

UOT 625.681.5

## BİR STOXAŞTİK İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN İMİTASIYA MODELİ HAQQINDA

ƏLİYEVƏ FİRUZƏ ALLAHQULU qızı

Bakı Dövlət Universiteti, müəllim

[f.aliyevainf@mail.ru](mailto:f.aliyevainf@mail.ru)

*Açar sözlər:* istehsalın planlaşdırılması, stoxastik optimallaşdırma, idarə təsirinə integral məhdudiyətli məsələ

Fasiləsiz axında həyata keçirilən istehsal proseslərinin əksəriyyətində cari istehsal gücünün azaldılması məhsulun keyfiyyətinin yüksəlməsi ilə müşayiət olunduğu bu sinif prosesəri mühüm bir cəhət kimi xarakterizə edir. Bunun bariz nümunəsini fasiləsiz olaraq həyata keçirilən motor yanacaqlarının kükürlü qatışıqlardan təmizlənməsində, yəni hidrotəmizləmə prosesində görmək olar. Xammal çox kükürlüdürsə, reaksiya mühitində (reaktorda) o çox qalmalı, yəni hidrotəmizləmə qurğusunun cari istehsal gücü müvəqqəti olaraq aşağı salınmalıdır [1-3].

İstehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində belə prosesərin geniş bir sinif təşkil etdiyini və bir qayda olaraq onların fəaliyyəti xarici təsir faktoru ilə bağlı olduğunu nəzərə alsaq, baxılan sinif obyektərin idarə olunmasında həyəcanlandırıcı faktordan asılı olaraq, cari istehsal gücünün təyin edilməsi üçün optimal strategiya axtarışının dolğun riyazi məsələ təşkil etdiyini aşkar görmək olur [4]. Bu strategiyanın müəyyən edilmə məsələsinin isə bir sıra texnoloji faktorlar ilə, o cümlədən verilmiş planlaşdırma periodu üçün maksimal keyfiyyət, normativ plan tapşırığı və xarici təsir faktorunun statistikasını ilə əlaqəli olduğunu görmək çətin deyildir. Bu sahədə elmi ədəbiyyatın təhlili birmənalı olaraq göstərir ki, qeyd olunan şərtlər daxilində riyazi əsaslandırılmış kompromis axtarışı məsələsinin xarici təsir faktorunun statistik göstəriciləri ilə əlaqəli tərtibi və həll metodunun işlənməsi bu günə qədər elmi ədəbiyyatda öz əksini tapmamışdır.

**Məsələnin qoyuluşu.** Fasiləsiz istehsal prosesləri üçün xarakterik olan bəzi planlaşdırma terminini və müvafiq işarələmələri qeyd edək:

- Cari zaman anı  $t \in (0, T)$  –yə qədər istehsal olunmuş məhsulun həcmi:  $-g(t)$ ;
- Cari istehsal gücü (qurğunun xammalla yükləndirilmə dərəcəsi, idarəedici parametrlər) –

$$u(t) = \frac{d}{dt} g(t); \quad u_1 \leq u \leq u_2 -$$

- planlaşdırma periodu,  $-(0, T]$ ;

- istehsal tapşırığı  $-G = g(T) = \int_0^T u(t) dt$  kimi işarə edilir.

Fərz edək ki, fasiləsiz istehsal prosesində məhsulun keyfiyyətini xarici həyəcanlandırıcı təsir və idarəetmə parametri ilə əlaqələndirən funksiya verilmişdir:

$$F = F(x, u) \quad (1)$$

Burada  $x$  – həyəcanlandırıcı təsir olub, məlum paylanma funksiyasına tabedir:

$$y = \varphi(x), \quad x \in (0, \infty).$$

Digər tərəfdən həyəcanlandırıcı təsir zamandan asılı olaraq dəyişir. Bu dəyişmə və maksimal keyfiyyət tələbi  $u(t)$  təsadüfi funksiyanın hər hansı bir realizasiyasının formalaşmasına səbəb olur:

$$u(t) = \arg \max_{\tilde{u} \in U} F[x(t), \tilde{u}] \quad (2)$$

Qəbul edirik ki,  $(0, T)$  intervalı kifayət qədər genişdir. Yəni  $T$  müddəti  $x(t)$ -nin avtokorelyasiya funksiyasının sönmə müddəti olan  $\tau$  - dan çox-çox böyükdü:  $T \gg \tau$ .

**Tələb olunur:** Verilmiş  $y = \varphi(x)$  paylanma funksiyasına uyğun elə idarəetmə strategiyası təyin edilməlidir ki, keyfiyyət göstəricisinin  $(0, T)$  intervalında hesablanmış riyazi gözləməsi maksimal qiymət almış olsun. Beləliklə, keyfiyyət kriterisi olaraq riyazi gözləmə qəbul edilir[5]:

$$E[F(x, u)] \rightarrow \max \quad (3)$$

Digər tərəfdən nəzərə alınmalıdır ki,  $(0, T)$  intervalında idarəetmə funksiyası üçün aşağıdakı inteqral məhdudiyət şərti gözlənilməlidir:

$$\int_0^T u(t) dt = G \quad (4)$$

(4) ifadəsi nailolma kriterisi kimi qəbul edilərsə, məsələ aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər: verilmiş  $\varphi(x)$  -yə uyğun elə  $u(t)$  idarəetmə strategiyası müəyyən edilməlidir ki, aşağıdakı genişlənmiş  $I$  - kriterisinin maksimumu əldə edilmiş olsun:

$$\begin{aligned} I_1 &= E[F(x, u)] \rightarrow \max \\ I_2 &= \left[ \int_0^T u(t) - G \right]^2 \rightarrow \min, \\ I &= \alpha I_1 - (1 - \alpha) I_2 \rightarrow \max; \alpha \in (0, 1) \end{aligned} \quad (5)$$

harada ki,  $I_1, I_2, I$  - uyğun olaraq keyfiyyət, nailolma və genişləndirilmiş optimallıq kriterilərini təşkil edirlər,  $\alpha$  - keyfiyyət və nailolma kriterilərinin çəki nisbətini müəyyən edir.

Daha çox əyaniliyi təmin etmək məqsədi ilə dikret zamana keçək:

$$t_n \in [0, T] \quad n = 1, 2, \dots, N$$

harada ki,  $\Delta t_n, N$  - uyğun olaraq zaman üzrə diskretləşirmə addımı və intervalın bölgülər sayıdır;  $h^{ke}, h^{na}$  - kriteriləri eyni miqyasa gətirmək üçün normallaşdırıcı əmsallardır.

Laqranj məhdudiyətləri "aradan qaldırma" prinsipini [6] əsas tutaraq aşağıdakı əks-rəbitə konstruksiyasını daxil edək:

$$u^{\max}(t_n) = \arg \max_{u \in U} \left[ F[\varphi^{-1}(y(t_n)), u] - \lambda(t_n) \left( u - \frac{G - \sum_{i=1}^{n-1} u^{\max}(t_i) \Delta t_i}{T - t_{n-1}} \right)^2 \right]; \quad (6)$$

harada ki,  $\varphi^{-1}(y(t_n))$  ilə tərs funksiya,  $\lambda(t_n)$  - ilə isə variasiya olunan Laqranj funksiyası ifadə edilmişdir.

Verilmiş  $\varphi(x)$  -ə uyğun elə  $\lambda(t_n)$  təyin etmək tələb olunur ki, optimallıq kriterisi maksimum qiymət almış olsun:

$$I^{opt}[\varphi(x)] = \max_{\lambda(t)} \left\{ \alpha h^{ke} \sum_{n=1}^N F[\varphi^{-1}(y), u^{\max}(t_n)] \Delta t_n - (1 - \alpha) h^{na} \left[ \sum_{n=1}^N u^{\max}(t_n) \Delta t_n - G \right]^2 \right\} \quad (7)$$

harada ki,  $u^{\max}(t_n)$  - funksiyası (6) ifadəsindən təyin olunur.

Qarşıya qoyulmuş stoxastik idarəetmə məsələsinin həll metodlarının təhlili göstərir ki, həllin ən effektiv yolu imitasiya modelləşdirilməsi istiqamətindədir.

Stoxastik prosesin statistik xarakteristikalarına hesablama eksperimenti metodları əsasında imitasiya yaxınlaşması və eksperimentlərin nəticələrinin avtomatlaşdırılmış qaydada təhlili naməlum  $\lambda(t_n)$  funksiyasının qurulmasına imkan verə bilər.

İmitasiya alqoritminin əsasını  $\varphi(x)$  paylanma funksiyasına malik təsadüfi  $x(t_n)$  funksiyasının generasiya edilməsi təşkil edir. Verilmiş paylanma funksiyasına malik təsadüfi ədədlər generatorunun yaradılması üçün ən geniş yayılmış üsul standart bərabər paylanma funksiyalı təsadüfi ədədlər generatorlarından istifadə etməyə əsaslanır. Bu zaman verilmiş paylanma funksiyasının tərsi yazılır. Əgər verilmiş funksiyanın tərsi birqiymətli deyildirsə, müvafiq çevrilmə intervalı hissələrə ayırma alqoritmində tərtib edilir.

Qeyd edək ki, (7) düsturunda  $h^{ke}$  və  $h^{na}$  çəki əmsalları aşağıdakı ifadə əsasında müəyyən edilmişdir:

$$h^{ke} = \left[ \begin{array}{c} \max_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) - \min_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) \end{array} \right]^{-1}$$

$$h^{na} = \left[ \begin{array}{c} \arg \max_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) - \arg \min_{\substack{x=E[X] \\ u_1 < u < u_2}} F(x, u) \end{array} \right]^{-2}$$

İmitsiya modelləşdirilməsi əsasında həyata keçirilən ədədi həll alqoritmində şək.1-də blok-sxem vasitəsi ilə verilmişdir. Alqoritm əsas blokları olaraq aşağıdakıları qeyd etmək olar:

1. Bu blokda axtarılan Laqranj funksiyası hissə-hissə xətti funksiya vasitəsilə approksimasiya olunaraq, 1296 variantda müqayisəyə təqdim olunur. Həmin Laqranj funksiyalar çoxluğunu zamana görə diskretləşdirmədə 6, funksiyanın qiymətinə görə diskretləşdirmədə isə 4 kvanta ayırmadan istifadə olunmuşdur. Hər variant  $\lambda_i(t_n); i = 1, 1296$  sintez olunmuşdan sonra zaman takt generatoru fəaliyyətə başlayır, hesablama prosesləri həyata keçirilir,  $n$  – sayda dövrü hesabatdan sonra genişləndirilmiş  $I$  kriterisinin qiyməti müəyyən olunur.

2. Bərabər uzunluğa malik diskret zaman ardıcılığı generasiya edilir.

3. Verilmiş paylanma sıxlıq funksiyasına müvafiq təsadüfi ədədlər ardıcılığı generasiya olunur.

4. Planlaşdırma periodunu əhatə edən  $N$ -saylı dövrü hesablama prosesi yaradılır.

5. Nailolma kriterisi hər taktı müstəqil olaraq hesablanır.

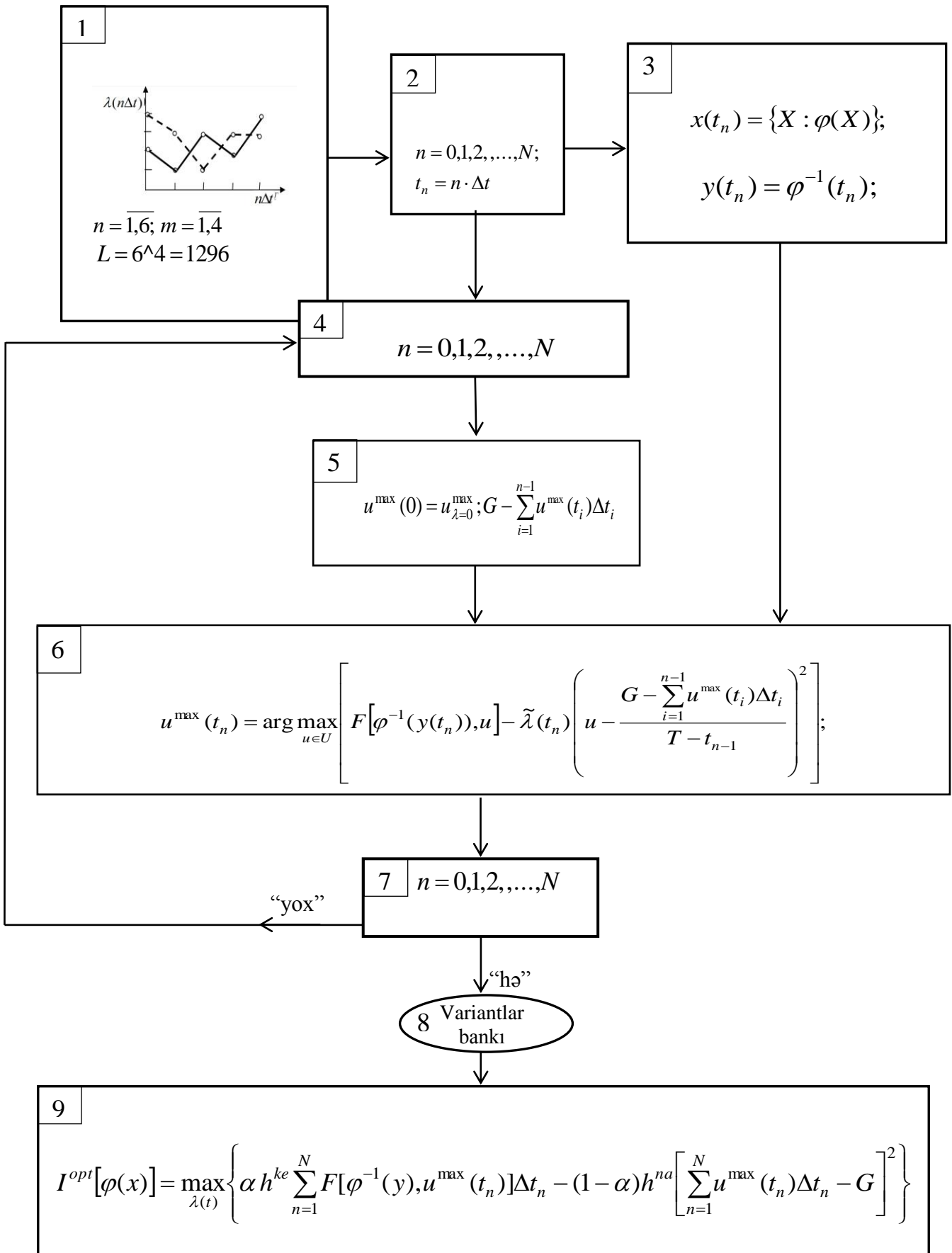
6. Cari variant Laqranj funksiyası  $\tilde{\lambda}(t_n)$  üçün  $t_n$  zaman anındakı maksimallaşdırıcı  $u^{\max}(t_n)$  hesablanır.

7. Dövrün sonu müəyyən edilir.

8. Hər variant  $\lambda(t_n)$  və onun üçün əldə olunmuş effektivlik kriterisinin qiyməti bankda saxlanılır.

9. Bankdan genişləndirilmiş optimallıq kriterisinin qiymətinə görə optimal variant seçilir.

Beləliklə, xarici təsir faktorunun paylanma funksiyası  $\varphi(x)$  –dən asılı olaraq optimal  $\lambda^{opt}(t_n)$  Laqranj funksiyası imitasiya alqoritmində əsasında təyin edildikdən sonra idarəetmə məsələsi zamanın ixtiyari anında (6) ifadəsinin maksimumunun təyin edilməsinə gətirilmiş olur. Qeyd edək ki, məsələnin həllində dəqiqliyi təyin edən əsas faktor yuxarıda qeyd edilmiş  $T \gg \tau$  şərtinin ödənilməsidir ki, məhz həmin şərt daxilində məsələnin həllinə statistik yanaşma özünü doğrulda bilər. Optimal Laqranj funksiyasının imitasiya modelləşdirilməsi ilə təyin edilmə alqoritmində aşağıdakı kimidir.



**Nəticə.** Ehtimalların paylanma funksiyası məlum olan xarici təsir faktorunun nəzərə alınması ilə cari istehsal sürətinin idarə olunma məsələsi stabilləşdirici Laqranj funksiyasını daxil edir. Bu funksiyanın təyin edilməsi üçün analitik çətinlik məsələnin imitasiya modelləşdirilməsi yolu ilə həllini xüsusilə effektiv etmiş olur. İmitasiya modeli iki əsas imitasiya blokunun fəaliyyəti əsasında qurulur ki, bunlardan biri verilmiş paylanma funksiyasına müvafiq təsadüfi kəmiyyətin generasiyasını, digəri isə Laqranj funksiyasının hissə-hissə xətti əvəzləməsinin generasiyasını və optimallıq şərtinin qiymətləndirilməsi bloklarını daxil edir. Təklif olunan alqoritm məqsəd funksiyasından və idarəetmə parametrlərinə qoyulan mövqə məhdudluğu şərtindən asılı olmayaraq eyni həcmdə hesablama resurslarından istifadəni nəzərdə tutur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiev H.A. Numerical Investigation of Oscillatory Modes of Chemical-Engineering Processes with Distributed Parameters Using Hydrofining of Motor Fuels as an Example.// Chemical and Petroleum Engineering. 2017, Springer Verlag, Vol. 53, № 7, pp. 216-222
2. Nagiev A.G., Aliyeva F.A., Nagiev H.A. Problem of Optimal Management of Resources of Industrial Production with Given Statistical Data of Disturbance Parameters// Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg , Vol.502, 2016, pp. 997-1007.
3. Nağıyev Ə.H., Əliyeva F.A., Nağıyev H.Ə. Ümumi istehsal həcminə görə cari istehsal intensivliyinin planlaşdırma periodu üzrə optimal bölüşdürülmə strategiyası haqqında. AMEA-nın Xəbərləri: İnformatika və idarəetmə problemləri seriyası. 2018, №6, s.41-47
4. Александров В.М. Оптимальное по расходу ресурсов управление линейными системами // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2011, №4, с.562-579
5. Острем К.Ю. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Мир, 1973, 324 с.
6. Гилл Ф., Мюррей У. Численные методы условной оптимизации. М.: Мир, 1977, 296 с.

### РЕЗЮМЕ

#### ОБ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОДНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

*Алиева Ф.А.*

**Ключевые слова:** планирование производства, стохастическая оптимизация, задача с интегральными ограничениями на управление.

Рассматривается стохастическая задача оптимального управления с условием выполнения производственного задания на выпуск продукции, качественный показатель которой зависит от некоторого случайного параметра сырья и обратно связан с производительностью установки. Ставится задача определения оптимальной стратегии управления текущей производительностью, обеспечивающей максимизацию среднего качества продукции и учитывающей функцию распределения вероятности случайного фактора – качества сырья. Задача решается на основе метода имитационного моделирования. Приводится блок-схема имитационного алгоритма.

### SUMMARY

#### ON A SIMULATION MODEL OF A SINGLE STOCHASTIC CONTROL PROBLEM

*Aliyeva F.A.*

**Key words:** production planning, stochastic optimization, a problem with integral constraints on control.

The stochastic optimal control problem is considered with the condition of fulfillment of the production task for output, the quality indicator of which depends on some random parameter of the raw material and is inversely related to the capacity of the installation. The task is to determine the optimal strategy for managing current productivity, maximizing the average product quality and taking into account the probability distribution function of a random factor - the quality of raw materials. The problem is solved on the basis of the simulation method. The block diagram of the simulation algorithm is given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.07.2019
	Son variant	25.09.2019