində müəyyən nomenklaturada məhsul istehsal

etməklə məcmu gəlirini (və ya mənfəətini) maksimumlaşdırılmalı, yaxud da məcmu maya dəyəri minimumlaşdırılmalıdır. Əgər müəyyən məhsul istehsalına istehsal ehtiyatlarının şərtini əks etdirən texnoloji əmsallar matrisini A ilə, istehsal ehtiyatlarının həcmələrini əks etdirən vektoru B ilə, buraxılan məhsul assortimentlərinin həcmələr vektorunu isə X ilə işarə etsək, onda bu matris və vektorların komponentlərinin təbiəti ilə bağlı bir sıra mühazirələr yürütmək olar. Belə ki, A matrisi və B vektorunun xarakterizə etdiyi məhdudiyyətlər yalnız müəssisələrdə istehsal ehtiyatlarının məhdudluğu ilə bitmir. Bu məhdudiyyətlər həm də onunla bağlıdır ki, müəssisələrin istehsalın təşkilinə sərf edə biləcəkləri vəsaitlər məhduddur, istehsal ehtiyatlarını hazır məhsula çevirən istehsal gücləri məhduddur, istehsal kommunikasiyalarının buraxılış qabiliyyətləri məhduddur. Bu məhdudiyyətlərlə yanaşı iqtisadi sistemin çıxdığı bazarla bağlı da müəyyən məhdudiyyətlər mövcud ola bilər. Belə ki, müəssisə azad rəqabət şəraitində fəaliyyət göstərdiyi üçün bazarı bütövlükdə ələ keçirə bilməz və bu bazarın müəyyən bir segmentində fəaliyyət göstərməlidir. Bundan başqa, iqtisadi sistem məhsul buraxılışı strategiyasının müəyyən edərkən bu strategiyayı bazardan qiymət tarazlığına tabe etməli və onun balanslılığını pozmamaya çalışmalıdır. Və nəhayət, müəssisə öz məhsullarının istehsalı və bazara çıxarılışında müəyyən zaman məhdudiyyətlərinə əməl etməlidir.

Tutaq ki, bu şərtlər daxilində iqtisadi sistem optimal idarəetməyə nail olmuşdur, yəni məhsul növlərinin istehsalı üçün elə bir strategiya tərtib etmişdir ki, həmin strategiyaya görə onun məcmu gəliri (mənfəəti) maksimum olacaq, ya da məcmu istehsal xərcləri minimum olacaqdır. Bəs bu halda iqtisadi sistemin hansı parametrləri deterministik, stoxastik təbiətli olacaqdır və bu stoxastiklik optimal planda və tapılmış optimumda hansı dəyişikliklər doğuracaqdır?

Stoxastik dəyişkənliyə malik parametrlər içərisində ən mühüm göstərici məhsul vahidlərinin verdiyi mənfəətdir. Bu göstəricidə stoxastikliyi müxtəlif faktorlar doğura bilər. Bu faktorlara misal olaraq məhsul vahidlərinin bazar qiymətlərinin dəyişməsinə, eləcə də məhsul vahidlərinin maya dəyərinin dəyişməsinə göstərmək olar. Məhsul vahidlərinin bazar qiymətləri mövsümi xarakterli faktorlarla,

eləcə də bazarda məhsula olan tələbin dəyişməsi ilə dəyişikliyə uğraya bilər. Məhsulların qiymətləri bazarda xammalın həcmnin dəyişməsi ilə, bazarda rəqabətin dəyişməsi ilə dəyişə bilər.

Məhsul vahidlərinin maya dəyərlərində dəyişikliklər doğuran ətraf mühit faktorlarına misal olaraq isə, istehsal ehtiyatları bazarında tələb və təkilfin dəyişməsi nəticəsində ehtiyat vahidlərinin qiymətlərinin dəyişməsinə, müəssisələrin hər birinin ala biləcəyi istehsal ehtiyatının miqdarının dəyişməsinə, istehsal güclərinin fiziki aşınması nəticəsində məhsul vahidinə ehtiyat sərti normalarının dəyişməsinə və s. göstərmək olar.

Modelin məhdudiyyət şərtlərinin ekzogen parametrləri üçün onların qiymətlərinin dəyişkənliyini doğuran aşağıdakı 4 mənbəyi fərqləndirmək olar:

1. Müəssisənin bazardakı payının dəyişməsi;
2. Müəssisənin dövrüyyə kapitalının həcmnin dəyişməsi;
3. Emal ediləcək xammalın həcmnin dəyişməsi;
4. Konkret ətraf mühitlə bağlı digər səbəblər.

Birinci qrup dəyişikliklərin səbəbi məhsulun (məhsulların) satış bazasında olan rəqabət mübarizəsi ilə bağlıdır. Bu dəyişikliyi konkret məhsula olan məcmu tələbin artması və ya azalması da doğura bilər.

İqtisadi sistemlərin riyazi modelləri üçün ekzogen təbiətli parametrlər sayılan A texnoloji əmsallar matrisinin elementlərinin variasiyası isə iki səbəbdən-məhsul növlərinin istehsalının ucuzlaşması və ya bahalaşması nəticəsində, ya da mövsümi dəyişmələrlə bağlı texnoloji əmsalların variasiyası ilə yaranır.

Beləliklə, həm modellərin məqsəd funksiyalarının əmsalları, həm də məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəfləri (bir məhdudiyyətlərlə bağlı stoxastikliyə digər variantlarını, yəni texnoloji əmsalların variasiyasını izləməyəcəyik) stoxastik təbiətli dəyişikliklərə uğraya bilər. Onda qarşıya aşağıdakı suallar çıxır:

1. Əgər iqtisadi riyazi modellərin məqsəd funksiyalarının əmsallarında dəyişikliklər baş verirsə, onda bu dəyişikliklərə optimal həll nə dərəcədə dayanıqlıq nümayiş etdirəcəkdir? Yəni əmsalların hansı qiymət diapazonları

üçün statik vəziyyət halında alınmış optimal həll öz strukturunu qoruyub saxlayacaqdır?

2. Modelin məhdudiyyət şərtlərinin sərbəst hədləri ətraf mühit faktorlarının təsiri altında dəyişərsə, onda bu dəyişikliklər statik vəziyyət üçün tapılmış optimal həldə və deməli məqsəd funksiyasının optimumunda hansı dəyişikliklər doğuracaqdır? Bu dəyişiklikləri sərbəst hədlərin dəyişməsi intervalları ilə necə əlaqələndirmək olar?
3. Müəssisələrdə istehsal ehtiyatlarının həcmələrinin artıb-azalmasının optimumunda payını kəmiyyətcə qiymətləndirmək mümkündürmü? Başqa sözlə desək, “kimmən kəsib kimə calamaq lazımdır”, hansı ehtiyatın həcmi azaldıb, sərbəstləşən maliyyə vəsaitini hansı ehtiyata yönəltmək lazımdır ki, bu ehtiyat istehsal prosesində qalıqsız sərf edilərək, optimuma artırıcı istiqamətdə təsir göstərə bilsin?

Qoyulmuş bu sualların cavablandırılması mexanizmi olaraq, məhz optimal həllərin dayanıqlılığı və həssaslığın sistemli təhlili prosesi çıxış edir.

Onda statik optimal həllərin həssaslığının təhlilinin əsas vəzifələrini aşağıdakı kimi müəyyən etmək olar:

1. Əgər istehsal ehtiyatı defisitlik statusuna malikdirsə ($y_i > 0$ halı), onda bu ehtiyatın həcmi nə qədər artırmaq olar ki, məqsəd funksiyasının artımı təmin edilsin?
2. Əgər istehsal ehtiyatı bol resurs statusuna malikdirsə, ($y_j = 0$ halı), onda bu ehtiyatın həcmi nə qədər azaltmaq olar ki, əvvəl alınmış statik optimal həllin optimumunun qiyməti dəyişməz qalsın?
3. Əlavə ehtiyatlar hansı defisit resursun həcmi daha da artırılmasına istiqamətlənməlidir?

Statik optimal həllərin dayanıqlılığının təhlilinin əsas vəzifələrini isə aşağıdakı kimi müəyyən etmək olar:

1. Modelin məqsəd funksiyasının əmsallarının qiymətləri hansı diapazonda dəyişməlidir ki, statik hal üçün alınmış optimal həllin strukturunda heç bir dəyişiklik baş verməsin ?
2. Məqsəd funksiyasının əmsallarının qiymətlərini neçə vahid dəyişdirmək lazımdır ki, defisit istehsal ehtiyatı bol ehtiyata çevrilsin, bol istehsal ehtiyatı defisitlik statusu qazansın?

Yuxarıda formalaşdırdığımız bu problemləri, daha doğrusu iqtisadi-riyazi modellərin statik optimal həllərinin dayanıqlılıq intervallarının müəyyən edilməsi problemini araşdıraq.

Sistemli tədqiqatlar göstərir ki, iqtisadi sistemin hər bir formal riyazi modelinin optimal həllinin bu modelin məqsəd funksiyasının $P_1, P_2, \dots, P_n$ əmsallarına nəzərən dayanıqlılıq intervalı mövcuddur. Modelin məqsəd funksiyasının əmsallarının ədədi qiymətləri bu interval daxilində dəyişdikdə, statik hal üçün alınmış optimal həllin strukturu dəyişmir, daha doğrusu optimumun qiyməti dəyişməz qalır. Həndəsi baxımından bu hal onu göstərir ki, məqsəd funksiyasının əmsallarının ədədi qiymətlərinin dəyişməsi Z funksiyasının n ölçülü fəzadakı səviyyə müstəvisinin (xəttinin) meylini dəyişsə də, optimal həllin alındığı həllər çoxüzvlüsünün təpə nöqtəsi dəyişmir. Optimal həllin strukturu bu təpə nöqtəsinin koordinatları ilə müəyyən edildiyini qəbul etsək, deməli optimal həldə heç bir dəyişiklik baş verməyəcəkdir.

Əgər iqtisadi sistemin formal riyazi modelinin məqsəd funksiyasının $P_1, P_2, \dots, P_n$ əmsallarının qiymətlərində baş vermiş dəyişikliklər modelin məqsəd funksiyasına və məhdudiyyət şərtlərinə görə seçilmiş bu hədudlardan kənara çıxarsa, onda optimal həll öz dayanıqlılığını itirəcəkdir. Həndəsi baxımdan bu hal o deməkdir ki, optimal həllin alındığı təpə nöqtəsi dəyişəcəkdir. Deməli, təpə nöqtəsi yeni koordinatlara malik olacaq və labüd olaraq optimal həllin strukturu dəyişəcəkdir.

İqtisadi-riyazi modelin optimal həllinin həssaslığına gəldikdə isə, analogi hal burada da müşahidə edilir. Belə ki, müəssisənin malik olduğu istehsal ehtiyatlarının həcmələrində baş verən hər bir dəyişiklik (ehtiyatların həcmələrinin artması və ya azalması) avtomatik olaraq məqsəd funksiyasının qiymətində (optimumda)

dəyişikliklər doğurmur. Bu dəyişmə yalnız o halda baş verir ki, modelin məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəflərində yerləşmiş sərbəst hədlərin qiymətlərinin dəyişməsi bu ekzogen parametrlər üçün müəyyən edilmiş intervaldan kənara çıxsın. Bu zaman iki haldan biri müşahidə oluna bilər.

1-ci hal: Məhdudiyyət şərtinin sağ tərəfindəki sərbəst hədd bol ehtiyatı (qoşma qiyməti sıfıra bərabər olan ehtiyatı) əks etdirir və onun dəyişməsi müəyyən edilmiş intervaldan kənara çıxır.

2-ci hal: Modelin məhdudiyyət şərtində sağ tərəfindəki sərbəst hədd defisit ehtiyatı (qoşma qiyməti sıfırdan böyük olan ehtiyatı) əks etdirir və onun dəyişməsi müəyyən edilmiş intervaldan kənara çıxır.

Tədqiqatlar göstərir ki, bol ehtiyatın qoşma qiyməti sıfıra bərabər olan bütün hallarda həmin ehtiyatın həcmində həssaslıq intervalından kənarda baş verən istənilən dəyişiklik modelin məqsəd funksiyasının qiymətinə heç bir təsir göstərmir və deməli məqsəd funksiyasının optimumu bu dəyişikliyə qarşı həssaslıq nümayiş etdirmir.

Defisit ehtiyatın qoşma qiyməti 0-dan öyük qaldıqca, həmin ehtiyatın həcmində interval xarici dəyişikliklərin baş verməsinə qarşı isə modelin funksionalı həssaslıq nümayiş etdirir, yəni ehtiyatın həcmnin artması funksionalın qiymətini artırır, azalması isə azaldır.

İqtisadi-riyazi modellərin optimal həllərinin dayanıqlılıq intervallarının müəyyən edilməsində xətti proqramlaşdırmanın parametrik xətti proqramlaşdırma metodu mühüm rol oynayır. Bu metod məqsəd funksiyasının bütün parametrləri üçün dayanıqlılıq hədudlarının müəyyən etməyə, bu hədudlar daxilində ekzogen parametrlərdəki dəyişkənliklərin doğurduğu nəticələri aşkar etməyə, eləcə də dəyişkənliklərin intervalın hədudlarını pozduqda alternativ optimal həllər tapmağa imkan verir.

Beləliklə, parametrik xətti proqramlaşdırma məsələsi qoşmalıq nəzəriyyəsi ilə bərabər, iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin optimal həllərinin dayanıqlılığı və həssaslığının təhlilinin mühüm mexanizmdir.

Xətti proqnozlaşdırmanın parametrik xətti proqnozlaşdırma məsələsinin ümumi qoyuluşunda fərz edilir ki, modelin məqsəd funksiyasının $P_1, P_2, \dots, P_n$ əmsallarının qiymətləri statik xarakterli deyil və yuxarıda sadaladığımız səbəblər üzündən (parametrlərdən asılı olaraq) dəyişə bilər. Bu parametr üçün dəyişmə oblastı $[\alpha, \beta]$ şəklində müəyyən edilmişdir. Onda parametrik xətti proqramlaşdırma modelinin məqsədi

$$Z(v) = \sum_{j=1}^n (p_j + q_j t) \quad (2.1)$$

Funksionalı üçün t -nin $[\alpha, \beta]$ oblastına daxil olan hər bir diskret qiyməti üçün yəni $[\alpha, \alpha+1, \alpha+2, \dots, \beta-1, \beta]$ elə bir optimal həll tapmaqdan ibarət olur ki, bu optimal həll məqsəd funksiyasına ən böyük və ya ən kiçik qiymət versin. Deməli, bu məsələnin qoyuluşu iqtisadi-riyazi modelin optimal həllinin məqsəd funksiyasının əmsallarının verilmiş intervalda dəyişməsinə qarşı dayanıqlılığının təhlili məsələsi ilə analoji hesab edilə bilər.

Qeyd edək ki, bu metoddan istifadədə bəzi məhdudiyyətlər də mövcuddur. Belə ki, bu metodu tətbiq etmək üçün ilk növbədə məqsəd funksiyasının əmsallarının müəyyən parametrdən asılılığı həqiqətən mövcud olmalı və real şəraitdə onu aşkar etmək mümkün olmalıdır. Lakin bu postulat həmişə özünü doğru etmir. Belə ki, iqtisadi vəziyyəti parametrik modelə gətirən zaman gələcəkdə baş verə biləcəkütün vəziyyətləri nəzərə almaq praktik cəhətdən mümkünsüz olur. Həm də belə fərz edilir ki, məqsəd funksiyasının əmsallarına yalnız bir parametr təsir göstərir və bu parametrin $[\alpha, \beta]$ oblastına daxil olan hər bir konkret qiyməti üçün məqsəd funksiyası əmsallarının yalnız bir yığını alınə bilər. İqtisadi sistemin riyazi modelinin məqsəd funksionalının parametrləri üçün yeeganə mümkün yığımının olduğunu qəbul etmək prinsipcə düzgün deyil və bu nəticə biz metod olmaqla parametrik xətti modellərin zəif nöqtəsidir.

Bu metodla bağlı başqa bir irad da onunla əlaqədardır ki, iqtisadi sistemlərin xətti optimallaşdırma modellərinin məqsəd funksionalının $P_1, P_2, \dots, P_n$ əmsallarının

ədədi qiymətlərinin $[\alpha, \beta]$ oblastına dəyişməsinə digər parametrlərin qiymətlərinin dəyişməsi heç bir təsir göstərmir.

İqtisadi-riyazi modellərin optimal həllərinin məqsəd funksionalının əmsallarının dəyişməsinə dayanıqlılığının təhlili məsələsinin parametrik xətti modelə gətirilməsi və bu model çərçivəsində tədqiqi ilə bağlı aşağıdakı konkret misala baxaq.

Fərz edək ki, iqtisadi sistem kimi baxılan firma 3 növ məhdud istehsal ehtiyatından istifadə edərək, 2 növ məhsul istehsal edir. Firmada 1200 vahid 1-ci ehtiyat, 500 vahid 2-ci ehtiyat və 940 vahid 3-cü ehtiyat vardır. Bir ədəd məhsul istehsalına ehtiyat sərfi normaları statik vəziyyətdə qəbul edilir və məlumdur. Belə ki, bir ədəd A məhsulu istehsal etmək üçün 3 ədəd 1-ci ehtiyat, 5 ədəd 2-ci ehtiyat və 1 ədəd 3-cü ehtiyat tələb edilir. Bir ədəd B məhsulu istehsal etmək üçün isə 6 vahid 1-ci ehtiyat, 4 vahid 2-ci ehtiyat və 2 vahid 3-cü ehtiyat sərf edilir. Məhsulların satış bazarının öyrənilməsi göstərir ki, A məhsuluna olan tələb 10 vahiddən 15 vahidə qədər dəyişir. B məhsulu üzrə bazar tələbi isə tədqiq edilməmişdir.

Eləcə də məlumdur ki, A və B məhsullarının bazar qiymətləri təbii- iqlim faktorunun təsiri altında dəyişərək, dinamik xarakterlidir. Belə ki, A məhsulunun 1 vahidinin qiyməti 5 manatla 20 manat arasında, B məhsulunun 1 vahidinin qiyməti isə 60 manatla 45 manat arasında dəyişir. Bazar qiymətlərinin hər bir səviyyəsi üçün elə bir optimal strategiya hazırlanmalıdır ki, bu strategiya firmaya maksimum gəlir gətirsin.

Göründüyü kimi, iqtisadi sistemin qarşısında duran və yaxşı strukturlaşdırılmış bu problem faktiki olaraq məqsəd funksiyasının əmsallarının məqsəd funksionalının göstərdiyi təsirin, daha doğrusu funksionalın optimumunun onun əmsallarının qiymətlərinin dəyişməsinə göstərdiyi dayanıqlılığın riyazi təhlilinə gətirilə bilər.

Baxılan iqtisadi məsələnin parametrik xətti optimallaşdırma modelini quraq. Bu məqsədlə aşağıdakı endogen (izah olunan) parametrləri tədqiqata daxil edək:

x_1 – A məhsulunun istehsalının həcmi;

x_2 – B məhsulunun istehsalının həcmi.

Onda aşağıdakı modeli alırıq:

$$Z(x) = (5+t)x_1 + (60-t)x_2 \rightarrow \max \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 6x_2 \leq 1200 & (2.3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5x_1 + 4x_2 \leq 500 & (2.4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 940 & (2.5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 10 & (2.6) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 \leq 15 & (2.7) \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0 \quad (2.8)$$

$$x_2 \geq 0 \quad (2.9)$$

$$t \in [0; 15] \quad (2.10)$$

Bu modelin (2.1) məqsəd funksiyası firmanın bazar qiymətlərindən asılı olaraq dəyişkən xarakterli məcmu gəlirini ifadə edir və qarşıya qoyulmuş məqsəd baxımından maksimumlaşdırılmalıdır.

(2.3) məhdudiyyət şərtinin sol tərəfi x_1 qədər A məhsulu və x_2 qədər B məhsulu istehsal etmək üçün istifadə ediləcək 1-ci ehtiyatın məcmu miqdarını, sağ tərəfi isə həmin ehtiyatın firmada olan məhdud həcmi göstərir. Deməli, texnoloji prosesdə istifadə edilən 1-ci ehtiyatın məcmu miqdarı bu ehtiyatın firmada olan məhdud həcmindən, yəni 1200 vahiddən çox ola bilməz. (2.4), (2.5) məhdudiyyət şərtləri də 2-ci və 3-cü istehsal ehtiyatı üzrə anoloji vəziyyəti əks etdirir. (2.6) və (2.7) məhdudiyyət şərtləri isə məhsulların satış bazarının vəziyyəti ilə bağlıdır və həllin axtarılışı prosesinə müəyyən dinamiklik gətirir. Belə ki, (2.6) şərtinə görə firma bazara 10 vahiddən az olmayaraq A məhsulu çıxartmalıdır. (2.7) şərtinə görə isə A məhsuluna olan bazaar tələbi məhdud olduğundan firma bazaar ən çoxu 15 vahid B məhsulu çıxartmalıdır. (2.8) və (2.9) şərtləri modelin endogen parametrlərinin mənfi olmaması şərtləridir.

(2.10) ifadəsi isə modeldə iştirak edən t parametri üçün dəyişmə intervalını müəyyən edir, yəni t -nin qiyməti 0-la 15 arasında dəyişə bilər və bu halda məqsəd funksiyasının əmsallarının qiymətlərində baş verən dəyişikliklər dayanıqlılıq intervalından kənarlaşmayacaqdır.

Qeyd edək ki, t parametrinin $[0:10]$ oblastından götürülmüş hər bir diskret qiyməti üçün (2.2) məqsəd funksionalı statik xarakterli funksiya çevriləcəkdir. Tutaq ki, t parametri bu oblastda vahid addımlı dəyişiklik diapazonuna malikdir. Onda (2.2) parametrik xətti funksiya aşağıdakı statik xətti funksiyalara çevriləcəkdir:

$$1. Z_1 = 5x_1 + 60x_2 \rightarrow \max \quad t=0 \text{ halı üçün} \quad (2.11)$$

$$2. Z_2 = 6x_1 + 59x_2 \rightarrow \max \quad t=1 \text{ halı üçün} \quad (2.12)$$

$$3. Z_3 = 7x_1 + 58x_2 \rightarrow \max \quad t=2 \text{ halı üçün} \quad (2.13)$$

.....

$$16. Z_{16} = 15x_1 + 45x_2 \rightarrow \max \quad t=15 \text{ halı üçün} \quad (2.14)$$

Onda aydındır ki, bu optimallıq kriteriyalarından bəziləri üçün bir optimal strategiya, digərləri üçün isə başqa optimal strategiya alınacaqdır. Bununla da modelin məqsəd funksiyasının optimumunun bu funksiyanın əmsallarının qiymətlərin $[0:15]$ oblastında dəyişməsinə qarşı dayanıqlılığını müəyyən etmək mümkün olacaqdır.

Məsələnin iqtisadi qoyuluşunda müəyyən dəyişikliklər edək. Fərz edək ki, (2.1) məqsəd funksiyasının əmsallarında dəyişiklik baş vermir, əvəzində 1-ci ehtiyatın həcmi 1500 vahidlə 2500 vahid arasında, ikinci ehtiyatın həcmi isə 200 vahidlə 1200 vahid arasında dəyişəcəyi gözlənilir. Onda modelin riyazi quruluşu aşağıdakı şəkildə dəyişəcəkdir:

$$Z(x) = 5x_1 + 60x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 6x_2 \leq 1500 + t \\ 5x_1 + 4x_2 \leq 200 + t \\ x_1 + 2x_2 \leq 940 \\ x_1 \geq 10 \\ x_1 \leq 15 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

$$t \in [0; 1000]$$

Göründüyü kimi, bu halda model məqsəd funksiyasının optimumunun məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəflərinin dəyişməsinə həssaslığının təhlili

mexanizminə çevriləcək və bu ehtiyatların defisitlik dərəcəsinin müəyyən edilməsinə və eləcə də interval xarici qiymətlərdə optimumun dəyişməsi mexanizmini sistemli şəkildə tədqiq etməyə imkən verəcəkdir.

2.2. İqtisadi – riyazi modellərin həssaslığı və dayanıqlılığının həndəsi interpretasiyası

Əvvəlki paraqraflarda qeyd edildiyi kimi, iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin dayanıqlılığı və həssaslığı problemi bu modellərə daxil olan ekzogen (idarəedici) parametrlərin qiymətlərində baş verəcək dəyişikliklərin tapılmış X^* optimal strategiyaya təsirinin sistemli təhlili ilə bağlıdır. Nəticədə qurulmuş modellərin dinamikliyi artır, daha doğrusu onların real iqtisadi şəraitə adekvatlığı və qəbul edilən qərarların həyatiliyi yüksəlir. Əgər tədqiqatçı belə bir tədqiqat mexanizminə malik deyilsə, onda tapılmış optimal idarəetmə strategiyası bu strategiyanın tətbiqindən əvvəl öz praktikliyini və real şəraitə uyğunluğunu itirə bilər. Bu vəziyyət özünü ən çox o halda göstərir ki, qiymət, ehtiyatın miqdarı, alıcıların tələbləri kimi ekzogen təbiətli parametrlərin qiymətlərində baş verən kiçik kənarlaşmalar X^* optimal idarəetmə strategiyasında ciddi struktur dəyişiklikləri doğurur. Məhz bu baxımdan da modellərin dayanıqlılıq və həssaslıq həddlərinin müəyyən edilməsinin vacibliyi aydın olur.

Bu paraqrafda biz iqtisadi sistemlərin riyazi modellərinin X^* optimal həllərinin dayanıqlılığı və həssaslığının təhlilinin həndəsi qurmalar müstəvisində, yəni qrafiki metodla aparacağıq.

Məlum olduğu kimi, modelin həllər oblastının əyani şəkildə qurulmasına əsaslanan qrafik üsulu xətti optimallaşdırma modellərinin ən sadə həll üsulu olmaqla, $n=2$ halında həm onları həll etmək, həm də tapılmış optimal həllin dayanıqlılıq və həssaslığı ilə bağlı təhlil aparmağa imkan verir. Bu alqoritmi aşağıdakı iqtisadi məsələ üzərində reallaşdıraq.

Müəssisə iki növ məhdud istehsal ehtiyatlarından – xammaldan və əmək ehtiyatlarından istifadə etməklə A və B məhsulları istehsal edir. Müəssisənin istehsal ehtiyatlarının məhdudluğu $A=(62,36)$ vektoru ilə verilmişdir. Məhsul vahidi istehsalına ehtiyat şərti normaları aşağıdakı texnoloji matrislə müəyyən edilir:

$$B=\begin{pmatrix} 8 & 10 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}$$

Satış bazarının tədqiqi göstərir ki, B məhsuluna olan tələb daha böyükdür, lakin bu məhsula olan tələb A məhsuluna olan tələbi 3,5 vahiddən çox aşma bilməz. A məhsuluna bazarda olan tələb isə 5 vahiddən çox olmur.

A məhsulunun bir vahidinin satışından müəssisə 7 man, B məhsulunun bir vahidinin satışından isə 6 man mənfəət əldə edir.

Müəssisə üçün elə bir istehsal proqramı tərtib etmək lazımdır ki, bu strategiyaya görə onun əldə edəcəyi məcmu mənfəət maksimum olsun. Eləcə də bazar konyukturasının dəyişməsinin və ehtiyatların həcmələrində baş verən dəyişikliklərin bu optimal strategiyaya göstərdiyi təsiri qiymətləndirmək lazımdır.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmanın alqoritmini seçək:

1. Baxılan iqtisadi məsələnin iqtisadi-riyazi modelinin qurulması;
2. Qurulmuş modeli qrafik üsulu ilə həll edərək X^* optimal davranış strategiyasının seçilməsi;
3. Müəssisədə xammal və əmək ehtiyatlarının həcmənin dəyişməsinin X^* optimal istehsal proqramına təsirinin kəmiyyət xarakteristikalarının müəyyən edilməsi;
4. Müəssisənin ehtiyatlarından hansının daha əlverişli olmasının, daha doğrusu həcmənin artırılmasının prioritetliliyinin aşkar edilməsi;
5. Modelin məqsəd funksiyasının əmsallarının qiymətlərinin dəyişməsi hədlərinin müəyyən edilməsi.

Baxılan iqtisadi məsələnin formal riyazi modelini qurmaq üçün aşağıdakı idarə olunan(endogen) parametrlərdən istifadə edək:

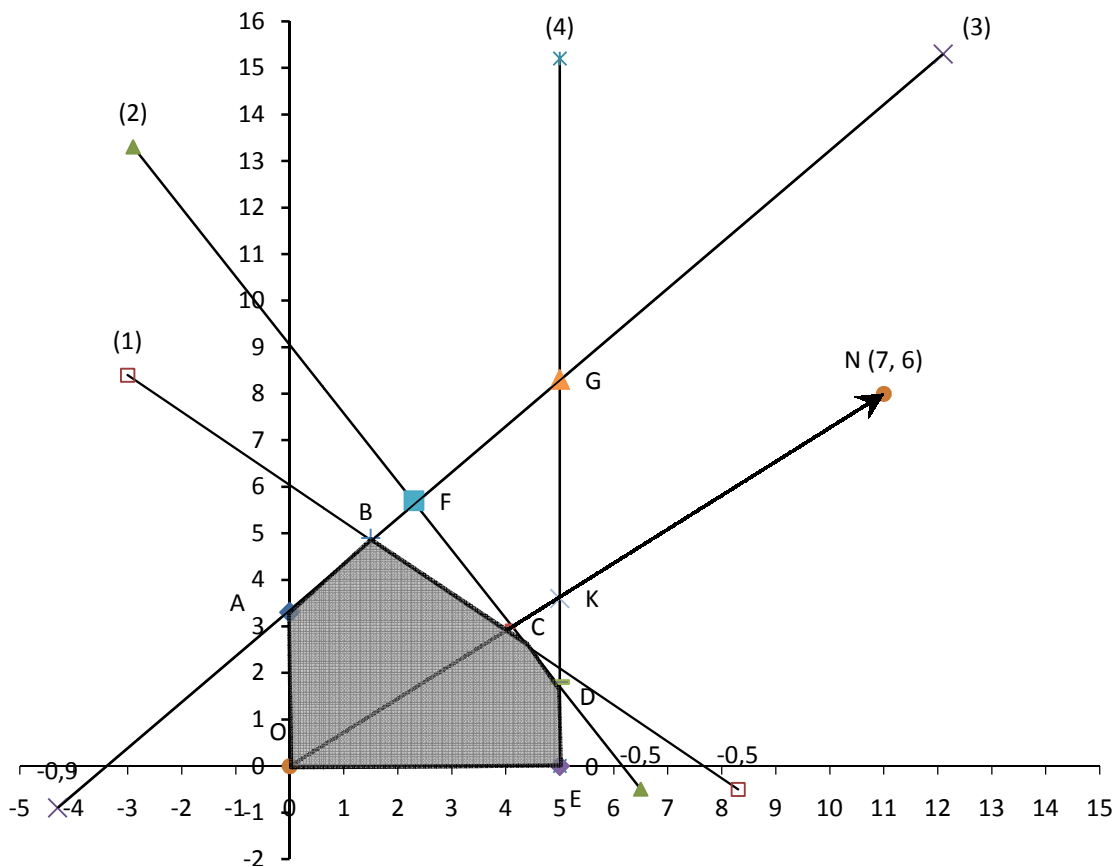
X_1 – A məhsulunun istehsalının həcmi;

X_2 – B məhsulunun istehsalının həcmi.

Deməli, müəssisənin istehsal proqramı $X=(X_1, X_2)$ iki ölçülü vektorla xarakterizə olunacaqdır. Onda bu iqtisadi məsələnin riyazi modeli aşağıdakı şəkildə alınacaqdır:

$$\begin{aligned}
 Z(x) &= 7x_1 + 6x_2 \rightarrow \max & (2.15) & \quad (\text{məcmu mənfəət maksimum olmalıdır}) \\
 \begin{cases} 8x_1 + 10x_2 \leq 62 \\ 6x_1 + 4x_2 \leq 36 \\ x_2 - x_1 \leq 35 \\ x_1 \leq 5 \end{cases} & & (2.16) & \quad \begin{aligned} & (\text{xammalın məhdudluğu şərti}) \\ & (\text{əməyin məhdudluğu şərti}) \\ & (\text{Bazar tələbinin nəzərə alınması şərti}) \\ & (\text{A məhsuluna bazar tələbinin məhdudluğu şərti}) \end{aligned} \\
 x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 & & (2.17) & \quad (\text{A və B məhsullarının miqdarlarının qeyri-mənfi olması şərtləri})
 \end{aligned}$$

(2.15) – (2.17) xətti modeli qrafik üsulu ilə həll edək. Bu məqsədlə məsələnin həllər oblastını müstəvi üzərində quraq və (2.15) xətti funksiyanın ən böyük qiymətinin alındığı təpə nöqtəsini tapaq (şəkil 2.1).



Şəkil 2.1. Modelin qrafik üsulu ilə həlli.

Şəkil 2.1 – dən görüldüyü kimi (2.15) – (2.17) modelinin həllər oblastı $OABCDE$ çoxbucaqlıdır və (1) məqsəd funksiyası özünün maksimal qiymətini bu oblastın C təpə nöqtəsində alır. Bu təpə nöqtəsinin koordinatları $C(4;3)$ olduğundan $x^*=(x_1=4, x_2=3)$ optimal strategiya və $\max Z(x^*)=46$ alınır.

Beləliklə, müəssisə 4 ədəd A məhsulu və 3 ədəd B məhsulu istehsal etməlidir. Bu halda onun məcmu mənfəəti bütün mümkün istehsal variantları içərisində (şəkil 2.3-də $OABCDE$ çoxbucağı) ən böyük kəmiyyət olub, 46 dəyər vahidinə bərabər olacaqdır.

Bazar iqtisadiyyatı şəraitində müəssisələrin istehsal-təsərrüfat fəaliyyətlərinin səmərəlilik göstəricilərinə bilavasitə təsir göstərən istehsal ehtiyatlarının həcmələrinin dəyişməsi, məhsula olan tələb və təklifin tarazlığının dəyişməsi və bu dəyişmənin konkret məhsul bazarında qiymətlərin dinamikasına təsirini tədqiq etmək həm elmi-metodiki baxımdan, həm də idarəetmə strategiyalarının qəbulu baxımından maraq doğurur. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bu tədqiqat 3 müstəqil istiqamət üzrə aparılacaq (alqoritmin 3,4 və 5-ci bəndləri)

İlk növbədə modelin həssaslığını tədqiq edək. Bunun üçün müəssisədə istehsal prosesində iştirak edən xammal və əməkdən hansının defisit (qıt) ehtiyat sinfinə aid olduğunu aşkar etmək lazımdır. Bunun üçün isə şəkil 2.1 - də əks olunmuş həll alqoritmində hansı məhdudiyyət şərtinin əlaqələndirici, hansı məhdudiyyət şərtinin isə əlaqələndirici olmayan şərt olduğunu aşkar etmək lazımdır.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi (2.15) – (2.17) xətti optimallaşdırma modelinin xammalın məhdudluğunu əks etdirən məhdudiyyət şərti və əmək sərfinin məhdudluğunu əks etdirən məhdudiyyət əlaqələndirici şərtlərdir. Çünki, bu şərtləri xarakterizə edən düz xəttlər (1-ci və 2-ci düz xətlər) məhz (2.15) məqsəd funksiyasının optimumunun alındığı C təpə nöqtəsində kəsişirlər.

Xammalın və əmək üzrə məhdudiyyət şərtlərinin əlaqələndirici şərtlər olması bu istehsal ehtiyatlarının tam sərf olunduğunu əks etdirir. Deməli, baxılan iqtisadi sistem çərçivəsində xammal və əmək ehtiyatları defisit ehtiyatlardır.

İqtisadi-riyazi modellərin həssaslığının təhlili prosesində modelin ayrı-ayrı parametrlərinin qiymətlərində müəyyən dəyişikliklər baş verdikdə modelin həlli nəticəsində formalaşan məhdudiyyətlərin dəyişməzliyinin öyrənilməsi, daha doğrusu, tapılmış x^* optimal strategiyanın keyfiyyət quruluşunun dəyişməzliyi xüsusi maraq doğurur.

İndi isə (2.15) – (2.17) modelinin məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəflərinə nəzərən bu modelin həssaslığını təhlil edək. Bu təhlil zamanı x^* ilkin optimal planın ümumi quruluşu saxlanmaqla defisit ehtiyatlarının həcmələrinin nə qədər artırılması və ya azaldılması imkanının mövcud olması, eləcə də defisit olmayan ehtiyatların miqdarını nə qədər azaltmaq imkanının real olması haqda qərar qəbul edilir.

Əvvəlcə qoyulmuş birinci və ikinci suala cavab axtaraq. Şəkil 2.1 - dən göründüyü kimi xammal üzrə məhdudiyyəti əks etdirən $8x_1 + 10x_2 = 62$ (L_1) və $6x_1 + 4x_2 = 36$ (L_2) əlaqələndirici məhdudiyyət şərtləri müəssisə üçün defisit ehtiyat statusu almış xammal və əmək üzrə ehtiyatın həcmənin dəyişmə hədlərini xarakterizə edir.

Əvvəlcə xammal ehtiyatının həcmənin dəyişmə hədlərini müəyyən edək. Bu ehtiyat artdıqca şəkil 2.1 – də L_1 düz xətti və təbii ki, bu düz xəttin (2.15) – (2.17) modelinin həllər oblastını formalaşdıran BC parçası özünə paralel yuxarı-sağ küncə doğru hərəkət edəcəkdir. Bu yerdəyişmənin yuxarı həddi F nöqtəsi olacaqdır və bu nöqtədə L_1 , L_2 və L_3 düz xətlərinə uyğun gələn məhdudiyyət şərtlərinin hamısı əlaqələndirici məhdudiyyətlərə çevriləcəklər. Onda modelin mümkün həllər oblastı $OAFDE$ çoxbucaqlısına transformasiya olunacaq və optimum nöqtəsi F nöqtəsi olacaqdır. Xammalın həcmənin sonrakı artımı isə bu istehsal ehtiyatını defisit olmayan ehtiyata çevirəcəkdir, belə ki bu ehtiyatla bağlı düz xətt əlaqələndirici olamayan məhdudiyyətə çevriləcək və modelin həllər oblastının yaranmasında iştirak etməyəcəkdir. Bu isə ona gətirib çıxardacaqdır ki, xammalın həcmənin gələcək artımı müəssisənin əldə edəcəyi mənfəətin məbləğini artırmayacaqdır.

Aparılmış təhlilin nəticəsi olaraq qeyd edək ki, müəssisənin xammal ehtiyatının həcmənin səmərəli artma həddi həmin xammalla bağlı düz xəttin F nöqtəsindən

keçməsi ilə məhdudlaşır və ehtiyatın sonrakı artımı müəssisə üçün hec bir əlavə səmərə gətirmir.

Xammal ehtiyatlarının hacminin artmasının yuxarı həddini müəyyən etmək üçün ilk növbədə Şəkil 2.1 - dəki x_1ox_2 düzbucaqlı koordinat sistemində F optimum nöqtəsinin koordinatlarını tapaq. Bu nöqtə L_2 və L_3 düz xəttlərinin kəsişməsi olduğundan, asanlıqla təyin edilir ki, $x_1=2,2$ və $x_2=5,7$ – dir. Əgər bu qiymətləri (2.15) – (2.17) modelinin xammal üzrə məhdudiyyət şərtində yerinə yazsaq alarıq:

$$L_{I(max)}=4x_1+5x_2=8\cdot 2,2+10\cdot 5,7=74,6 \quad \text{vahid}$$

Beləliklə, x^* optimal strategiyada struktur dəyişikliyinə yol vermədən xammal ehtiyatlarının həcmi 12,6 vahid artırmaq mümkündür:

$$\Delta L_{I(max)}=L_{I(max)} - L_{I(ilkin)} = 74,6-62=12,6 \quad \text{vahid}$$

Xammalın həcmində bu maksimal artımla bağlı F optimum nöqtəsində müəssisənin məcmu mənfəəti

$$Z_{I(max)}=Z(F)=7\cdot 2,2+6\cdot 5,7=49,6 \quad \text{dəyər vahidi}$$

təşkil edəcəkdir ki, bu da əvvəlki mənfəət göstəricisi ilə müqayisədə

$$\Delta Z=49,6 - 46=3,6 \quad \text{dəyər vahidi}$$

artım deməkdir.

Xammal ehtiyatının həcmi dəyişməsinin aşağı həddini müəyyən edək. Əgər L_1 düz xəttini özünə paralel aşağı-sol küncə doğru sürüşdürsək, onda DCK üçbucaqlısı (bax şəkil 2.1) D təpə nöqtəsində yığılır. Bu aşağı həddə L_1, L_2 və L_4 düz xəttləri ilə xarakterizə olunan şərtlər əlaqələndirici şərtlərə çevrilirlər. Xammalın həcmi bu miqdardan aşağı düşdükdə isə, x^* optimal strategiyada keyfiyyət dəyişikliyi baş verəcəkdir, yəni onun strukturu dəyişəcəkdir. D təpə nöqtəsinin x_1ox_2 düzbucaqlı koordinat sistemindəki koordinatları $x_1=5$ və $x_2=1,5$ -dir, yəni $x^*=(x_1=5, x_2=1,5)$ alınır.

Əgər bu qiymətləri xammal üzrə məhdudiyyət şərtində yerinə yazsaq, alarıq:

$$L_{I(min)}= 8 \cdot 5 + 10 \cdot 1,5 = 55 \quad \text{vahid}$$

Deməli, müəssisədə xammalın miqdarı x^* optimal strategiyada keyfiyyət dəyişikliyi doğurmadan

$$\Delta L_{1(min)} = 62 - 55 = 7 \text{ vahid}$$

azaldıla bilər.

D təpə nöqtəsində (2.15) məqsəd funksiyasının qiyməti

$$Z_{1(min)} = Z(D) = 7 \cdot 5 + 6 \cdot 1,5 = 44$$

dəyər vahidinə bərabərdir. Bu isə C optimum nöqtəsi ilə müqayisədə

$$\Delta Z = 46 - 44 = 2 \text{ dəyər vahidi}$$

azalma deməkdir.

Aparılmış sistemli təhlilə görə X^* optimal davranış strategiyasında keyfiyyət dəyişikliyi olmadan kəmiyyət dəyişikliyinə mümkünküyünü qəbul etsək, onda müəssisənin xammalı üçün aşağıdakı dəyişmə hədləri müəyyən olunacaqdır:

$$55 \leq L_1 \leq 74,6$$

Bu dəyişmə intervalı üçün müəssisənin məcmu mənfəətinin dəyişməsi hədləri isə

$$44 \leq Z_{(max)} \leq 49,6 \text{ dəyər vahidi}$$

olacaqdır.

Müəssisənin əmək ehtiyatlarının dəyişməsinə gəldikdə isə, analoji yanaşma əsasında müəyyən edilir ki, bu dəyişikliklərin mümkünlük həddləri Şəkil 2.1-də L_2 düz xəttinin özünə paralel yuxarı-sol və aşağı-sağ küncə doğru hərəkəti ilə bağlıdır. Bu sürüşmələr zamanı L_2 düz xətti həllər oblastının K və B nöqtələrindən kənarlaşmamalıdır. Şəkil 2.1-dən asanlıqla müəyyən edilir ki, K nöqtəsinin koordinatları $x_1=5$, $x_2=2,2$ –dir. B nöqtəsinin koordinatları isə $x_1=1,5$, $x_2=5$ –dir. Onda əmək ehtiyatlarının həcmələrinin dəyişməsinin yuxarı mümkün həddi

$$L_{2(max)} = 6 \cdot 5 + 4 \cdot 2,2 = 38,8 \text{ vahid}$$

olacaqdır.

Bu isə o deməkdir ki, X^* optimal strategiyanın strukturunu dəyişmədən əmək ehtiyatının həcmi

$$\Delta L_{2(max)} = L_{2(max)} - L_2 = 38,8 - 36 = 2,8 \text{ vahid}$$

artırmaq mümkündür.

Onda K təpə nöqtəsində (2.15) məqsəd funksiyasının qiyməti əvvəlki optimumla müqayisədə 2,2 vahid artaraq 48,2 dəyər vahidi təşkil edəcəkdir. Doğrudan da:

$$Z_{2(max)} = Z(K) = 7 \cdot 5 + 6 \cdot 2,2 = 48,2$$

Əmək ehtiyatlarının həcmnin dəyişməsinin aşağı həddi isə

$$L_{2(min)} = 6 \cdot 1,5 + 4 \cdot 5 = 29 \quad \text{vahid}$$

təşkil edəcəkdir. Bu isə o deməkdir ki, müəssisədə əmək ehtiyatının miqdarını

$$\Delta L_{2(min)} = 36 - 29 = 7 \quad \text{vahid}$$

azaltmaq olar. Onda alırıq:

$$Z_{2(min)} = Z(B) = 7 \cdot 1,5 + 6,5 = 40,5 \quad \text{dəyər vahidi}$$

$$\Delta Z_2 = 46 - 40,5 = 5,5 \quad \text{dəyər vahidi}$$

Beləliklə müəssisədə əmək ehtiyatının həcmnin dəyişməsi intervalı

$$29 \leq L_2 \leq 38,8$$

şəklindədir. Bu interval üçün müəssisənin məcmu mənfəətinin dəyişməsi həddləri isə

$$40,5 \leq Z_{max} \leq 48,2 \quad \text{dəyər vahidi}$$

təşkil edəcəkdir.

İndi isə defisit hesab edilməyən ehtiyatların həcmələrinin dəyişməsinə x^* optimal strategiyasının həssaslığını təhlil edək. (2.15) – (2.17) modelində (2) sisteminin 3-cü və 4-cü məhdudiyyət şərtlərini şərti olaraq “defisit olmayan ehtiyatlar” şəklində interpretasiya edə bilərik. Bazar tələbi üzrə tərtib edilmiş şərtlə bağlı “ehtiyatın” xarakterizə olunduğu L_3 düz xəttini özünə paralel yuxarı sürüşdürükdə artım ilkin x^* optimal plana heç bir təsir göstərməyəcəkdir. Odur ki, “ehtiyat” üzrə dəyişmənin yuxarı həddi məhdudlaşdırılmamışdır, yəni

$$L_{3(max)} = \infty$$

Bu “ehtiyat”ın dəyişməsinin aşağı həddini müəyyən edək. L_3 düz xətti özünə paralel aşağı sürüşdürükdə ehtiyatın azaldılmasının aşağı həddi həllər çoxbucaqlısının C təpə nöqtəsi olacaqdır və bu nöqtədə tələblə bağlı 1-ci “ehtiyat” defisit ehtiyata çevrilir. Odur ki, x^* optimal strategiyanın quruluşunu keyfiyyətcə dəyişmədən bu “ehtiyatı” azaltmaq imkanı qazanılır.

C nöqtəsi üçün $x_1=4$, $x_2=3$ olduğu məlumdur. Onda tələblə bağlı 1-ci “ehtiyatın” dəyişməsinin aşağı həddi üçün alırıq:

$$L_{3(min)} = -4 + 3 = -1$$

Bu halda $Z_{3(max)}=46$ olduğu üçün $\Delta Z(C) = 46 - 46 = 0$ alınır. Deməli, tələblə bağlı 1-ci “ehtiyatın” kəmiyyət xarakteristikası üçün dəyişmə həddlərini alırıq:

$$-1 \leq L_3 < \infty$$

(2.15) – (2.17) modelinin A məhsula olan bazar tələbinin məhdudluğu ilə bağlı 4-cü məhdudiyyət şərtini tələblə bağlı 2-ci defisit olmayan “ehtiyat” kimi interpretasiya etmək və analogi qaydada onun dəyişməsinin mümkün həddlərini müəyyən etmək. Şəkil 2.1-dən göründüyü kimi, A məhsuluna olan bazar tələbinin 5 vahiddən çox olmadığını əks etdirən $x_1 \leq 5$ bərabərsizliyi ilə bağlı L_4 düz xəttini sonsuz olaraq artırmaq olar, yəni:

$$L_{4(max)} = \infty$$

X^* optimal həllin strukturunda keyfiyyət dəyişikliyi etmədən bu düz xətti C optimum nöqtəsinə qədər sola sürüşdürmək də mümkündür. Bu nöqtənin koordinatları C(4,3) olduğundan tələblə bağlı 2-ci məhdudiyyəti $L_{4(min)} = 4$ vahidə qədər azalmaq mümkündür və bu azalma x^* optimal strategiyaya təsir etməyəcəkdir. Yəni:

$$Z_{4(max)} = Z_{max} = 46 \text{ vahid}$$

$$\Delta Z(C) = Z_{4(max)} - Z_{max} = 0$$

Deməli, tələblə bağlı 2-ci “ehtiyatın” kəmiyyət xarakteristikasının dəyişməsi həddləri:

$$4 \leq L_4 \leq \infty$$

alınır.

Beləliklə, baxdığımız modelin həlli üçün yuxarıda verdiyimiz alqoritmin 3-cü bəndində qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olduq, yəni müəssisənin xammal və əmək ehtiyatlarının həcmələrinin dəyişməsinin x^* optimal istehsal proqramına təsirinin kəmiyyət xarakteristikalarını müəyyən etdik. Daha doğrusu bu dəyişikliklərin modelin həssaslığına təsirini kəmiyyətcə ifadə etdik. Aparılmış sistemli tədqiqin nəticələri Cədvəl 2.1- də əks olunmuşdur:

Ehtiyatların həcmələrinin dəyişməsinin modelin həssaslığına
təsirinin təhlilinin nəticələri

Cədvəl 2.1

İstehsal ehtiyatları	Ehtiyatların defisitliyi	Ehtiyatların həcmələri	Ehtiyatların həcmənin dəyişmə hədləri		Z(x) – in qiymətinin dəyişmə hədləri	
			Aşağı $L_{i(max)}$	Yuxarı $L_{i(min)}$	Aşağı	Yuxarı
Xammal	defisit	62	55	74,6	44	49,6
Əmək	defisit	36	29	38,8	40,5	48,2
Tələb üzrə 1-ci “ehtiyat”	Qeyri-defisit	3,5	-1	∞	46	46
Tələb üzrə 2-ci ehtiyat	Qeyri-defisit ehtiyat	5	4	∞	46	46

Məlum olduğu kimi, müəssisələrdə istehsal prosesində müxtəlif istehsal ehtiyatlarından istifadə edilir. Baxdığımız misalda bu ehtiyatlar olaraq xammal və əmək iştirak edir. Əgər müəssisə əlavə maliyyə mənbələri hesabına istehsalı genişləndirmək istəyirsə, onda qarşıya belə bir sual çıxır: - Bu əlavə maliyyə vəsaitləri məhz hansı ehtiyatın həcmənin artırılmasına yönəldilməlidir? Daha doğrusu ehtiyatlardan hansını ən əlverişli ehtiyat kimi qəbul etmək lazımdır?

Bu suala cavab vermək üçün yuxarıda tərtib etdiyimiz alqoritmin 4-cü mərhələsinə keçək, daha doğrusu hansı defisit ehtiyatın daha əlverişli olduğunu və onun həcmənin ilk növbədə artırılmalı olduğunu müəyyən edək.

Belə bir tədqiqatı aparmaq üçün əlavə ehtiyat vahidinin obyektiv – şərtləndirilmiş qiyməti anlayışından istifadə edəcəyik (I fəsilə biz bu qiymətlərə ehtiyatların qoşma (kölgə) qiymətləri kimi baxmışdıq). Bunun üçün aşağıdakı şərti işarələrdən istifadə edək:

U_i – i -ci növ ehtiyatın qiyməti;

ΔL_i – i -ci növ ehtiyat üzrə maksimal mümkün artım;

ΔZ_i – i -ci ehtiyata nəzərən (2.15) məqsəd funksiyasının qiymətinin maksimal mümkün artımı.

Onda müəssisədə istifadə olunan ehtiyat vahidlərinin obyektiv-şərtləndirilmiş qiymətlərini Cədvəl 2.1 – in məlumatlarından istifadə etməklə aşağıdakı formula üzrə hesablamaq olar:

$$U_i = \frac{\Delta Z_i}{\Delta L_i} = \frac{Z_{i(max)} - Z_{i(min)}}{L_{i(max)} - L_{i(min)}}$$

Onda alırıq:

$$U_{1xammal} = \frac{49,6 - 44}{74,6 - 55} = \frac{5,6}{19,6} \approx 0,57$$

$$U_{2\text{ əmək}} = \frac{48,2 - 40,5}{38,8 - 29} = \frac{7,7}{9,8} \approx 1,57$$

$$U_{3(tələb1)} = \frac{0}{\infty} = 0$$

$$U_{4(tələb2)} = \frac{0}{\infty} = 0$$

Göründüyü kimi $U_1 < U_2$ şərti ödənilir, yəni əmək ehtiyatının obyektiv – şərtləndirilmiş qiyməti xammalın obyektiv – şərtləndirilmiş qiymətindən böyükdür. Deməli, müəssisə üçün maksimum mənfəətin əldə edilməsi baxımından əmək ehtiyatı xammaldan daha qiymətlidir və əlavə maliyyə vəsaitləri ilk növbədə əmək ehtiyatlarının artırılmasına istiqamətləndirilməlidir. Yalnız bundan sonra xammalın həcmnin artırılması məsələsini tədqiq etmək olar. Tələblə bağlı 1-ci və 2-ci “ehtiyatların” qiymətləri sıfıra bərabər olması isə, bu məhdudiyyətlərin X^* optimal davranış strategiyasının dayanıqlılığına heç bir təsir göstərmədiklərini xarakterizə edir.

İndi isə, (2.15) – (2.17) modelinin X^* optimal həllinin həssaslığını təhlil edək. Bu məqsədlə yuxarıda verdiyimiz alqoritmin 5-ci mərhələsinə keçib, (2.15) məqsəd funksiyasının əmsallarının (A və B məhsullarının gətirdiyi mənfəətin) qiymətlərinin dəyişməsi həddlərini müəyyən edək. Yəni, (2.15) – (2.17) modelinin (2.15) məqsəd funksiyasının $P_1 = 7$ və $P_2 = 6$ əmsalları üçün elə mümkün dəyişmə həddlərini müəyyən etmək lazımdır ki, bu həddlər daxilində həmin model üçün tapdığımız $X^* = (x_1 = 4, x_2 = 3)$ optimal həll stabil qalsın.

Şəkil 2.1 – dən asanlıqla yəqin edilir ki, (2.15) məqsəd funksiyasının P_1 və P_2 əmsallarının qiymətlərinin dəyişməsi modelin məqsəd funksiyasının $Z = 0$ səviyyə xəttinin meylini dəyişir və bu dəyişiklik əlaqələndirici və qeyri - əlaqələndirici məhdudiyyətlərin faktiki statusunun dəyişməsinə gətirib çıxarda bilər. Bu isə ehtiyatların defisit və ya qeyri – defisitlik statusunun dəyişməsi deməkdir. Odur ki, alqoritmin 5-ci mərhələsində aparılacaq sistemli təhlil müəyyən etməlidir ki, (2.15) məqsəd funksiyasının P_1 və P_2 əmsallarının hansı dəyişmə həddləri daxilində X^* optimal plan dəyişikliyə uğramayacaq və həmin əmsalların hansı qiymətləri oblastında ehtiyatların defisitlik statusu dəyişəcəkdir?

Əvvəlcə X^* optimal strategiya üçün dayanıqlılıq həddlərini müəyyən edək.

Qrafik üsulunun alqoritminə görə $N(P_1, P_2)$ qradiyenti $Z(x) = P_1 X_1 + P_2 X_2$ məqsəd funksiyasının $Z = 0$ səviyyə xəttinə perpendikulyardır və buna görə də onun meyl bucağının tangesi

$$\gamma = - \left(1 : \frac{P_2}{P_1} \right) = - \frac{P_1}{P_2}$$

-yə bərabərdir.

Şəkil 2.1 – dən aydın olur ki, P_1 və P_2 əmsallarının artıb – azalması Z səviyyə xəttinin C təpə nöqtəsi ətrafında fırlanmasına gətirib çıxardır. Onda aydın olur ki, C nöqtəsi o vaxta qədər optimum nöqtəsi olaraq qalacaqdır ki, Z səviyyə xəttinin meyli L_1 və L_2 xətlərinin meyilləri ilə müəyyən edilən müvafiq hədləri aşmasın .

Əvvəlcə P_2 əmsalını $P_2 = 6$ sabit saxlayıb P_1 mənfəətinin qiymətinin dəyişməsi hədlərini müəyyən edək.

Şəkil 2.1 – dən göründüyü kimi $P_1 = 7$ qiymətinin azaldılması həddi Z səviyyə xəttinin L_1 düz xətti ilə üst-üstə düşməsi ilə məhdudlaşır. Deməli, bu hədd həmin düz xəttlərin meyl bucaqlarının tangenslərinin bir-birinə bərabər olması şərtindən tapılır:

$$\frac{-P_1}{6} = - \frac{4}{5}$$

$$P_{1(\min)} = 4,8 \quad \text{dəyər vahidi}$$

$P_1 = 7$ qiymətinin artırılması həddi isə Z səviyyə xəttinin L_2 düz xətti ilə üst-üstə düşməsi ilə məhdudlaşır.

Onda alırıq:

$$-\frac{P_1}{6} = -\frac{3}{2}$$

$$P_{1(\max)} = 9 \quad \text{dəyər vahidi}$$

Beləliklə A məhsulun verdiyi mənfəət 4,8 dəyər vahidi ilə 9 dəyər vahidi arasında dəyişdikdə $x^* = (x_1 = 4, x_2 = 3)$ optimal həll dəyişməz qalır.

İndi isə P_1 əmsalını $P_1 = 7$ sabit saxlayıb, B məhsulunun gətirdiyi P_2 mənfəətinin dəyişməsi həddlərini müəyyən edək.

Şəkil 2.1 – dən göründüyü kimi, $P_2 = 6$ qiymətinin azaldılması həddi Z səviyyə xəttinin L_2 düz xətti ilə üst-üstə düşməsi ilə məhdudlaşır. Onda yuxarıdakına analoji olaraq alırıq:

$$-\frac{7}{P_2} = -\frac{3}{2}$$

$$P_{2(\min)} = 4,7 \quad \text{dəyər vahidi}$$

$P_2 = 6$ qiymətinin artırılması həddi isə Z səviyyə xəttinin L_1 düz xətti ilə məhdudlaşır. Onda alırıq:

$$-\frac{7}{P_2} = -\frac{4}{5}$$

$$P_{2(\max)} = 8,75 \quad \text{dəyər vahidi}$$

Beləliklə, B məhsulunun verdiyi mənfəəti 4,7 dəyər vahidi ilə 8,75 dəyər vahidi arasında dəyişdikdə $x^* = (x_1^* = 4, x_2^* = 3)$ optimal həll dəyişməz qalır.

İndi isə ehtiyatların defisitlik statusunun dəyişməsi məsələsini tədqiq edək. Şəkil 2.1 – dən göründüyü kimi, A məhsulunun gətirdiyi P_1 mənfəəti 4,8 dəyər vahidi aşağı düşən kimi əmək ehtiyatının defisitlik statusu dəyişir və o defisit olmayan ehtiyata çevrilir. Tələblə bağlı “ehtiyat” isə defisit ehtiyata çevrilir. Nəticədə müəssisənin istehsal imkanlarından tam istifadə olunmayacaqdır. Əgər B məhsulu üçün $P_2 < 4,7$ olarsa, onda xammal ehtiyatı defisit olmayan ehtiyat statusu qazanacaq, tələblə bağlı 2-ci “ehtiyat” isə defisitlik qazanacaqdır, yəni müəssisədə X^* optimal plan üzrə B məhsuluna olan maksimal mümkün bazar tələbi tam ödənəcəkdir.

Fəsil 3. Aqrofirmanın optimal davranışı strategiyasının seçilməsi
modelinin həssaslığı və dayanıqlılığının iqtisadi – riyazi təhlili

3.1 Məsələnin iqtisadi qoyuluşu və optimal qoşma qiymətlərin
hesablanması

1. Fərz edək ki, aqrofirmanın 2000 ha əkin sahəsi vardır və aşağıdakı resurs təminatına malikdir:

- Əmək resursları - 300.000 adam saat;
- Maliyyə resursları – 1,5 mln manat.

Aqrofirma əkinçilik sahəsi olaraq taxıl, kartof, çuğundur istehsal edə bilər. Heyvandarlıq sahəsi qoyunçuluqla təmsil olunur. Firma ən azı 16 min ton əmtəlik taxıl istehsal etməlidir. Taxıl istehsalını iki istiqamətdə aparmaq olar - əmtəlik taxıl, heyvandarlıq təyinatlı yem taxılı. 1 ha hesabı ilə əkinçilik məhsullarına və 1 sent. qoyun ətinə istehsal ehtiyatları sərfi normaları aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Aqrofirmada ehtiyat sərfi normaları

Cədvəl 3.1.

İstehsal ehtiyatı növləri	Əmtəlik taxıl (1 ha hes.)	Yemlik taxıl (1 ha hes.)	Kartof (1 sent.hes.)	Yemlik çuğundur (1 ha hes.)	Qoyun əti (1 sent.hes.)
Əmək məsrəfləri (adam saat)	20	20	300	500	20
Maliyyə məsrəfləri (manat)	250	250	1500	1000	70
1 baş qoyuna yem sərfi (yem vahidi sentner)	-	-	-	-	6
Yemlik məhsullar (1 ha/sent)	-	40	-	75	-

1 ha əkin sahəsindən 40 sentner əmtəəlik taxıl alınır, mənfəət isə 100 man təşkil edir. Kartof üzrə mənfəət 500 manatdır. 1 sentner qoyun ətinin mənfəəti 200 manatdır.

Aqrofirma üçün elə bir optimal istehsal proqramı tərtib etmək lazımdır ki, bu proqrama görə onun məcmu mənfəəti maksimum olsun.

Baxılan iqtisadi sistemin optimal davranışı strategiyasının tapılması məsələsinin iqtisadi- riyazi modelini tərtib edək. Bu məqsədlə aşağıdakı endogen

(idarə olunan) parametrlərdən istifadə edəcəyik:

X_1 - əmtəəlik taxıl əkiləcək sahənin ölçüsü (ha)

X_2 – yemlik taxıl əkiləcək sahənin ölçüsü (ha)

X_3 - kartof əkiləcək sahənin ölçüsü (ha)

X_4 - yemlik çuğundurun əkin sahəsinin ölçüsü (ha)

X_5 -qoyun əti istehsalı (sentner)

Bu idarəedici parametrlərin bazasında məsələnin riyazi modelini quraq:

1. Aqrofirmanın əkin sahələrinin məhdudluğu şərti:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 2000$$

2. Aqrofirmanın əmək ehtiyatlarının məhdudluğu şərti:

$$20X_1 + 20X_2 + 300X_3 + 500X_4 + 20X_5 \leq 300.000$$

3. Aqrofirmanın maliyyə ehtiyatlarının məhdudluğu şərti:

$$250X_1 + 250X_2 + 1500X_3 + 1000X_4 + 70X_5 \leq 1.500.000$$

4. Qoyunçuluqda sərf ediləcək yemlərin balanslılığı şərti:

$$40X_2 + 75X_4 \geq 6X_5$$

və ya

$$-40X_2 - 75X_4 + 6X_5 \leq 0$$

5. Əmtəəlik taxıl istehsalı üzrə məhdudiyyət:

$$40X_1 \geq 16000$$

və ya

$$40X_1 - X_6 = 16000$$

burada X_6 -16000 sent. artıq istehsal edilmiş taxıldır.

İqtisadi sistem üzrə baxılan idarəetmə məsələsində qarşıya qoyulan məqsəd aqrofirmanın əldə edəcəyi mənfəətin maksimum olmasıdır, yəni:

$$Z(X)=100X_1 - 250X_2+500X_3-1000X_4+200 X_5 -0 X_6 \rightarrow \max$$

Beləliklə aşağıdakı iqtisadi-riyazi modeli aldığımızı:

$$Z(x)=100X_1 - 250X_2+500X_3-1000X_4+200 X_5 -0 X_6 \rightarrow \max \quad (3.1)$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 2000 \\ 20x_1 + 20x_2 + 300x_3 + 500x_4 + 20x_5 \leq 300000 \\ 250x_1 + 250x_2 + 1500x_3 + 1000x_4 + 70x_5 \leq 1.500000 \\ -40x_2 - 75x_4 + 6x_5 \leq 0 \\ 40x_1 - x_6 = 16000 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0 \quad (3.3)$$

Fərz edək ki, (3.2) sisteminin məhdudiyyət şərtlərinə aşağıdakı əlavə dəyişənlər daxil edilərək, bərabərsizliklər tənliklərə gətirilmişdir:

$$1. \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_7 = 2000$$

burada x_7 -istifadə olunmamış əkin sahəsidir (ha)

$$2. \quad 20x_1 + 20x_2 + 300x_3 + 500x_4 + 20x_5 + x_8 = 300000$$

burada x_8 -istifadə edilməmiş əmək ehtiyatlarıdır.

$$3. \quad 250x_1 + 250x_2 + 1500x_3 + 1000x_4 + 70x_5 + x_9 = 1500000$$

burada x_9 - istifadə edilməmiş maliyyə ehtiyatlarıdır.

$$4. \quad -40x_2 - 75x_4 + 6x_5 + x_{10} = 0$$

burada x_{10} – istifadə edilməmiş yemdir.

$$5. \quad 40x_1 - x_6 + y_1 = 16000$$

burada y_1 -süni dəyişən olub, istehsal edilməmiş taxılın miqdarını ifadə edir.

Fərz edəcəyik ki, taxıl istehsalı üzrə istehsal tapşırığının yerinə yetirilməməsi halında aqrofirmaya qarşı cərimə sanksiyalarının tətbiqi nəzərdə tutulmuşdur və bu cərimə 10.000 manat təşkil edir. Onda tətbiq etdiyimiz əlavə dəyişənlərin bazasında (1) məqsəd funksiyası aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir:

$$Z(x)=10x_1-250x_2+500x_3-1000x_4+200x_5+0x_6+0x_7+0x_8+0x_9+0x_{10}+$$

$$+(-10000)y_1 \rightarrow \max$$

(3.1) – (3.3) modelinin fərdi kompüterdə Excel-də Solver (Həllin axtarışı) vasitəsi ilə həlli nəticəsində aşağıdakı son Simpleks cədvəli alınmışdır:

Kompüter reallaşdırılmasında son Simpleks cədvəli

Cədvəl 3.2

C _i	C _j		500	0	0	0	0
	Bazis dəyişənlər	Bazis dəyişənlərin qiymətləri	x ₃	x ₆	x ₇	x ₈	x ₁₀
100	x ₁	400	-	-0,25	-	-	-
-250	x ₂	1521,8	0,7542	0,0306	1,275	-0,0017	0,0056
-1000	x ₄	78,2	0,2458	-0,0056	-0,257	0,0017	-0,0056
200	x ₅	11122,9	8,1006	0,1341	5,1676	0,0098	0,1341
0	x ₉	162737,4	498,603	-5,1955	-418,994	-1,9413	-5,1955
Z _j	-	1805923	1185,755	22,2556	976,2582	0,6983	31,0056
W _j =C _j -Z _j	-	1805923	-685,755	-22,2556	-976,2582	-0,6983	-31,0056

Cədvəl 3.2-dən (3.1) - (3.3) modelinin aşağıdakı optimal həlli alınır:

$$X_{opt}=(X_1=400, X_2=1521,8, X_3=0, X_4=78,2, X_5=11122,9, X_6=0, X_7=0, X_8=0, \\ X_9=162737,4, X_{10}=0)$$

$$\max Z(x)=1805923$$

Aldığımız X_{opt} –optimal həll bazasında aqrofirma üçün aşağıdakı optimal davranış strategiyasını tərtib etmək olar:

Aqrofirma 400 ha ərazidə ($X_1=400$) əmtəəlik taxıl əkməlidir. Yemlik taxıl istehsalı üçün isə 1521,8 ha ərazi ($x_2=1521,8$) ayrılmalıdır. Yem çuğundurunun əkin sahəsi 78,2 ha olmalıdır. Deməli, istifadə olunan məcmu əkin sahəsi 2000 ha təşkil edəcəkdir. ($400+1521,8+78,2=2000$). Bu halda 1600 ha ərazidə yemlik bitkilər əkiləcəkdir və bu ərazidən 66737,5 ($1521,8 \cdot 40+78,2 \cdot 75$) sentner yem əldə ediləcəkdir. Bu yem 11122,9 sentner qoyun əti ($66737,5:6=11122,9$) istehsal etməyə imkan verəcəkdir. 400 ha ərazidə tələb olunan həcmdə-16 000 sentner taxıl istehsal ediləcəkdir.

Bu istehsal proqramına görə aqrofirma 1805.923 man. mənfəət əldə edəcəkdir ki, bu məbləğ də bütün mümkün istehsal proqramları içərisində ən böyük mənfəət olacaqdır. Bu məbləğdə mənfəətin 40.000 manatı ($400 \cdot 100 = 40.000$) əmtəəlik taxılın hesabına, 1765923 manatı isə ($11122,9 \cdot 200 - 1521,8 \cdot 250 - 78,2 \cdot 1000$) qoyun əti istehsalı hesabına əldə ediləcəkdir.

Optimal plana görə X_3 və X_6 dəyişənləri bazisə daxil olmamışdır və $X_3=0$, $X_6=0$ qiymətləri almışdır. Deməli, optimal istehsal strategiyasına görə aqrofirma kartof və 16 000 sent. çox taxıl istehsal etməməlidir. Bu isə o deməkdir ki, bu bitkilərlə bağlı istehsal fəaliyyəti digər davranışlarla müqayisədə daha az sərfəlidir. Belə ki, əgər biz optimal plana 1 ha kartof sahəsi daxil etsək, onda mənfəətin məbləği 686 manata yaxın azalacaqdır. Hər bir əlavə əmtəəlik taxıl sentneri isə mənfəəti 22,3 manat azaldacaqdır.

Optimal plana görə X_7 (istifadə edilməmiş əkin sahəsi), X_8 (istifadə edilməmiş əmək ehtiyatları), X_{10} (istifadə edilməmiş yemlər) dəyişənləri də qeyri-bazis dəyişənləri olmuşdur. Bu isə o deməkdir ki, həmin ehtiyatlardan tam istifadə olunmuşdur və onlar defisit ehtiyatlar statusu qazanmışlar. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi bu defisit ehtiyatların həcmlərinin bir vahid artması modelin məqsəd funksionalını qiymətini artıracaqdır. (Bu artım əkin sahəsi üzrə 977 manata yaxın, əmək üzrə 0,7 manata yaxın, yem üzrə 31 manat olacaqdır.)

Sonuncu Simpleks cədvəldə birbaşa, dolayısı və xalis effektlərdən başqa, həm də qeyri bazis dəyişənlər üzrə a_{ij} əvəzetmə və struktur sürüşdürülməsi əmsalları əks olunmuşdur. Əsas qeyri-bazis dəyişənlərin müsbət əmsalları bu dəyişənin vahid intensivliklə bazisə daxil edilməsi halında sətir üzrə yerləşən müvafiq bazis dəyişənin nə qədər azalacağını, mənfi əmsalları isə nə qədər artacağını ifadə edir. Məsələn, əgər biz X_6 dəyişənini (normadan artıq taxıl) 1 sent. həcmdə bazisə daxil etsək, onda taxıl əkilən ərazilər 0,0306 ha azalacaq, yem bitkilərinə ayrılan sahə isə 0,0056 ha artacaq. Bu halda 1 sent. taxıl istehsalı üçün zəruri olan 0,025 ha ərazi boşalacaq. Bundan başqa qoyun əti istehsalı 0,1341 sent. azalacaq, əmtəəlik taxıl əkilən ərazi 0,025 ha artacaq, istifadə edilməyən maliyyə ehtiyacları 5,1955 manat çoxalacaq. Bütün bu

dəyişikliklər son nəticədə normadan artıq istehsal edilmiş hər bir sentner taxıl üçün 22,26 manat itgiyə gətirib çıxardacaq.

Əlavə dəyişənlər üzrə ehtiyatlardan tam istifadə olunmanın əvəzetmə əmsallarına gəldikdə isə, bu ehtiyatların həcmələrinin azalması zamanı müsbət əmsallar sətir üzrə bazis dəyişənlərin qiymətlərinin azalmasını, mənfi əmsallar isə artmasını əks etdirir. İstehsal ehtiyatın həcmi artdıqda isə, əvəzetmə əmsallarının mənası əksinə dəyişəcəkdir.

Biz yuxarıda iqtisadi sistemin optimal davranışı strategiyasının seçilməsi modeli olan (3.1) - (3.3) modelinin kompüter reallaşdırılması nəticəsində alınmış X^* optimal strategiyasının strukturunu təhlil etdik.

Qoşmalıq prinsipinə, daha doğrusu qoşmalığın 1-ci teoreminə görə bu modelin Simpleks metodla həlli prosesində onun qoşma modeli də tərs ardıcılıqla həll olunur və Y^* qoşma qiymətlər vektoru tapılmış olur. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bu vektorun Y_i komponentləri aqrofirmanın istifadə etdiyi ehtiyatların qoşma qiymətləridir və X^* və Y^* optimal strategiyalar üçün $Z \max = F \min$ şərti ödənilir.

Bizim nəzərdən keçirdiyimiz konkret misalda $X^* = (X_1=400; X_2= 1521,8; X_3=0; X_4=78,2; X_5= 11122,9; X_6=0; X_7=0; X_8=0; X_9= 162737,4; X_{10}=0)$ optimal həllin tapılması ilə paralel qoşma modelin $Y^*=(Y_1=976,3 ; Y_2= 0,698; Y_3=0; Y_4=31; Y_5=22,3)$ optimal həlli tapılmışdır. Bir optimal həllin iqtisadi interpretasiyası aşağıdakı cədvəldə verilmişdir: (cədvəl 3.3)

Aqrofirmanın məhdudiyyətlərinin qoşma qiymətləri

(cədvəl 3.3)

№	Məhdudiyyətlər	Qoşma qiymətlər	Qoşma qiymətlərin kəmiyyət xarakteristikaları
1.	Əkin sahəsinin balansı, ha	Y_1	976,3
2.	Əmək ehtiyatlarının balansı, adam saat	Y_2	0,7
3.	Maliyyə ehtiyatlarının balansı, man	Y_3	0
4.	Yemlərin balansı, yem vahidi sent.	Y_4	31,0
5.	Əmtəəlik taxıl istehsalı, sent.	Y_5	22,3

Yuxarıda qoşma qiymətlərin əsas xassələrini qeyd etmişdik. Cədvəl 3.3-ün məlumatları bazasında bu xassələrin özlərini necə təzahür etdiyini izləyək.

Məlum olduğu kimi qoşma qiymətlərin 1-ci xassəsi ehtiyatların defisitlik dərəcələri ilə bağlıdır. Yəni, əgər (3.1) - (3.3) modelində məhdudiyyət şərti ciddi bərabərlik kimi ödənirsə, onda ehtiyatın qoşma qiyməti sıfırdan fərqli olacaqdır. Əgər məhdudiyyət şərti “>” və ya “<” tipli bərabərsizlik şəkilində ödənirsə, onda bu qiymət sıfıra bərabər olacaqdır.

Baxdığımız iqtisadi sistmin modelində birinci dörd məhdudiyyət şərti resurslarla, beşinci şərt isə məhsulla (əmtəlik taxıl) bağlıdır. Resurslar üzrə məhdudiyyətlərdən üçünün (Y_1, Y_2, Y_4) qiyməti sıfırdan fərqlidir. Deməli, bu resurslar tam (qalıqsız) sərf olunurlar. Bu resurs növləri üzrə məhdudiyyətlər ciddi bərabərliklər şəklində ödənilir. (3.1)- (3.3) modelində əlavə dəyişənlərin $X_7=0, X_9=0, X_{10}=0$ qiymətləri də bunu bir daha təsdiqləyir, yəni əkin sahələri, əmək məsrəfləri və yemlər tam istifadə olunur. Bu resurs növləri üzrə qoşma qiymətlərin sıfırdan fərqliliyi onlardan tam istifadəni, yəni bu resursların defisitliyini əks etdirir. Məhz bu resursların defisitliyi 162737,4 man. miqdarında istifadəsiz qalmış maliyyə ehtiyatlarından istifadə etməyə imkan vermir.

(3.1) - (3.3) modelinin beşinci məhdudiyyət şərti də sıfırdan fərqli qoşma qiymətə malikdir və şərt ciddi bərabərlik şəklində ödənilir. Bu o deməkdir ki, normativdən artıq taxıl istehsal edilmir ($X_6=0$). Daha doğrusu, aqrofirmanın optimal davranışı strategiyasında əmtəlik taxılın miqdarının 16.000 tondan çox istehsal edilməsi nəzərdə tutulmur.

Qoşma qiymətlərin ikinci xassəsi bu qiymətlərin dayanıqlı olmasıdır. Əgər bu qiymətlər dayanıqlı olmasaydılar, daha doğrusu modelin hər bir parametrinin dəyişməsi nəticəsində dəyişikliyə uğrasaydılar, onda bu qiymətlər iqtisadi baxımdan maraq doğurmazdılar və iqtisadi-riyazi təhlil vasitəsi kimi əhəmiyyətini itirərdilər. Lakin qoşma qiymətlər üçün modelin sağ tərəflərinin parametrlərinin dəyişməsinə qarşı müəyyən dayanıqlılıq, texniki iqtisadi əmsalların və məqsəd funksiyasının əmsallarının dəyişməsinə qarşı isə qeyri-dayanıqlılıq xarakterikdir.

Məsələn, əgər əkin sahəsinin ərazisi və ya aqrofirmanın əmək ehtiyatlarının miqdarı dəyişsəydi, onda bu müəssisədə kənd təsərrüfatı bitkilərinin əkini və qoyun əti istehsalı programı başqa struktura malik olacaqdı, ehtiyatların qoşma qiymətləri isə əvvəlki kimi qalacaqdı. Bu zaman parametrlərin qiymətləri yalnız müəyyən hədd daxilində dəyişə bilər. Dəyişikliklərin bu həddlərdən kənara çıxması qoşma qiymətlərin dəyişməsinə səbəb olacaqdır.

Əgər 1 sent. taxıldan alınacaq mənfəət və ya 1 sent. qoyun ətindən alınacaq mənfəət dəyişsəydi, onda qoşma qiymətlər tam fərqli xarakteristikalara malik olacaqdı.

Qoşma qiymətlərin üçüncü xassəsinin öhdəsinə baxaq. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, bu xassə məhdudiyyətin modelin məqsəd funksiyasına təsirinin ölçüsü ilə bağlıdır.

Qiymətlərin iqtisadi məzmunu optimallıq kriteriyasının məzmunu ilə və eləcə də bu qiymətlərin qiymətləndirdiyi istehsal faktoru və ya məhsul buraxılışı şərti ilə bağlıdır. Bu qiymətlərin ölçü vahidi funksionalın ölçü vahidi ilə üst-üstə düşür.

Resurslar üzrə sıfır qiymətlər (" $\leq$ " şəklində məhdudiyyətlər) və ya məhsullar üzrə sıfır qiymətləri (" $\geq$ " şəklində məhdudiyyətlər) onu göstərir ki, məhdudiyyətin həcmnin bir vahid dəyişməsi funksionalın qiymətinə təsir etməyəcəkdir. Çünki, bu resurs bol ehtiyat statusuna malikdir (birinci misalda maliyyə ehtiyatları) və ya məhsul normativdən artıq istehsal edilmişdir (əmtəəlik taxıl).

Resurslar üzrə sıfıra bərabər olmayan qoşma qiymətlər isə məhdudiyyətin bir vahid dəyişməsinin funksionalın qiymətini necə dəyişəcəyini xarakterizə edir. Bu zaman resursun dəyişməsi ilə funksionalın qiymətinin dəyişməsi eyni istiqamətli olur. Məhsullar üzrə isə təsirin vektoru əks istiqamətli olur, yəni məhdudiyyətin artması funksionalın qiymətini azaldır, azalması isə artırır.

Baxdığımız modeldə əkin sahəsinin 1 ha artması və ya əmək ehtiyatlarının 1 adam-saat çoxalması funksionalın qiymətini uyğun olaraq 976,3 man və 0,698 man artırır. Qoşma qiymətlər bu təsiri özlərinin dayanıqlılığı həddləri daxilində reallaşdırırlar.

Məsələn, tutaq ki, aqrofirmanın əkin sahəsinin 10 ha hissəsi yol tikintisi məqsədi ilə alınacaqdır. Əgər bu azalmanın parametrlər dəyişməsinin mümkün hədudlarını aşmadığını və deməli, qiymətlərin dayanıqlı qalmasını qəbul etsək, onda aqrofirmanın nə qədər mənfəət itirəcəyini hesablamaq olar. Bu itki 9763 man ($10 \cdot 976,3$) təşkil edəcəkdir. Bu göstərici adi hesablama nəticəsində alınan

$$\frac{1805923}{2000} \cdot 10 = 9029$$

man-dan çoxdur.

Əmək üzrə qoşma qiymətlərin köməyi ilə işçi qüvvəsinin axınının aqrofirmanın mənfəətinə göstərdiyi təsiri müəyyən etmək olar. Təbii ki, bu şəraitdə aqrofirma işçi axınının qarşısını alacaq tədbirlər programını tətbiq etməlidir.

Əkin sahəsi və ya əmək ehtiyatları üzrə məhdudiyyətlərin həcmnin 1 vahid artması zamanı onların qoşma qiymətlərinə uyğun olaraq funksional da artır. Lakin bu zaman qoşma qiymət məhdudiyyətin funksionala təsirinin ölçüsü olaraq, resursun səmərəliliyini əks etdirmir. Qoşma qiymət son səmərəni müəyyən edən vasitədir. Məsələn, əkin sahəsi üzrə qoşma qiymət əlavə hektarın səmərəliliyini xarakterizə etmir. Çünki, bu əlavə hektar torpaq sahəsi digər əkin sahəsi vahidlərinə görə daha aşağı keyfiyyətli ola bilər və bu əlavə ha-nın məhsuldarlığını normativ səviyyəyə gətirmək üçün müəyyən qədər əlavə vəsait xərcləmək lazımdır. Tutaq ki, qoşma qiyməti 60 olan əkin sahəsi resursu üzrə 1 ha aşağı keyfiyyətli torpaq sahəsini transformasiya etmək üçün 250 man xərcləmək lazımdır. Onda əlavə səmərə $976,2 - 60 = 916,2$ man təşkil edəcək və məsrəflər 3,3 ildən sonra ödənəcəkdir.

Əgər aqrofirma 698 manatlıq ($0,698 \times 1000$ adam saat) əlavə əmək resursları cəlb etsə, onda bu artımın verəcəyi dolayı səmərəni həmin əlavə əmək ehtiyatlarından istifadə ilə bağlı əlavə məsrəflərlə müqayisə etmək lazımdır.

Məhsullar üzrə sıfırdan fərqli qoşma qiymət məhdudiyyətin verilmiş həcmdə ödəndiyini və onun “yumuşaldılması”nın məqsəduyğunluğunu əks etdirir. Məsələn, taxıl üzrə istehsal tapşırığının 1 sent. azaldılması mənfəətin 22,2 man artmasına səbəb

olacaqdır, belə ki, sərbəstləşən resurslardan mənfəət gətirən istehsal fəaliyyətlərində (qoyun əti istehsalı) istifadə etmək imkanı yaranacaqdır.

Beləliklə, modelin məhdudiyyətləri üzrə qoşma qiymətlər iqtisadi sistemin idarə edilməsi məsələsinin ilkin şərtlərinin dəyişməsi üzrə qəbul edilən bu və ya digər qərarın verdiyi son səmərəni müəyyən etməyə imkan verir.

Qoşma qiymətlərin dördüncü xassəsi resursları və ya məhsulların qarşılıqlı əvəz olunması ilə bağlıdır. Bu halda mütləq əvəzolunma deyil, nisbi əvəzolunma, daha doğrusu optimallıq kriteriyasına göstərilən təsir baxımından əvəzolunma başa düşülür. Qarşılıqlı əvəz olunma qoşma qiymətlərin nisbətində görə müəyyən olunur. Məsələn, əkin sahəsinin 1 ha azaldılmasını 31.5 sent. yem vahidinə malik yemlərin alınması yolu ilə kompensasiya etmək olar ($976,3:31=31,551$). Əgər yemlərin alınmasına vəsait xərcləndiyini nəzərə alsaq, onda 1 ha əkin sahəsinin kompensasiyası ilə bağlı xərclər əhəmiyyətli dərəcədə artacaqdır.

Məhsullar üzrə qarşılıqlı əvəzolunma hesablamaları analoji şəkildə aparılır. Bir resursun digəri ilə ekvivalent şəkildə əvəz olunması və ya məhsulların əvəz olunması bütün çoxluq üçün deyil, qiymətlərin dayanıqlılığının qorunduğu mümkün həddlər üçün həyata keçirilə bilər.

Qoşma qiymətlərin beşinci xassəsinə gəldikdə isə, yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, bu xassə ayrı-ayrı üsulların rentabelliği ilə bağlıdır. Bu o deməkdir ki, optimal strategiyaya daxil olan üsullar üzrə resurs sərfi proqnozlaşdırılan səmərəyə bərabərdir. Optimal plana daxil olmayan üsullar üzrə isə, sərf edilən resursların qoşma qiymətləri bu səmərədən çoxdur. Bu nisbətlər qoşma məsələlərinin həllindən doğur:

1. $1 \cdot 976,285 + 20 \cdot 0,698 + 250 \cdot 0 + 40 \cdot (-22,256) = 100$
2. $1 \cdot 976,285 + 20 \cdot 0,698 + 250 \cdot 0 + (-40) \cdot 31,006 = -250$
3. $1 \cdot 976,285 + 300 \cdot 0,698 + 500 \cdot 0 > 500$
4. $1 \cdot 976,285 + 500 \cdot 0,698 + 1000 \cdot 0 + (-75) \cdot 31,006 = -1000$
5. $20 \cdot 0,698 + 70 \cdot 0 + 631,006 = 200$

$$Z_{min} = 2000 \cdot 976,258 + 300,000 \cdot 0,698 + 1500000 \cdot 0 + 16000 \cdot (-22,256)$$

Optimal plana daxil olan dörd üsul üzrə-əmtəlik taxıl əkini, yem üçün taxıl əkini, çuğundur əkini, qoyun əti istehsalı-qoşma məsələnin məhdudiyyətləri ciddi bərabərliklər kimi ödənilir. Üçüncü məhdudiyyət isə “>” tipli bərabərsizlik kimi ödənilir ($1185,76 > 500$). 1 kq kartofa resurs sərfinin qoşma qiyməti mənfəətdən təqribən 2 dəfə çoxdur. Odur ki, bu məhsul növünü istehsal etmək sərfəli deyil və müvafiq üsul rentabelli hesab edilmir.

Qoşma qiymətlərin bu xassəsi modelə daxil olmayan yeni üsulların rentabelli olub-olmadığını müəyyən etmək üçün istifadə oluna bilər. Məsələn, əkin sahələrindən istifadə strategiyasına bostan bitkilərinin daxil edilməsi məsələsini həll etmək lazımdır. Bu bitkinin 1 ha üçün 250 adam-saat əmək məsrəfi, 1000 man maliyyə məsrəfi sərf olunmalıdır, gözlənilən mənfəət isə 600 man təşkil edir. Onda bostan bitkilərinin əkini üsulunun qiyməti üçün tapırıq:

$$y_k = 1 \cdot 976,3 + 250 \cdot 0,698 + 1000 \cdot 0 = 1150,8$$

Göründüyü kimi, bu üsulun modelə daxil edilməsi optimal strategiyaya təsir etməyəcəkdir, çünki resursların məcmu qoşma qiyməti mənfəət göstəricisi üstələdiyi üçün ($1150,8 > 600$) bostan bitkilərinin əkini zərərliyə.

Qoşma qiymətlərin altıncı xassəsi planın optimallığının müəyyən edilməsi ilə bağlıdır. Əgər (3.1) - (3.3) ilkin modelin məqsəd funksionalının maksimumunu bu modelin qoşmasının minimumuna bərabədirsə, onda plan optimaldır. İqtisadi baxımdan bu, əldə edilmiş səmərənin istifadə edilmiş bütün ehtiyatların məcmu qiymətinə bərabər olması deməkdir.

Baxdığımız məsələ üçün bu bərabərlik şərti ödənilir:

$$Z_{max} = 400 \cdot 100 + 1521,8(-250) + 78,2(-1000) + 11123,9 \cdot 200 = 1.805923$$

$$F_{min} = 2000 \cdot 976,258 + 300,000 \cdot 0,698 + 16000(-22,256) = 1805923$$

$$Z_{max} = F_{min} = 1805923$$

Göründüyü kimi, aqrofirma üçün tapdığımız X^* strategiyası optimal strategiyadır. Sərf olunan resursların qoşma qiymətləri baxımından aqrofirma əmtəlik taxıl, yemlik taxıl, çuğundur və qoyun əti istehsal etməlidir.

3.2 Məsələnin optimal həllinin həssaslığı və dayanıqlılığı həddlərinin sistemli təhlili

Biz §3.1 –də konkret iqtisadi sistemin – aqrofirmanın optimal istehsal strategiyasının tapılması modelinin X^* optimal həllini tapdıq. Bu optimal həllin qoşma qiymətlərinin iqtisadi-riyazi təhlilini apardıq. İndi isə bu optimal həllin dayanıqlılığı və həssaslığını təhlil edək. Daha doğrusu, (3.1) - (3.3) modelinin ayrı-ayrı parametrlərinin (məqsəd funksiyasının əmsallarını, texniki- iqtisadi əmsalların , resurslar və məhsullar üzrə məhdudiyyətlərinin həcmələrinin, bazis dəyişənlərin qiymətlərini) və onun strukturunu (yeni məhdudiyyətlərin və dəyişənlərin daxil edilməsi və ya ixtisar edilməsi) dəyişməsinin optimal həllə təsirini öyrənək. Belə təhlil optimal planı dayanıqlılığı və burada mümkün dəyişikliklərin həddləri haqqında fikir yürütməyə imkan verir.

Əvvəlki paraqraflarda qeyd edildiyi kimi, İRM – in optimal həllərinin dayanıqlılığı və həssaslığın təhlilini əsasən 8 istiqamət üzrə aparmaq olar. Bu yanaşmanın əsas götürərək, aqrofirmanın optimal istehsal proqramının tapılması modelinin X^* optimal həllinin dayanıqlılığını və həssaslığını təhlil edək.

1. Məqsəd funksiyasının qeyri-bazis dəyişəninin C_j əmsalının dəyişməsi.

Məlum olduğu kimi, məqsəd funksiyasının qeyri-bazis əsas dəyişənin C_j əmsalının mümkün dəyişmə oblastı aşağıdakı formula üzrə tapılır:

$$-\infty \leq \Delta C_j \leq -W_j (j \in M_n) \quad (3.4)$$

burada M_n - qeyri-bazis dəyişənləri çoxluğu.

Deməli, qeyri-bazis dəyişənləri üzrə birbaşa səmərə göstəricisinin dəyişməsi oblastı $-\infty$ -a qədər azaldıqda və mənfi işarə ilə götürülmüş xalis səmərə kəmiyyətinə qədər artdıqda optimal plan dəyişməyəcəkdir.

Baxdığımız misalda kartof istehsalı (X_3 dəyişəni) səmərəli olmamışdır və birbaşa səmərəyə baxmadan (1 ha ərazidən 500 man) X^* optimal plana daxil olmamışdır. Aydındır ki, mənfəət göstəricisi 400, 300, 100 man qədər azaldıqda da kartofun səmərəliliyi artmayacaqdır və bu istehsal üsulu optimal plana daxil olmayacaqdır. Digər tərəfdən, 1 ha-dan alınan mənfəət mənfi işarə ilə götürülmüş xalis səmərə kəmiyyətindən çox arta bilməz, yəni $-685,755$ -i aşağı bilməz. Bu hal baş verən kimi xalis səmərə sıfıra bərabər olacaqdır və X_3 dəyişəni optimal plana daxil olacaqdır. Nəticədə plan tamamilə dəyişəcəkdir- bazis dəyişənlərin qiymətləri, əvəzlənmə əmsallarının, dolayısı və xalis səmərənin qiymətləri başqa olacaqdır. Məqsəd funksiyasında qeyri-bazis dəyişənlərin əmsallarının yeni qiymətləri isə əvvəlki qiymətlərlə onların dəyişməsi həddlərinin cəmi kimi hesablanacaqdır:

$$C'_j = C_j + \Delta C_j \quad (j \notin M_0) \quad (3.5)$$

Qeyd edək ki, $W_j = C_j - Z_j$ olduğundan,

$$-\infty \leq C'_j \leq Z_j \quad (j \notin M_0) \quad (3.6)$$

olacaqdır.

Beləliklə, bu parametrin yeni qiyməti Z_j dolayısı səmərəni aşmamalıdır. Baxdığımız misalda 1 ha kartofun verdiyi mənfəət 500 man-dan 1185,8 man qədər arta bilər. Əgər xarakteristika bu həddi aşarsa, onda optimal plan tamamilə dəyişəcəkdir.

Məqsəd funksiyasında qeyri-bazis dəyişənin əmsalının dəyişməsi yalnız bir parametrin- xalis səmərənin qiymətinin dəyişməsi ilə bağlıdır:

$$W'_j = W_j + \Delta C_j \quad (j \notin M_0) \quad (3.7)$$

Deməli, xalis səmərənin yeni qiyməti onun əvvəlki qiyməti ilə konkret qeyri-bazis dəyişənin məqsəd funksiyasındakı əmsalının dəyişməsi hüdudunun cəminə bərabərdir.

Baxdığımız misalda kartofun 1 ha-dan alınan mənfəəti 600 man artaraq, 1100 man təşkil edə bilər ($1100-500=600$). Onda xalis səmərə:

$$W'_3 = -685,755 + 600 = -85,755$$

qədər olacaqdır.

2. Məqsəd funksiyasında bazis dəyişənin C_i əmsalının dəyişməsi.

Bu mümkün dəyişmə intervalı aşağıdakı formula üzrə hesablanır:

$$\max_{a_{ij} > 0} \left\{ \frac{W_j}{a_{ij}}; -\infty \right\} \leq \Delta C_i \leq \min_{a_{ij} < 0} \left\{ \frac{W_j}{a_{ij}}; +\infty \right\} \quad (3.8)$$

Göründüyü kimi, məqsəd funksiyasının bazis dəyişənin ΔC_i əmsalının aşağı hüdudu və ya azalma hüdudu olaraq qeyri-bazis dəyişənlərin xalis səmərə qiymətlərinin müsbət əvəzolunma əmsallarına nisbətlərinin ən böyüyü çıxış edir. Yuxarı hədd olaraq isə, həmin göstəricilərin mənfə əvəzolunma əmsallarına nisbətlərinin ən kiçiyi çıxış edir.

Baxdığımız misalda X_5 dəyişənin- qoyun əti istehsalının məqsəd funksiyasındakı əmsalı götürək. Bu əmsalın qiyməti $C_5=200$ -dür. Belə bir suala cavab axtaraq:-1 sent. qoyun ətinə şərti mənfəətin bu qiyməti hansı kəmiyyət qədər artmalı və ya azalmalıdır ki, optimal planın bazis dəyişənlərin qiymətləri, əvəzolunma əmsalları; birbaşa və dolaylı səmərə kimi parametrləri dəyişməsinlər?

Konkret hesablamalar nəticəsində alırıq:

$$\max \left\{ \frac{-685,755}{8,1006}; \frac{-22,2556}{0,1341}; \frac{-976,258}{5,1676}; \frac{-0,6983}{0,098}; \frac{-31,0056}{0,1341} \right\} \leq C_5$$

Baxdığımız halda X_5 dəyişənin sətir üzrə bütün əvəzlənmə əmsalları müsbətdir, odur ki, məqsəd funksiyasının C_5 əmsalının artmasının ΔC_5 yuxarı həddü və ya artma həddü $+\infty$ olacaqdır:

$$\begin{aligned}\max\{-84,65; -165,96; -188,92; -71,26; -231,21\} &\leq \Delta C_5 \\ -71,26 &\leq \Delta C_5 \leq +\infty\end{aligned}$$

Beləliklə, 1 sent. qoyun ətinin şərti mənfəəti sonsuzluğa qədər arta və ya 71,26 man-dan çox olmayaraq azala bilər.

İndi isə, C_5 kəmiyyətinin yeni qiymətlərini hesablayaq:

$$\begin{aligned}C'_i &= C_i + \Delta C_i \\ 200 + (-71,26) &\leq C_5 \leq 200 + \infty\end{aligned}\quad (3.9)$$

və ya

$$128,74 \leq C_5 \leq +\infty$$

Beləliklə, əgər 1 sent. qoyun ətinin şərti mənfəətinin qiyməti 128, 74 man-dan aşağı düşərsə onda optimal plan tam dəyişəcəkdir.

Hesablanmış həddüdlər daxilində yalnız iki parametrlər dəyişəcəkdir:

1. Bütün qeyri-bazis dəyişənlərin xalis səmərə qiymətləri - W'_j
2. Funksionalın qiyməti - Z'

Bu parametrlər aşağıdakı kimi hesablanacaqdır.

$$W'_j = W_j - \Delta C_i \cdot a_{ij} \quad (3.10)$$

$$Z' = Z + \Delta C_i \cdot X_i \quad (3.11)$$

Göründüyü kimi, xalis səmərənin qiymətinin yeni kəmiyyəti onun əvvəlki qiyməti ilə bazis dəyişənin qiymətinin dəyişməsi həddünün müvafiq əvəzlənmə əmsalına hasilinin fərqi bərabərdir.

$C_5 = 128,74$ üçün optimal planı hesablayaq:

$$\Delta C_5 = -71,26$$

Onda alırıq:

$$W'_5 = -685,7554 - (-71,26) \cdot 8,1006 = -685,7554 + 577,25 = -108,51$$

1 sent. qoyun ətinin şərti mənfəəti azaldıqda kartofun səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə artacaqdır və bu məhsulun 1 ha üzrə itkisi 685,7554-dən 108,51-ə qədər azalacaqdır (təqribən 6 dəfə).

X^* optimal istehsal proqramının digər komponentləri üçün alırıq:

$$W'_6 = -22,2556 - (-71,26) \cdot 0,3141 = -12,7$$

$$W'_7 = -976,258 - (-71,26) \cdot 5,1676 = -608,015$$

$$W'_8 = -0,6983 - (-71,26) \cdot 0,00981 = 0$$

$$W'_{10} = -31,0056 - (-71,26) \cdot 0,1341 = -21,45$$

Göründüyü kimi, xalis səmərənin bütün qiymətlərində artım müşahidə edilir. Əmək ehtiyatlarının qoşma qiyməti isə sıfıra bərabər olur və öz hüdud səviyyəsinə yaxınlaşır. Əgər biz ΔC_5 -i 71,26-dan daha çox azaltsaydıq, onda əmək ehtiyatlarından istifadə edilməməni əks etdirən X_8 dəyişəni bazisə daxil olacaqdı və optimal plan tamamilə dəyişəcəkdi.

Yuxarıda funksionalın yeni qiyməti üçün verdiyimiz ifadəyə görə onun yeni qiyməti əvvəlki qiymətlə məqsəd funksiyasının əmsalının dəyişmə hüdudunun bu bazis dəyişəninə hasilin cəmi kimi hesablanır.

Onda alırıq:

$$Z' = 1805923 + [(-71,26) \cdot 11122,9] = 1013305$$

Göründüyü kimi, aqrofirmanın mənfəəti 792,618 man azalmışdır.

3. Resurslar üzrə məhdudiyyətlər vektorunun komponentinin dəyişməsi (resursun həcmnin dəyişməsi).

Nəzəri baxımdan j-cu növ resursun həcmnin Δb_j artması və ya azalması hüdudları aşağıdakı formula üzrə hesablanır:

$$a_{ij} > 0 \left\{ \frac{-x_i}{a_{ij}}; -\infty \right\} \leq \Delta b_{ij} \leq a_{ij} < 0 \left\{ \frac{-x_i}{a_{ij}}; \infty \right\} \quad (13)$$

Beləliklə, iqtisadi sistemin i-ci istehsal ehtiyatının azalmasının hüdudu dedikdə mənfi işarə ilə götürülmüş X_i bazis dəyişənin qiymətinin qeyri-bazis əlavə dəyişənin

a_{ij} müsbət əvəzetmə əmsallarına maksimal nisbəti başa düşülür (bu halda qeyri-bazis əlavə dəyişən bu resursun istifadəsiz hissəsini xarakterizə edir).

Göstəricinin hüdud artması isə həmin göstəricilərin mənfi əvəzetmə əmsallarına minimal nisbəti ilə müəyyən edilir.

Məsələn, tutaq ki, optimal planda 300000 adam saata bərabər olan əmək ehtiyatlarının b_2 həcmnin nə qədər atıb azaldılmasının mümkünlüyü qiymətləndirilməlidir. Qeyd edək ki, əmək ehtiyatlarından az istifadə üzrə X_8 qeyri-bazis dəyişəni (bu dəyişənin qiyməti 0-a bərabərdir), ilkin Simpleks cədvəldə sətirin nömrəsi ilə məsələdə əsas dəyişənlərin sayının cəminə bərabər olan indeksə malikdir ($2+6=8$).

$$\begin{aligned} \max \left\{ \frac{-78,2}{0,017}; \frac{-11122,9}{0,0098} \right\} \leq \Delta b_2 \leq \min \left\{ \frac{-162737,4}{-1,9412}; \frac{-1521,8}{0,0017} \right\} \\ \max \{-46,000; -1135000\} \leq \Delta b_2 \leq \min \{838291; 89517664\} \\ -46000 \leq \Delta b_2 \leq 83829,1 \end{aligned}$$

Beləliklə, aqrofərmada əmək ehtiyatlarının həcmi 46000 adam saatdan çox olmayan kəmiyyət qədər azaltmaq və 83829,1 adam saata malik kəmiyyət qədər artırmaq olar. Bu halda X^* optimal idarəetmə strategiyasının bazisi dəyişməyəcəkdir, yəni dəyişənlərin qiymətləri yığımı dəyişməz qalacaqdır.

Resursun həcmi yeni qiymətini aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$b'_i = b_i + \Delta b_i \quad (3.13)$$

Bizim misalda:

$$300000 + (-40,000) \leq b_2 \leq 300000 + 83829,1$$

və ya:

$$254000 \leq b_2 \leq 383829,1$$

Bu hüdudlar daxilində bazis dəyişənlərin qiymətləri və funksionalın qiyməti dəyişəcəkdir.

Birinci xarakteristika üçün alırıq:

$$x'_j = x_i + b_j \cdot a_{ij} \quad (3.14)$$

$i \in M_0$

Funksionalın qiyməti üçün isə alırıq:

$$Z' = Z + \Delta b_j \cdot z_j \quad (3.15)$$

Aşağı həddə, yəni $\Delta b_2 = -46.000$ olduqda x'_i bazis dəyişənlərin yeni qiymətlərini hesablayaq:

$$x'_1 = 400 + (-46000) \cdot 0 = 400$$

$$x'_2 = 1524,8 + (-46000) \cdot (-0,0017) = 1600$$

$$x'_4 = 78,2 + (-46000) \cdot 0,0017 = 0$$

$$\bar{x}_5 = 11122,9 + (-46000) \cdot 0,0098 = 10672,1$$

$$\bar{x}_6 = 162737,4 + (-46000) \cdot (-1,9413) = 252037,2$$

Beləliklə, əmək resurslarının həcmi 300.000 adam saat deyil, 254000 adam saat olan yeni optimal strategiya aşağıdakı dəyişikliklərə gətirib çıxardır:

-Yem bitkiləri üçün istifadə edilən əkin sahəsi 0-a qədər azalır (bu hədd səviyyədir, əkin sahəsi mənfi ola bilməz); yemlik taxıl üçün ayrılan əkin sahəsi isə həmin 78,2 ha qədər artır, qoyun əti istehsalı 450,8 sent. azalır; istifadə olunmamış maliyyə vəsaitlərinin həcmi isə 252037,2 man-a qədər artır. Funksionalın qiyməti də azalacaqdır:

$$Z' = 1805923 + (-46000) \cdot 0,6983 = 1773801,2$$

Əmək ehtiyatlarının həcmi əvvəlcə göstərdiyimiz həddlərdə artması halında isə, optimal planda əks proseslər gedəcəkdir-yem bitkiləri üçün istifadə olunan sahə artacaq, yemlik taxıl istehsalı sahəsi azalacaq, qoyun əti istehsalı artacaq və s.

4. Bazisə X_j əsas qeyri-bazis dəyişənin daxil edilməsi həddinin müəyyən edilməsi.

Bir çox hallarda İRM-nin kompüter həllinin nəticələrinin təhlili başa çatdıqdan sonra kompüterdən təkrarən istifadə etmədən alınmış optimal planın korrektə edilməsinə zərurət yaranır. Məsələn, tutaq ki, 100 sent. əmtəlik kartof tədarükü məqsədəuyğun hesab edilir. X^* optimal planda bu məhsul növü yoxdur (X_3 dəyişəni qeyri-bazis dəyişənləri içərisindədir).

Əvvəlcə optimal planın strukturunu pozmadan bu planda maksimal olaraq nə qədər kartof saxlamağın mümkünlüyünü müəyyən edək:

$$0 \leq \Delta x_j \leq \min \left\{ \frac{x_i}{a_{ij}} \right\}, a_{ij} > 0 \quad (3.16)$$

Deməli, optimal planda əsas qeyri-bazis dəyişənin bazisə daxil edilməsinin hüdudu olaraq bazis dəyişənlərin qiymətlərinin bu qeyri-bazis dəyişənin müsbət əvəzolunma əmsallarına nisbətlərinin minimumu çıxış edir.

Baxdığımız misalda X_3 dəyişəni üçün bu hədd xarakteristikası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta x_2 \leq \min \left\{ \frac{1521,8}{0,7542}; \frac{78,2}{0,2458}; \frac{11122,9}{8,1006}; \frac{162737,4}{498,603} \right\}$$

$$\Delta x_2 \leq \min \{2017,77; 318,14; 1373,1; 326,39\}$$

$$\Delta x_2 \leq 318,14$$

Deməli, kartof əkinin sahəsinin maksimal ölçüsü 318,14 ha-dır. Bu halda X_4 dəyişənin qiyməti sıfıra bərabər olur və bu dəyişən bazisdən çıxır.

Bazisə əsas qeyri-bazis dəyişənin daxil edilməsi ilə iki parametrlə dəyişir:

1. Bütün X_i bazis dəyişənlərin qiymətləri;
2. Funksionalın qiyməti.

Birinci parametrlərin qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\bar{x}_i = x_i - \Delta x a_{ij} \quad (18)$$

$i \in M_0$

Funksionalın qiyməti isə

$$Z' = Z + \Delta x_j W_j$$

kimi müəyyən edilir.

100 ha kartofun əkin sahəsinin daxil edilməsi halında dəyişənlərin yeni qiymətlərini hesablayaq:

$$\begin{aligned}
x'_1 &= 400 - 100 \cdot 0 = 400 \\
x'_2 &= 1521,8 - 100 \cdot 0,7524 = 1446,38 \\
x'_4 &= 78,2 - 100 \cdot 0,2458 = 53,62 \\
x'_5 &= 11122,9 - 100 \cdot 8,1006 = 10312,84 \\
x'_9 &= 162737,4 - 100 \cdot 493,603 = 112877,1
\end{aligned}$$

Funksionalın yeni qiymətini hesablayaq:

$$Z' = 1805923 + 100 \cdot (-685,755) = 1737347,5$$

Aqrofırmada istehsal ehtiyatlarının eyni həcmələrində kartof istehsalına 100 ha əkin sahəsinin ayrılması yemlik taxıl üçün ayrılan əkin sahəsinin 75,42 ha, yemlik bitkilərin əkin sahəsinin isə 24,58 ha azalmasına səbəb olacaqdır. Nəticədə qoyun əti istehsalı 810,06 sent. azalacaq. İstifadə olunmayan maliyyə ehtiyatları isə 112877,1 man-a qədər azalacaqdır. Məqsəd funksiyasının qiyməti də 68575,5 manat azalaraq 1737347,5 manata bərabər olacaqdır.

5. x_i bazis dəyişənin qiymətinin dəyişməsi.

Aqrofırmanın optimal istehsal programının tapılması məsələsinin (3.1) - (3.3) modelinin kompüter həllinin nəticələrinin təhlilindən sonra qarşıya optimal planı x_i bazis dəyişənin qiymətinin artırılması və ya azaldılması istiqamətində korrektə etmək zərurəti çıxır (Nəzərə alınır ki, model təkrarən kompüterdə həll olunmur). Yem bitkilərinin əkin sahəsini xarakterizə edən x_4 dəyişənin qiymətini hansı həddə qədər artırmaq və ya azaltmağın mümkünlüyünü müəyyən edək. Bu zaman optimal planın bazisi dəyişməməlidir.

Əvvəlcə məhz hansı dəyişənin (ən az zərər gətirən) bazisə daxil olacağını müəyyən etmək lazımdır. Bu məqsədlə aşağıdakı ifadə üzrə nisbətlər hesablanmalıdır:

$$\begin{aligned}
\max \left\{ \frac{-685,76}{0,2458}; \frac{-0,6983}{0,0017} \right\} &\leq \lambda_j \leq \min \left\{ \frac{-22,0556}{-0,0056}; \frac{-976,258}{-0,257}; \frac{-31,0056}{-0,0056} \right\} \\
\max \{-2789,9; -410,76\} &\leq \lambda_j \leq \min \{39742; 3798,7; 5536,7\} \\
-410,76 &\leq \lambda_j \leq 3798,7
\end{aligned}$$

Deməli, x_4 dəyişənin qiyməti azaldıqda x_5 dəyişəni (istifadə olunmayan əmək məsrəfi), artırıldıqda isə x_7 dəyişəni (istifadə edilməyən əkin sahəsi) bazisə daxil olacaqdır.

Bazis dəyişənin qiymətinin dəyişməsi hüdudu aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$\max\left(\frac{-x_i a_{ij}^*}{a_{ij}}\right) \leq \Delta x_i^* \leq \min\left(\frac{-x_i a_{ij}^*}{a_{ij}}\right)$$

Bu ifadəyə görə yem bitkilərinin əkin sahəsinin (yəni x_4 -ün) artması halında bazisə x_7 dəyişəni daxil olacaq, yəni istifadə edilməyən əkin sahəsini əks etdirən x_7 dəyişəni bazis dəyişəni olacaq. Bu dəyişənin əmsalı isə $a_{47} = 0,257$ olacaqdır.

x_4 dəyişənin artımının ölçüsünü, daha doğrusu Δx_4 -ü təyin etmək üçün aşağıdakı nisbətləri hesablayaq:

$$x_4^* \leq \min\left\{\frac{(-1521,8) \cdot (-0,257)}{1,257}; \frac{(-11122,9) \cdot (-0,257)}{5,1676}\right\}$$

$$\Delta x_4^* \leq \min\{311,14; 553,17\}$$

$$\Delta x_4^* \leq 311,14$$

Beləliklə, yemlik bitkilərə ayrılan əkin sahəsini optimal planın bazisini dəyişmədən 331,14 ha və ya 389,134 ha-ya qədər ($78,2+311,14=389,34$) artırmaq olar. Əgər yem bitkilərini tutaq ki, 400 ha ərazidə əkmək tələb olunursa, onda optimal planın bazisi dəyişəcəkdir. Bu isə, bütün qiymətlərin və əvəzolunma əmsallarının dəyişməsinə səbəb olacaqdır.

Bazis dəyişənin qiyməti dəyişdikdə optimal plana daxil olan x_j qeyri-bazis dəyişənin qiyməti də dəyişəcəkdir və paralel olaraq bütün bazis dəyişənlərinin və funksionalın da qiyməti dəyişəcəkdir.

$$x_i' = x_j - \frac{\Delta x_i^*}{a_{ij}^*} \quad (3.18)$$

Baxdığımız məsələdə $x_j' = x_7$ olduğu üçün alırıq:

$$x_7' = 0 - \frac{311,14}{-0,257} = 1210,66$$

Deməli, yem bitkilərinin əkin sahəsinin 311,14 ha artırılması halında 1210,66 ha sahəni ümumiyyətlə istifadəsiz saxlamaq məqsəduyğundur.

Qalan bütün qeyri-bazis dəyişənlər sıfıra bərabər olacaqdır.

Digər bazis dəyişənlərin qiymətləri aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$x'_i = x_i + \frac{\Delta x_i^* \cdot a_{ij}}{a_{ij}} \quad (3.19)$$

Onda alırıq:

$$x'_1 = 400 + \frac{311,14 \cdot 0}{(-0,257)} = 400$$

$$x'_2 = 1521,8 + \frac{311,14 \cdot 1,257}{(-0,257)} = 0$$

$$x'_5 = 11122,9 + \frac{311,14 \cdot 5,1676}{(-0,257)} = 4866,7$$

$$x'_9 = 162737,4 + \frac{311,14 \cdot (-418,994)}{(-0,257)} = 669987,3$$

Beləliklə, əmtəlik taxıl üçün ayrılan əkin sahəsinin ərazisi (x_1) dəyişməz qalır. Yəni 400 ha-ya bərabər olur. Yemlik taxıl ümumiyyətlə əkilmir ($x_2 = 0$), qoyun əti istehsalı kəskin şəkildə- 2,3 dəfə aşağı düşür, (6256,2 sent.), istifadə edilməmiş maliyyə vəsaitləri 4 dəfəyə yaxın artaraq 669997,3 man-a çatacaqdır.

Qeyd edək ki, əkin sahəsinin ərazisi 2000-ə bərabər qalacaqdır:

$$400 + 78,2 + 311,14 + 1210,66 = 2000$$

Funksionalın yeni qiyməti aşağıdakı ifadəyə görə hesablanacaqdır:

$$Z' = Z - \frac{W_j \cdot \Delta x_i^*}{a_{ij}^*} \quad (3.20)$$

Onda alırıq:

$$Z' = 1805923 - \frac{(-976,3) \cdot 311,14}{(-0,257)} = 624005$$

Deməli, funksionalın qiyməti 3 dəfəyə yaxın azalmışdır.

6. Qeyri-bazis dəyişənin a_{ij} texniki-iqtisadi əmsalının ilkin qiymətinin dəyişməsi.

Bu əmsalın qiymətinin optimal planı dəyişdirəcək dəyişməsinin mümkün intervalı aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablanır:

$$\frac{W_j}{Z_j(j=1+n)} \leq \Delta a_{ij} \leq +\infty \quad (3.21)$$

$j \in M_0$

Qeyri-bazis dəyişənlərin a_{ij} ilkin müsbət əmsallarını qeyri-məhdud şəkildə artırmaq, mənfilər isə qeyri-məhdud azaltmaq olar və bu halda optimal plan dəyişməyəcəkdir. Müsbət əmsalın azalmasının (və ya mənfə əmsalın artmasının) hədd səviyyəsi olaraq bu qeyri-bazis dəyişənin xalis səmərəsinin ehtiyatın qoşma qiymətinə nisbəti kimi hesablanır.

Məsələn, 1 ha kartofa əmək məsrəflərini nə qədər azaltmaq lazımdır ki, bu məhsul növü rəqabətqabiliyyətli olsun və optimal plana daxil olsun?

Normativə görə 1 ha kartofa əmək məsrəfləri 300 adam-saatdır, yəni $a_{23} = 300$. Onda (3.21) ifadəsinə görə alırıq:

$$-\frac{685,755}{0,6983} \leq \Delta a_{23} \leq \infty$$

və ya

$$-982,0 \leq \Delta a_{23} \leq \infty$$

Deməli, 1 ha əkin sahəsinə əmək məsrəflərini 982 adam-saat azaltmaq lazımdır, kartofa əmək məsrəfləri isə cəmi 300 adam saatdır.

Göründüyü kimi əmək məsrəflərinin azaldılması kartof istehsalının səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələsini tam həll edə bilməz. Əgər əmək məsrəflərini 30 % (100 adam saat) azaltsaq belə, kartofun səmərəliliyi cüzi artacaqdır. Məsrəflərin yeni kəmiyyəti aşağıdakı formula üzrə hesablanacaqdır:

$$a'_{ij} = a_{ij} + \Delta a_{ij} \quad (3.22)$$

Onda alırıq:

$$a'_{23} = 300 + (-100) = 200$$

Bu əmsalın qiyməti dəyişdikdə yalnız qeyri-bazis dəyişənin xalis səmərə qiyməti dəyişəcəkdir:

$$W'_j = W_j - \Delta a_{ij} \cdot Z_j \quad (j = i + n) \quad (j \notin M_0) \quad (3.23)$$

Onda alırıq:

$$W_3 = -685,755 - (-100) \cdot 0,6983 = -615,925$$

Bu isə o deməkdir ki, 1 ha kartof sahəsinin itkiləri yalnız 10% azalacaqdır. Problemin ən səmərəli həll yolu-1 ha kartof sahəsindən alınan mənfəəti 500 man-dan 1185,76 manata çatdırmaqdır.

7. Optimal plana yeni, əvvəl modeldə olmayan dəyişənin daxil edilməsi.

İqtisadi –riyazi təhlil modelə yeni, X_R dəyişənin (üsulun) daxil edilməsinin səmərəliliyini qiymətləndirməyə imkan verir. Bunun üçün bu yeni dəyişənin qiymətini hesablamaq lazımdır:

$$W_R = C_R - Z_R = C_R - \sum_{i=1}^m a_{iR} \cdot Z_{i+n} \quad (3.24)$$

Burada W_R yeni dəyişənin xalis səmərəsidir. C_R -birbaşa səmərədir.

Z_R - yeni dəyişənin dolayı səmərəsidir; a_{iR} -R- ci məhsul növü üzrə ilkin texniki-iqtisadi məsrəf əmsalıdır; Z_{i+n} -optimal planda resurslar üzrə məhdudiyyətlərin qoşma qiymətləridir.

Əgər $W_R < 0$ olarsa, onda yeni R-ci dəyişəni modelə daxil etmək sərfəli deyil, çünki bu dəyişən optimal plana daxil olmayacaqdır. $W_R > 0$ olarsa, onda dəyişəni modelə daxil edib, onu təkrarən həll etmək lazımdır, çünki bu dəyişən optimal plana daxil olacaqdır.

Tutaq ki, aqrofirma bostan bitkilərinin istehsalına başlamaq istəyir. 1 ha bostan bitkisi üçün əmək məsrəfi 500 adam saat, maliyyə vəsaiti sərfi isə 2500 manatdır. 1 ha –dan gözlənilən mənfəət isə 1200 manatdır.

Onda alırıq:

$$W_R = C_R - Z_R = 1200 - (1 \cdot 976,26 + 500 \cdot 0,6983 + 2500 \cdot 0) = 1200 - 1925,40$$

Deməli, xalis səmərə mənfi olduğundan, bostan bitkilərinin əkilməsi məqsədə uyğun deyil.

8. Ümumi şəkildə məhdudiyyətlərin əlavə edilməsi, yeni, əvvəl olmayan şərtlərin daxil edilməsi.

Modelə yeni məhdudiyyətin daxil edilməsinin məqsədə uyğunluğu aşağıdakı ifadəyə görə müəyyən edilir:

$$\sum_{j=1}^n a_{m+1,j} \cdot x_j \leq b_{m+1} \quad (3.25)$$

burada b_{m+1} - yeni məhdudiyyətin həcmi, $a_{m+1,j}$ - məsrəf buraxılış üzrə texniki-iqtisadi əmsallardır.

Əgər bu məhdudiyyət ödənirsə, onda yeni şərtin daxil edilməsi məqsədə uyğun deyil, çünki o artıq olacaq və optimal plana heç bir təsir göstərməyəcəkdir. Əks halda bu məhdudiyyət optimal planı dəyişdirəcək və onu modelə daxil edib, məsələni təkrar həll etmək lazımdır.

Tədqiqatın bu istiqaməti iqtisadi sistemin bilavasitə xarakterizə edən şərtləri modelə daxil edib, əhəmiyyətsiz şərtləri kənarlaşdırmağa imkan verir. Nəticədə modelin kompyuterdə həll müddəti əhəmiyyətli şəkildə azalır.

Nəticə

Magistr dissertasiyasında yerinə yetirilmiş nəzəri və praktik tədqiqatların nəticələri aşağıdakı kimi ümumiləşdirilmişdir:

1. Ümumdünya maliyyə böhranının fəsadlarının hələ də hiss olunduğu müasir dövrdə iqtisadi sistemlərin idarə edilməsi qarşısına idarəetmə qərarlarının alternativ qərarlar içərisində ən yaxşılardan yəni optimal qərarların olması tələbi qoyulur. Optimal idarəetmənin təmin edilməsinin ən etibarlı mexanizmi isə iqtisadi sistemlərin real şəraitə kifayət qədər adekvat olan iqtisadi-riyazi modellərinin qurulması və model eksperimentlərinin aparılmasıdır.
2. İqtisadi sistemlər üzrə optimal idarəetmə strategiyalarının qəbul edilməsi probleminin həllinin əsas mərhələləri olaraq problemin formalaşdırılması, modelin qurulması, onun optimal həllinin tapılması, həllin testləşdirilməsi, nəzarətin təşkili və əlverişli şəraitin yaradılması çıxış edir.
3. İRM-in optimal həllərinin tapılması optimal idarəetmənin yalnız statik təsvirini verir. Prosesə dinamiklik vermək üçün isə optimal həllin həssaslıq və dayanıqlılıq şərtləri tədqiq edilməlidir. Bu məqsədə qoşmalığ nəzəriyyəsindən və qoşma qiymətlərdən istifadə edilir.
4. Xətti optimallaşdırma modelinin X^* optimal həllinin həssaslığı dedikdə, modelin məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəflərinin funksionalın qiymətinin artması və ya azalmasına göstərdiyi təsir başa düşülür. Dayanıqlılıq dedikdə isə modelin məqsəd funksiyasının əmsallarının dəyişməsi halında tapılmış X^* optimal həllin dəyişməz qalması başa düşülür.
5. Qrafiki yanaşma əsasında dayanıqlılığın və həssaslığın interpretasiyası modelin həllər çoxbucaqlısını formalaşdıran məhdudiyyətlərin əlaqələndirici (fəal) və əlaqələndirici olmayan (passiv) məhdudiyyət şərtlərinə təsnifləşdirilməsi yolu ilə aparıla bilər. Bu yanaşma ehtiyatların dəyişməsi hədlərini müəyyən etməyə, ən əlverişli ehtiyatın seçilməsinə, funksionalın əmsallarının dəyişməsi hədlərini müəyyən etməyə və son nəticədə X^* optimal həllin həssaslıq və dayanıqlılıq şərtlərini müəyyən etməyə imkan verir.

6. Tədqiqat işində aqrofirmanın optimal istehsal proqramının müəyyən edilməsi probleminin iqtisadi qoyuluşu verilmiş və onun xətti iqtisadi riyazi modeli qurulmuşdur.

6.1. Qurulmuş model Excel proqramının əsasında fərdi kompüterdə həll edilmiş və aqrofirmaya maksimum mənfəəti təmin edəcək optimal strategiya tapılmışdır.

6.2. Sistemli yanaşma əsasında modelin optimal qoşma qiymətləri müəyyən edilmiş və bu qiymətlərin əsas xassələrinin köməyi ilə aqrofirmanın ehtiyatlarının və məhsullarının defisitliyi qiymətləndirilmiş, qoşma qiymətlərin dayanıqlılıq həddləri müəyyən edilmiş, modelin funksional təsirinin ölçüsü aşkar edilmiş, ehtiyat və məhsulların qarşılıqlı əvəzlənmə şərtləri kəmiyyətcə ifadə olunmuşdur.

6.3. Aqrofirmanın optimal davranışı modelinin ayrı-ayrı parametrlərinin dəyişməsi baxımından onun X^* optimal həllinin həssaslılığı və dayanıqlılığının həddləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, əgər X^* strategiyası bir çox parametrlərin dəyişməsinə qarşı dayanıqlı deyilsə, onda bu strategiyanın reallaşdırılması ilə bağlı risklər artır və gözlənilən optimumun əldə edilməsi imkanı azalır.

6.4. Dissertasiya işində aqrofirmanın X^* optimal davranış strategiyasının həssaslığı və dayanıqlılığı funksionalın bazis və qeyri-bazis dəyişənlərinin əmsallarının dəyişməsi baxımından, resursları üzrə məhdudiyyətlər vektorunun komponentlərinin dəyişməsi baxımından, bazisə əlavə dəyişənin daxil edilməsi baxımından, bazis dəyişənin qiymətinin dəyişməsi baxımından, texniki-iqtisadi əmsalların dəyişməsi baxımından, modelə yeni dəyişənin və məhdudiyyətin əlavə edilməsi baxımından qiymətləndirilmiş və alternativ optimal idarəetmə strategiyaları təklif olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Hacızalov Y. İ., Sadıqov Ş. M., İqtisadi sistemlərin riyazi modelləşdirilməsi. – Bakı, 2015
2. Hacızalov Y. İ., Kərimova Y. R., Hüseynova L. N. Ekonometrika. – Bakı, 2013
3. Hacızalov Y. İ., Zeynalov M. Y. İqtisadi kibernetika. – Bakı, 2012
4. Hacızalov Y. İ., Zeynalov M. Y. İdarəetmə sistemlərinin qurulması. – Bakı, 1995
5. Məmmədov M. İ., Mürəkkəb iqtisadi sistemlərin optimal idarə edilməsi. – Bakı, 2015
6. Əliyev A. H. Riyazi proqramlaşdırma. – Bakı, 2010
7. Musayev B. S., Hacızalov Y. İ. Ticarət-iqtisadi proseslərin modelləşdirilməsi. – Bakı, 1984.
8. Musayev B. S., Səmədzadə Ş. Ə. İqtisadi-riyazi üsullar. – Bakı, 1974.
9. Zeynalov M. Y. və başqaları. Planlaşdırmada riyazi üsullar və modellər. – Bakı, 1983
10. Əbdürrəhmanov S. M., Mirzəyev Ə. M. Riyazi proqramlaşdırma. – Bakı, 1983
11. Mirzəyev Ə. M., Əbdürrəhmanov S. M. Optimallaşdırma üsulları. – Bakı, 1984
12. Şabanov S. Ə. Excel paketində iqtisadi-riyazi modellərin həlli. – Bakı, 2007
13. Şıxəliyev N. Ş. İqtisadi-riyazi proqnozlaşdırma metodları. – Bakı, 2014.
14. Kundışeva Y. S. İqtisadiyyatda riyazi modelləşdirmə (rus dilindən tərcümə). – Bakı, 2009
15. Черняк Ю. Системный анализ в управлении экономикой. – М., 1975
16. Терехов Л. Л. Экономико-математические методы. – М., 1972
17. Лопатников Л. Н. Экономико-математический словарь. – М., 1987
18. Акулич Н. Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М., 1986
19. Колемаев В. Математическая экономика. – М., 2002
20. Шукин Е. В. Математические методы и модели в управлении. – М., 2002
21. Гранберг А. Моделирование экономики. – М., 1988
22. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М., 2002
23. Зайцев М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений. – М., 2007
24. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономичес-ких систем. М., 2001
25. Эддоус М., Стенсфилд Р. Методы принятия решений. – М., 1997
26. Малыхин В. И. Математика в экономике. – Москва, 2001