

Mürəkkəb çoxmərhələli texnoloji proseslərin idarə edilməsi məsələsinin riyazi qoyuluşu və alqoritmi

İnformatika və avtomatika

Məlikov E.A.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
E-mail: elchin03@mail.ru

Neft emalı və neft-kimya sənayesində informasiya qıtlığı şəraitində fəaliyyət göstərən çoxmərhələli qeyri-stasionar texnoloji sistemlərin idarə edilməsinin probleminə baxılmışdır. Analoji texnoloji sistemlərin qeyri-səlis idarəetmə məsələsinin həlli üçün qeyri-səlis modellər əsasında universal idarəetmə alqoritmi təklif olunur.

Açar sözlər: neft emalı, neft-kimya, qeyri-stasionar, çoxmərhələli proses, riyazi model, informasiya çatışmazlığı, idarəetmə alqoritmi.

Giriş

Neft emalı, neft-kimya və kimya sənayələrinə aid mürəkkəb texnoloji proseslərin həyata keçirilməsi üçün müxtəlif birləşmiş texnoloji sxemlərdən istifadə olunur. Burada istifadə edilən texnoloji sistemlərdə aparatların öz aralarında ardıcıl, paralel, ardıcıl-paralel və qarışıq texnoloji sxemlərdə birləşməsi mümkündür. Bu və ya digər texnoloji proseslərin aparılmasında istifadə edilən texnoloji sxemin seçilməsi həmin prosesin hansı sinfə məxsus olmasından asılıdır.

Müasir neft emalı və neft-kimya sənayesi sahələrində texnoloji proseslərin aparatlarının ardıcıl-paralel birləşməsi ilə həyata keçirilən mürəkkəb çoxmərhələli proseslərə olduqca tez-tez rast gəlinir. Bundan başqa, neftin təkrar emalı və neft-kimya texnoloji proseslərində emal dərinliyi artırmaq və lazımı keyfiyyətdə məqsədli məhsul istehsalını təmin etmək üçün müxtəlif tip texnoloji aparatlardan, məsələn reaktorlardan, sobalardan, rektifikasiya kolonlarından təşkil edilmiş qarışıq texnoloji sxemlərdən də geniş istifadə edilir. Belə proseslərin idarə edilməsi və optimallaşdırılması baxımından çətinliyi həll olunan məsələlərin riyazi ölçülərinin əksərən böyük olması ilə və texnoloji obyektlər arasındakı əlaqələrə dair informasiya çatışmazlığı ilə izah olunur [1, 2].

Bütün yuxarıda deyilənlər çoxmərhələli neft emalı və neft-kimya texnoloji sistemlərin idarəetmə məsələlərinin həlli üçün onların ayrılıqda elementlərin və bütövlükdə sistemin fəaliyyətini xarakterizə edə bilən adekvat riyazi modellərin işlənməsini mümkünsüz edir. Bu isə öz növbəsində, qoyulan məsələnin həlli üçün ənənəvi klassik idarəetmə nəzəriyyəsinin metodlarının tətbiqini çətinləşdirir (bəzən isə ümumiyyətlə, mümkün olmur) və baxılan real miqyasda avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərin qurulmasına yeni yanaşmaların tətbiqini tələb edir [3, 4].

Bu halda qeyd etmək lazımdır ki, hər bir elementin meyarı və məhdudiyət şərtləri qeyri-səlis verildiyi və sistemin vəziyyəti haqqında aprior informasiyanın həcmi riyazi modellərin işlənməsi üçün kifayət etmədiyi hallarda qeyri-səlis modellərin və idarəetmə alqoritmlərin işlənilməsi aktual məsələ kimi ortaya çıxır [5].

Təqdim etdiyimiz məqalədə informasiya qıtlığı şəraitində fəaliyyət göstərən çoxmərhələli qeyri-stasionar texnoloji sistemlərin idarə olunması üçün qeyri-səlis model və idarəetmə alqoritmlərinin işlənməsi məsələlərinə baxılır.

Məsələnin qoyuluşu

Qeyri-stasionar texnoloji proseslərin optimal idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi zamanı həll edilməsi tələb edilən istər optimallaşdırma və istərsə də optimal idarəetmə məsələləri riyazi qoyuluş baxımından əksər hallarda standart riyazi qoyuluşlardan kəskin sürətdə fərqlənir.

Tutaq ki, riyazi modelləri aşağıdakı şəkildə verilən tənliklərlə yazılan çoxmərhələli qeyri-stasionar texnoloji proses verilmişdir:

$$x_i^{k+1} = f_i^k(x_i^k, u_j^k), \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, m \quad (1)$$

burada f_i^k – qabaqcadan verilmiş funksiyadır ($f_i^k: X^k \times U^k \rightarrow U^{k+1}$).

Bundan başqa, tutaq ki, zamanın hər bir t_i ($i = 0, 1, \dots, n$) anında baxılan sistemin aid olduğu hər hansı bir k vəziyyətində onun koordinatlarının hər biri qabaqcadan verilmiş $X_i = [a_i, b_i]$ çoxluğuna daxildir. Bu halda hər bir t_i zaman anında idarəedici vektorların da qabaqcadan verilmiş qapalı çoxluğa daxil olduğu qəbul edilir: $U_j = [c_j, d_j]$. Bunlarla yanaşı, texnoloji obyektin vəziyyət dəyişənləri x_i -nin hər birinin keyfiyyət göstəricilərinin də $y_i \in Y = [e_i, g_i]$ ilə xarakterizə olunduğunu qəbul edək.

Bu şəkildə baxdığımız texnoloji obyektin idarəetmə məsələsinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, elə idarəedici parametrlərin təyin edilməsi tələb olunur ki, bu halda o, keyfiyyət göstəricilərinin qiyməti verilən tələbatlara cavab verməklə məqsəd funksiyasını xarakterizə edən meyarın optimal qiymətini təmin etmiş olsun.

Yuxarıda qeyd etdiklərimizi nəzərə alaraq, qoyulan məsələni həll etmək üçün əsas Azərbaycan alimi L.Zadə tərəfindən qoyulmuş qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinə istinad edək.

İndi isə, baxılan texnoloji obyektin idarəetmə məsələsinin həllini iki əsas mərhələyə ayıraraq. Birinci mərhələdə idarəetmə obyektinin keyfiyyət göstəricilərinin idarə edilməsi üçün məsələnin həllinə, ikinci mərhələdə isə istehsal edilən məqsədli məhsulların miqdarlarının maksimal olmasının təmin edilməsi məsələsinin həllinə baxaq.

Tutaq ki, baxdığımız texnoloji sistemin i -ci elementinə aid u_i idarəedici parametrlərə C_i qeyri-səlis məhdudiyət şərti qoyulmuşdur və bu məhdudiyət şərtlərinin hər biri $\mu_i(u_i)$ mənsubiyyət funksiyaları şəklində verilmişdir. Bununla yanaşı, qabaqcadan ehtimal edilir ki, X_n məqsəd funksiyasının mənsubiyyət funksiyası $\mu(X_n)$ şəklində verilən G_n^i çoxluğudur.

Fərz edək ki, sistemin vəziyyəti (1) tənliyi ilə yazılır, başlanğıc vəziyyət verilib (1), qeyri-səlis məhdudiyət $\mu_i(u_i)$ qeyri-səlis çoxluq G_n kimi verilmişdir. Onda, baxılan məsələnin həllinin mahiyyəti məqsəd funksiyasının maksimal qiymətini təmin edən $U^* = (u_1^*, \dots, u_n^*)$ həllinin təyin edilməsindən ibarətdir.

Aydındır ki, bunun üçün ilk növbədə baxılan çoxmərhələli texnoloji sistemin idarə edilməsini təmin edə biləcək belə idarəetmə strategiyasının mümkünlüyü aydınlaşdırılmalıdır.

Tam əmin olmaq lazımdır ki, belə idarəetmə mövcuddur. Ona görə həllin tapılması proseduru yerinə yetirək. Buna görə də həllin mövcudluğu təmin etmək üçün R.Bellman və L.Zadə tərəfindən aşağıdakı şəkildə təqdim edilən alqoritmdən istifadə edəcəyik. Alqoritm aşağıdakılardan ibarətdir. İlk növbədə rekurrent tənliklər sistemi verilir:

$$\eta_{n-k}(x_{n-k}) = \max(\mu_{n-k}(u_{n-k}) \wedge \eta_{n-k+1}(x_{n-k+1}))$$

$$x_{n-k+1} = f_{n-k}(x_{n-k}, u_{n-k+1}), \quad k=1, 2, \dots, n$$

Qoyduğumuz məsələnin həlli dinamik proqramlaşdırma metodunda olduğu kimi əks istiqamətdə, yəni, axırdan əvvələ doğru (iterasiya proseduru) yerinə yetirilir. Bu məsələnin həllində $\mu_{n-k}(u_{n-k})$ mənsubiyyət funksiyasının qiyməti aşağıdakı tənlikdən təyin olunur:

$$\mu(u) = \vee(\eta(y) \wedge R(y, u)), \quad (2)$$

burada

$$R(y, u) = \inf(\mu(u), \eta(y)).$$

İndi isə, tutaq ki, X_n çoxluğunda mənsubiyyət funksiyası $\eta_n(x_n)$ şəklində olan G_n qeyri-səlis çoxluğu verilmişdir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, (2) həllindən mənsubiyyət funksiyaları $\mu_k(u_k)$ olan qeyri-səlis C_k ($k = 1, 2, \dots, n-1$) məhdudiyət şərtlərini xarakterizə edən çoxluğu alınmışdır.

Onda, sonuncu tənliklər sisteminin həllindən u_{n-1} idarəetmə parametrlərini aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin etmək olar, yəni:

$$\eta_{n-1}(x_{n-1}) = \max(\mu_{n-1}(u_{n-1}) \wedge \mu_{n-k+1}(f_{n-1}, u_{n-1})),$$

Bu iterasiya prosesini $(n-1)$ dəfə təkrar etməklə $\eta_i(x_i)$ mənsubiyyət funksiyalarını və müvafiq u_i idarəetmələrini almış olarıq.

Həll üsulları

Yuxarıda qoyduğumuz qeyri-səlis idarəetmə məsələsini qeyri-səlis modellər əsasında həll etmək üçün özündə aşağıdakı mərhələləri birləşdirən idarəetmə alqoritm işlənmişdir.

İdarəetmə obyektinin elə giriş və çıxış parametrləri müəyyənləşdirilməlidir ki, baxılan texnoloji proses haqqında bu parametrlər tam informasiya almağa imkan versin.

Buna görə də birinci addımda çoxmərhələli idarəetmə obyektinin minimal sayda giriş x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) və çıxış u_j ($j = 1, 2, \dots, m$) koordinatları təyin edilir. Bu zaman bu parametrlərin sayı elə təyin olunmalıdır ki, onlar barəsində yığılmış informasiya texnoloji obyektin riyazi modelini və idarə edilməsini təmin edə bilsin. Bu məqsədlə bu parametrlərindən hər biri üçün linqvistik dəyişənlər qəbul edilir. Sonra, bu linqvistik dəyişənlərin hər biri üçün aşağıdakı şəkildə term-çoxluqlar təyin edilir:

$$\tilde{x}_i = \{a_{i1}, \dots, a_{ik}\}, \quad i=1, 2, \dots, n,$$

$$\tilde{u}_j = \{b_{j1}, \dots, b_{jl}\}, \quad j=1, 2, \dots, m.$$

Bu vəziyyətdə hər bir a_{ip} ($1 \leq i \leq n; 1 \leq p \leq k$) və b_{jd} ($1 \leq j \leq m; 1 \leq d \leq l$) müvafiq $\mu_{aip}(x_i)$ və $\eta_{bjd}(u_j)$ mənsubiyyət funksiyaları təyin olur.

İkinci addımda baxılan texnoloji obyektə giriş və çıxış parametrləri haqqında daxil olan cari informasiyadan istifadə etməklə term-çoxluqların linqvistik dəyişənlərinə əsasən obyektə baş verə biləcək bütün mümkün qədər situasiyaların yazılışı həyata keçirilir.

Linqvistik model (məntiq-linqvistik təsvir) hesab edilən bu yazılış aşağıdakı məntiqə (qaydaya) uyğundur [6]:

$$\text{if } \tilde{x} \text{ then } \tilde{u},$$

burada \tilde{x} – giriş parametrlərin; \tilde{u} – isə çıxış parametrlərinin linqvistik dəyişənləridir.

Məlumdur ki, hər bir linqvistik (məntiqi) qayda idarəetmə obyektində baş verən bir vəziyyətə uyğundur, yəni bir situasiyanı xarakterizə edir. Bu aşağıdakı şəkildə qeyri-səlis təsvirlə təqdim edilir:

$$f: \tilde{x} \rightarrow \tilde{u},$$

burada $\tilde{x} = \tilde{x}_1 \times \dots \times \tilde{x}_n$, $\tilde{u} = \tilde{u}_1 \times \dots \times \tilde{u}_m$.

Qeyri-səlis f təsvirinə əsasən aşağıdakı şəkildə qeyri-səlis münasibətlər matrisi qurulur:

$$R(x_1, \dots, x_n, u_1, \dots, u_m) = \inf(\mu_1(x_1), \dots, \mu_n(x_n), \eta_1(u_1), \dots, \eta_m(u_m)).$$

Üçüncü addımda qeyri-səlis altçoxluqlarının həllər çoxluğu təyin edilməsi aşağıdakı şəkildə təqdim olunan kompozisiya çıxarış qaydası ilə yazılır:

$$\eta_j(u_j) = \sup \inf(\mu_i(x_i), R_y(x_i, u_j)), \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, m.$$

Dördüncü addımda aşağıdakı rekurrent tənliklərə əsasən idarəedici parametrlərin təyin edilməsi yerinə yetirilir:

$$\mu_{n-1}(x_{n-1}) = \sup (\eta_{n-1}(u_{n-1}) \wedge \mu_{n-1}(f_{n-1}(x_{n-1}, u_{n-1}))).$$

Bu iterasiya prosesini $(n-1)$ dəfə təkrar edəndən sonra u_j qiymətinə uyğun $\eta_i(x_i)$ qiymətini alırıq.

Beşinci addımda alınan həllər bilavasitə idarə edilməsi məqsədilə baxılan texnoloji obyektinə göndərilir. Əgər bu həll qəbul ediləndirsə (kafidirsə) onda idarəetmə alqoritm başa çatmış (tamamlanmış) hesab edilir, əgər həll qeyri-kafidirsə, onda yenidən birinci mərhələyə qayıdılır.

Nəticə

Beləliklə, yuxarıda neft emalı və neft-kimya sənayesi sahələrində ilkin qeyri-səlis informasiya şəraitində fəaliyyət göstərən mürəkkəb qeyri-stasionar çoxmərhələli texnoloji proseslərin idarəetmə məsələsinə baxılmışdır. Qoyulan məsələ qeyri-səlis idarəetmə məsələsidir və onun həlli üçün təqdim edilən məqalədə qarışıq struktura malik çoxmərhələli texnoloji proseslər üçün qeyri-səlis modellər əsasında qurulmuş universal idarəetmə alqoritm işlənmişdir.

Ədəbiyyat

1. Əfəndiyev İ.R., Mustafayev İ.A., Musayev Ş.Ə. Öz-özünə sazlanan adaptiv idarəetmə sistemlərinin yaradılmasına dair. // Azərbaycan Hava Yolları Dövlət Konserni Milli Aviasiya Akademiyası Elmi Məcmuələr. – Bakı, 2002. – Cild 4, №3. – 64-71 səh.
2. Ибрагимов И.А., Эфендиев И.Р., Копысицкий В.Т. Методы оптимизации нестационарных реакторных комплексов в нечётко определенных ситуациях. / Доклады АН СССР. – 1991. – Том 317, №3. – С.680-683.
3. Эфендиев И.Р., Копысицкий В.Т., Меликов Э.А. Принципы построения самообучающихся систем автоматического управления сложными технологическими процессами в условиях дефицита информации. / Доклады АН СССР. – 1991. – Т.320, №6. – С.1424-1427.
4. Məlikov E.A., Məhərrəmovə T.M., Qurbanov Z.Q. Qeyri-stasionar neft məhsulların təmizlənməsi texnoloji proseslərinin optimal idarə olunması üçün modifikasiya edilmiş maksimumluq prinsipinin istifadəsi. // Ekoenergetika elmi-texniki jurnalı. – Bakı, 2011, №4. – Səh.55-59.
5. Гусейнов И.А., Курбанов З.Г., Меликов Э.А., Эфендиев А.И., Эфендиев И.Р. Управление нестационарными многостадийными процессами в нефтехимической промышленности. // Известия РАН. Теория и системы управления. – М., 2014, №4. – С.90-99.
6. Tanaka K., Wang H.O. Fuzzy Control Systems Analysis and Design: A Linear Matrix Inequality Approach. – N.Y.: Wiley, 2000. – Pp.22.

Резюме

Меликов Э.А.

Математическая постановка и алгоритм решения задачи управления сложными многостадийными технологическими процессами

Рассматривается проблема, связанная с управлением многостадийными нестационарными технологическими системами нефтепереработки и нефтехимии, функционирующими в условиях дефицита информации. Для решения нечёткой задачи управления такими технологическими системами на основе используемых нечётких моделей предлагается универсальный алгоритм управления ими.

Ключевые слова: нефтепереработка, нефтехимия, нестационарный, многостадийный процесс, математическая модель, неполнота информации, алгоритм управления.

Summary

Malikov E.A.

Mathematical statement and algorithm for solving the control problem of complex multistage technological processes

The problem associated with the control of multistage non-stationary technological systems of oil-refining and petrochemical industry, functioning in the information deficit conditions, has been considered. To solve the problem of fuzzy control such technology-based systems used fuzzy models, proposed universal algorithm for management.

Key words: oil-refining, petrochemistry, non-stationary, multistage process, mathematical model, fuzzy information, control algorithm.