

# **NOANIQLIKLAR SHAROITIDAGI KO'P PARAMETRLI OBYEKTЛАRNI MODELLASHTIRISH**

**Mohira Raxmatiloyevna PO'LOTOVA**

o'qituvchi

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash instituti”

Milliy tadqiqot universiteti Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti

Buxoro, O'zbekiston

mohirapr@gmail.com

## **Annotatsiya**

Ushbu maqolada g'layonlar ta'siridagi texnologik jarayonlarni xavfsiz boshqarish samaradorligini oshirish uchun eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) va regressiya usullaridan foydalanilgan holda texnologik obyektning bashoratli modellarini qurish usullari taxlil qilingan. Regressiya modellari asosida ishlab chiqilgan mahsulot sifatining bashoratli boshqaruv modellarini yaratishga ilmiy asoslar keltirilgan. Olingan natijalar bashoratli modellarni qurish regressiyali modellashtirish usullarini tanlashning mavjud usullariga zid emasligi ko'rsatilgan.

**Tayanch so'zlar:** g'layon, obyekt, bashoratlovchi model, regressiya, eng kichik kvadratlar usuli, murakkab texnologik jarayon, taxlil, nazorat, qaror qabul qilish.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

**Мохира Рахматиллоевна ПУЛОТОВА**

преподаватель

Бухарский институт управления природными ресурсами Национального

исследовательского университета "Ташкенцкий институт инженеров

ирригации и механизации сельского хозяйства"

Бухара, Узбекистан

mohirapr@gmail.com

## **Аннотация**

В данной статье освещаются методы построения прогностических моделей технологического объекта с использованием метода наименьших квадратов (МНК) и регрессионных методов для повышения эффективности ненадлежащего контроля технологических процессов, подверженных потрясениям. Приведены научные обоснования создания прогностических моделей контроля качества продукции, разработанных на основе регрессионных моделей. Показано, что полученные результаты не противоречат существующим методам выбора методов регрессионного моделирования для построения прогностических моделей.

**Ключевые слова:** отклонения, объект, прогностическая модель, регрессия, метод наименьших квадратов, сложный технологический процесс, оценка, контроль, принятие решений.

Hozirgi vaqtda iqtisodiyot neft va gaz sanoatini qayta qurish, neft-kimyo va kimyo ishlab chiqarishni rivojlantirish, shuningdek, murakkab va energiya talab qiladigan texnologik jarayonlardan foydalanishga asoslangan innovatsion rivojlanishga intilmoqda. Ko'p bosqichli va murakkab jarayonlar bilan ajralib turadigan bunday ishlab chiqarish obyektlarini boshqarish real sharoitlarga mos keladigan matematik modellarning, shuningdek samarali avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining mavjudligini talab qiladi. Bu ishlab chiqarishning turli bosqichlarida texnologik jarayonlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik, ko'p sonli parametrlar va sharoitlarning o'zgaruvchanligi tufayli qiyin vazifadir [1;2]. Bunday ko'p bosqichli va murakkab jarayonlar toifasiga formalin ishlab chiqarish texnologik jarayonlari kiradi [3].

Ko'p bosqichli ishlab chiqarishdagi ko'p parametrlil texnologik jarayonlarni boshqarish tizimini takomillashtirish uchun ba'zi boshqaruv tizimlarida texnologik jarayonning holatini o'zgarish tendensiyalarini bir qator parametrlar bo'yicha kuzatib borish va mumkin bo'lgan og'ishlarni bashorat qilish imkonini beradigan prognozlash funksiyalarini qo'shish taklif etilgan va amalga oshirilgan [4].

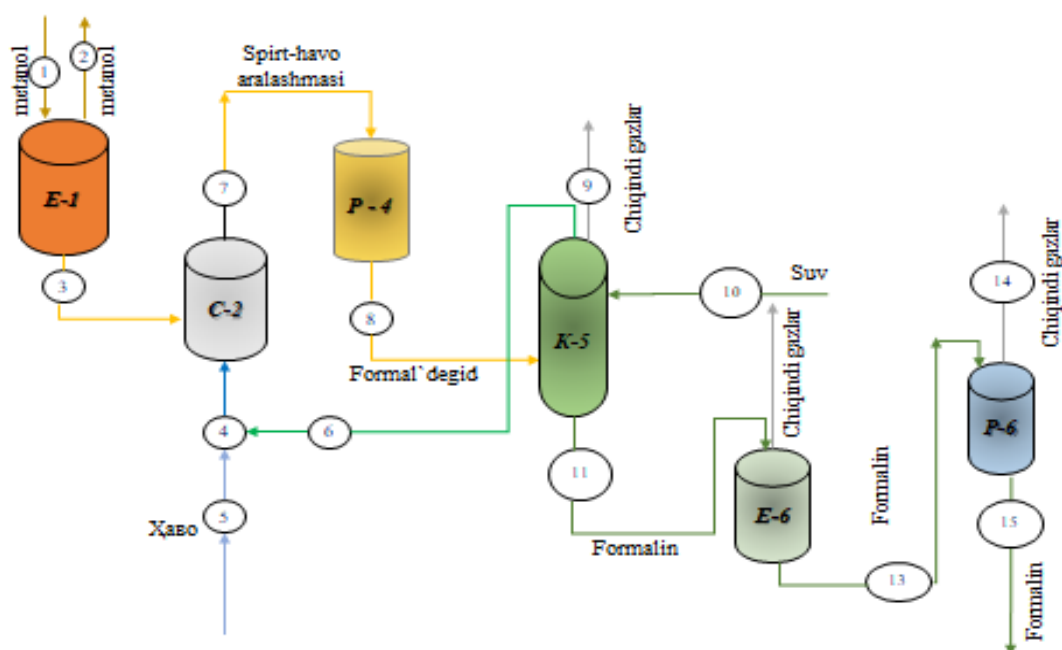
Prognozlash va modellashtirish usullari dispetcherlik boshqaruvini qo'llab-quvvatlash uchun ishlatiladi. Ishlab chiqarish rejimining prognozli hisob-kitoblari natijalarini kuzatish qobiliyati dispetcherga joriy rejim tendensiyalarini baholash va mumkin bo'lgan boshqaruv xatolarini minimallashtirish bilan birga, ularni o'z vaqtida tuzatish choralarini ko'rish imkonini beradi.

Ko'p parametrlil jarayon – formalin ishlab chiqarish uchun formalin konsentratsiyasini bashoratlash va ushbu ko'rsatkichga nisbatan optimal boshqarish modellarini ishlab chiqishda o'ziga xos mexanizmdan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Mazkur matematik modelni qurishda formalin ishlab chiqarish jarayonining turli bosqichlari hamda turli qismli texnologik jarayonlarining modellashtirish algoritmlari bo'yicha tahlil o'tkaziladi. Bizningcha mazkur holatda ishlab chiqarish jarayonini ma'lum bir bosqichlarga ajratish, shu bosqichlar bo'yicha modellashtirish mexanizmlarini sintezlash yordamida optimal tanlovni amalga

oshirish mumkin [6, 9, 10].

Texnologik obyektning matematik modeli – bu o‘rganilayotgan obyektning tadqiqotchi (muhandis)ni qiziqtirgan xususiyatlarini yetarli darajada aks ettiruvchi matematik obyektlar va ular orasidagi munosabatlar yig‘indisidir. Qora quti modellarini yaratish eksperimental ma’lumotlardan intensiv foydalanishni o‘z ichiga oladi. Texnologik tizimlarning rasmiylashtirilgan tavsifi modelga yaqinlashuvchi taxminlar asosida amalga oshiriladi. Matematik yaqinlashish vositasi sifatida eng kichik kvadratlar usuli qo‘llaniladi.



**1-rasm. Formalin ishlab chiqarishining texnologik sxemasi.**

1–metanol xomashyosini qabul qilish; 2–qaytgan metanolni chiqarish; 3–metanolni spirt bug‘latgichga fil‘trlash orqali uzatish; 4,6–dut‘yo, 5–havo ta‘hiri, 7–spirt-havo aralashmasi; 8–formal‘degid; 9,12,14–zararsizlantirilgan chiqindi gazlar; 11,13–kuchsiz formalin; 15–tayyor formalin; E1–metanol yig‘ish rezervuari; S-2–spirt-bug‘ aralashtirgich; R-4–kontakt apparati (reaktor); K-5–formal‘degid va suv to‘yinish kolonnasi (absorbsion kolonna); E6–formalin yig‘ish rezervuari; P6–formalin sifatini standartlashtiruvchi reaktor;

Formalin ishlab chiqarish jarayoni uchun keltirilgan barcha omillar hamda texnologik jarayonlarni borishiga ta‘sir qiluvchi g‘layonlar ta‘sirini inobatga olgan holda talab qilingan sifatga (konsentratsiyaga) ega bo‘lgan formalinni ishlab chiqarish jarayonini umumlashgan matematik modelini quyidagi ko‘rinishda ifodalaymiz:

$$FC_k = \widehat{FC}(I_k, U_k, \varepsilon(\varphi)) + e \quad (1)$$

Bu yerda umumlashgan matematik modelning elementlari sifatida quyidagi o'zgaruvchilar tasvirlangan:  $k$  – texnologik jarayonning takti,  $I_k$  –  $k$ -taktdagi texnologik jarayonlar bilan bevosita bog'liq bo'lgan asosiy texnologik omillar to'plami,  $U_k$  –  $k$ -taktdagi boshqaruv ta'sirlari to'plami,  $\varepsilon$  – g'layonlarning funksiyasi,  $\varphi$  – g'layon omillarini ta'siri sinergiyasida eng yuqori ulushga ega bo'lgan omillar (asosiy g'layonlar),  $e$  – modelning xatoligi.

(1) empirik modelga texnologik jarayonda ishtirok etayotgan va konseptual model tarkibiga kiritilgan omillarning (parametrlarning) qiymatlarini qo'yib, bu modelni quyidagicha ko'rinishda yozib olamiz:

$$\begin{aligned} \widehat{FC}_k = & 41801,6 + 0,5242 \cdot \varepsilon_1(\varphi) + 0,111 \cdot MC_k - 0,014 \cdot AC_k + \\ & -0,1578 \cdot WC_k + 1,3088 \cdot TK_k - 21355 \cdot U_{1k} - 591,348 \cdot U_{2k} \end{aligned} \quad (2)$$

Ushbu modelni parametrlari bo'yicha o'tkazilgan regression tahlil natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

Jadvaldagi ma'lumotlardan (2) model uchun adekvatlik shartlari bajarilishini ko'rish mumkin. Haqiqatan, model aniqligi uchun determinatsiya koeffitsiyenti 0,795 ga teng bo'lib, natijaviy kattalikning 80 foizlik dispersiyasi regressiya tenglamasidan kelib chiqadi. Muhimlik darajasi  $\alpha = 0,05$  ahamiyatlilik darajasidagi erkinlik darajalari soni  $\nu = 99$  bo'lganda  $z$ -statistikaning jadval qiymati 1,986 ga teng ekanligini hisobga olib, omillarning tasodifiylik xususiyatiga nisbatan ularning noldan ahamiyatsiz chetlanish gipotezasi asosida model koeffitsiyentlarining ahamiyatligi (qiymatlari) tahlil qilinganda spirt-havo aralashmasidagi spirtni konsentratsiyasi AAM (alcohol-air mixture concentration) AWM, reaktor zonasidagi o'rtacha harorat RT (average temperature in the reatstor zone), reaktorda ajralib chiqadigan reaktiv gaz harorati RGT (the temperature of the reatstant gas released in the reatstor) va suv sarfi WTS (water sonsumption) o'zgaruvchilari oldidagi koeffitsiyentlarning qiymatlari ularning qiymatlarini tasodifiy xatosi bilan taqqoslash mezoniga ko'ra ahamiyatsiz bo'lib qoladi.

1-jadval

**G'layonlar ta'siridagi formalin ishlab chiqarish jarayoni (1) empirik modelining  
parametrlari va adekvatlik ko'rsatkichlari**

|                                      | Koeffitsiyent | St. xatolik             | z-taqsimot  | P-qiymat |     |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------|----------|-----|
| const                                | 41801,6       | 1,92106                 | 2,176e+004  | <0,0001  | *** |
| theta_1                              | 0,524209      | 0,0748726               | 7,001       | <0,0001  | *** |
| MC                                   | 0,110538      | 0,0209762               | 5,270       | <0,0001  | *** |
| AC                                   | -0,0139735    | 0,00126814              | -11,02      | <0,0001  | *** |
| AWM                                  | 0,104697      | 0,212490                | 0,4927      | 0,6222   |     |
| RT                                   | -0,0130613    | 0,0282119               | -0,4630     | 0,6434   |     |
| RGT                                  | 0,0494895     | 0,0330736               | 1,496       | 0,1346   |     |
| WC                                   | -0,157795     | 0,0201464               | -7,832      | <0,0001  | *** |
| TK                                   | 1,30877       | 0,155530                | 8,415       | <0,0001  | *** |
| U1                                   | -21355,0      | 0,981392                | -2,176e+004 | <0,0001  | *** |
| U2                                   | -591,348      | 100,796                 | -5,867      | <0,0001  | *** |
| Endogen oʻrtachasi                   | 39,36347      | Endogen standart xatosi |             | 1,230875 |     |
| R-kvadrat                            | 0,794594      | Tekislangan R-kvadrat   |             | 0,775730 |     |
| Qoldiqlar standart xatosi = 0,795759 |               |                         |             |          |     |

2-jadval

**G'layonlar ta'siridagi formalin ishlab chiqarish jarayoni empirik modelining  
parametrlari va adekvatlik ko'rsatkichlari (2-model)**

|                                      | Koeffitsiyent | St. xatolik             | z-taqsimot  | P-qiymat |     |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------|----------|-----|
| const                                | 11911,6       | 0,605470                | 1,967e+004  | <0,0001  | *** |
| theta_1                              | 0,549247      | 0,0710610               | 7,729       | <0,0001  | *** |
| MC                                   | 0,0632040     | 0,0109931               | 5,749       | <0,0001  | *** |
| AC                                   | −0,00561833   | 0,00102530              | −5,480      | <0,0001  | *** |
| WC                                   | −0,0717907    | 0,0145436               | −4,936      | <0,0001  | *** |
| TK                                   | 0,477413      | 0,103555                | 4,610       | <0,0001  | *** |
| U1                                   | −6074,26      | 0,308866                | −1,967e+004 | <0,0001  | *** |
| U2                                   | −371,553      | 64,2216                 | −5,785      | <0,0001  | *** |
| Endogen oʻrtachasi                   | 39,36347      | Endogen standart xatosi |             | 1,230875 |     |
| R-kvadrat                            | 0,839219      | Tekislangan R-kvadrat   |             | 0,824453 |     |
| Qoldiqlar standart xatosi = 0,789828 |               |                         |             |          |     |

(1) model tarkibidan sinergiya ulushi kichik o'zgaruvchilarni chiqarib yuborgan holda, regression tahlilni qayta o'tkazamiz. Tahlil natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

(1) ko‘rinishdagi empirik modeldagi o‘zgaruvchilarning 2-jadvaldagi mos koeffitsiyentlarini o‘rniga qo‘yib, quyidagi ko‘rinishdagi, ya’ni (1) dan farq qiluvchi boshqa parametrlarga ega bo‘lgan modelni olamiz:

$$FC_k = 11911,6 + 0,5492 \cdot \varepsilon_2(\varphi) + 0,0632 \cdot MC_k - 0,0056 \cdot AC_k + \\ -0,0718 \cdot WC_k + 0,4774 \cdot TK_k - 6074,26 \cdot U_{1k} - 371,553 \cdot U_{2k} \quad (3)$$

Ushbu yangidan tuzilgan (3) model (1) modelga monandlik (adekvatlik) talablarini to‘liq qanoatlantiradi. Haqiqatan ham, 3-jadvalda keltirilgan har ikkala model bo‘yicha hisoblangan og‘ishlarning miqdoriga e’tibor berilsa, o‘rtacha kvadratik ildiz xatoligi – RMSE (Root Mean Square Error) testi mos ravishda – 0,79 ga, o‘rtacha absolyut xatolik – MAE (Mean Absolute Error) testi 0,64 ga, o‘rtacha nisbiy xatoligi – MPE (Mean Percentage Error) testi – 0,05 ga, o‘rtacha absolyut-nisbiy xatoligi – MAPE (Mean Absolute Percentage Error) testi 1,63 ga, (Theil’s U) testi 1,15 ga teng. Bu yerda approksimatsiya xatoligi har ikkala model uchun 1,7 dan yuqori emasligi muhim jihatdir, ya’ni  $\sigma_1 \approx 1,63$ ,  $\sigma_2 \approx 1,64$ .

Har bir kuzatuv bo‘yicha nisbiy og‘ishlardan modelning sifati haqida umumiy fikrga ega bo‘lish uchun o‘rtacha approksimatsiya xatoligini oddiy o‘rtacha arifmetik xato sifatida quyidagicha aniqlanadi:

$$A = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%$$

5-7% oralig‘idagi approksimatsiya xatoligi modelning dastlabki ma’lumotlarga yaxshi mos kelishini (tanlangaligini) ko‘rsatadi. Odatda approksimatsiya xatoligini, ya’ni A ni qiymatlarining ruxsat etilgan chegarasi 8–10% dan oshmaydi (8–15% ruxsat etiladi) [7].

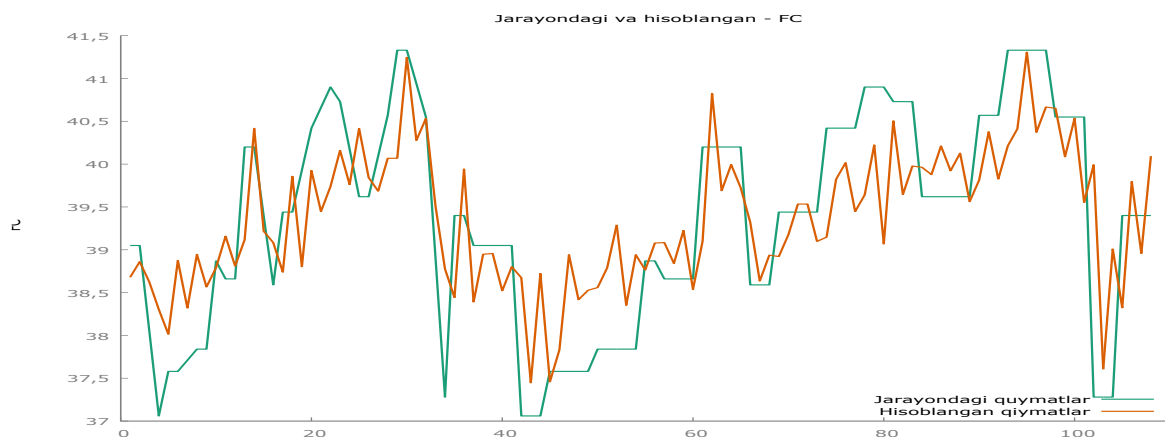
Mazkur xatoliklar o‘rtasidagi farq 5–7 foiz bo‘lganda model yaxshi, 8–10 foiz bo‘lganda esa qoniqarli deb hisoblanadi. Ba’zan o‘rganilayotgan obyektni murakkablik tabiatidan kelib chiqib, bu farqni 15 foizgacha kengaytirishlar ham kuzatiladi [7]. Barcha xatolik turlari bo‘yicha hisoblash natijalari quyidagi 3-jadvalda keltirilgan.

**G'layon ta'siridagi noaniqlik sharoitida formalin ishlab chiqarish ko'p parametrl  
jarayon uchun tuzilgan modellarning xatolik ko'rsatkichlari**

| <b>Modelning chetlanish turlari</b>     | <b>1-model</b> | <b>2-model</b> |
|-----------------------------------------|----------------|----------------|
| O'rtacha xato (ME)                      | -0,0010336     | -0,0013114     |
| O'rtacha kvadrat xatoning ildizi (RMSE) | 0,79576        | 0,78983        |
| O'rtacha absolyut xato (MAE)            | 0,63759        | 0,64228        |
| O'rtacha foiz xatosi (MPE)              | -0,052149      | -0,053743      |
| O'rtacha absolyut foiz xatosi (MAPE)    | 1,6286         | 1,641          |
| U- Teyla statistikasi (Theil's U)       | 1,1548         | 1,1469         |

Bizningcha ko'p parametrl texnologik jarayonlarni modellashtirishda har bir parametr hal qiluvchi omil xususiyatiga ega bo'lishi ehtimoli yuqoridagi yondoshuvning tor chegarali tadqiqot usuli ekanligini asoslaydi. Haqiqatan ham, obyektни identifikatsiyalash bosqichida har bir parametрни tanlanishi bo'yicha qabul qilingan gipotezalar model identifikatsiyasi uchun mutlaqo ahamiyatsiz bo'lib qoladi. Bu esa yuqoridagi yondoshuvning, tajribasiz tadqiqotchi tomonidan model va obyekt uchun quriladigan identifikatsiyalash masalalasining bir xil mazmunda qabul qilinishiga sabab bo'lishi mumkin. Ushbu aksiomatik mulohazalar modellashtirish jarayonida keng ko'lamli adekvatlik mezonlariga tayanish muhimligini ta'kidlaydi.

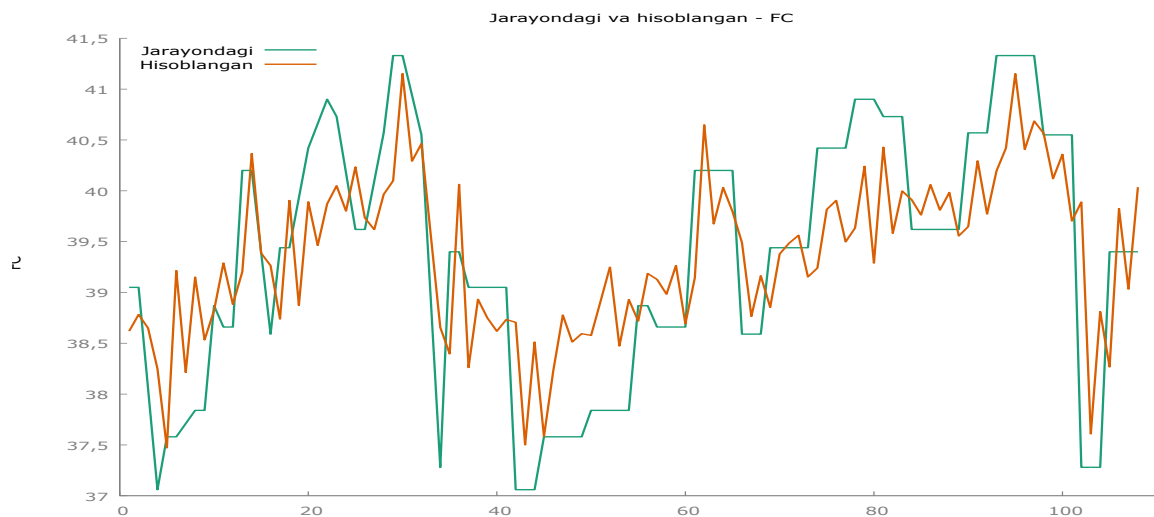
G'layonlar ta'siridagi formalin ishlab chiqarishning texnologik jarayoni uchun qurilgan empirik model qiymatlarining grafigi quyidagi 1a,b rasmlarda keltirilgan.



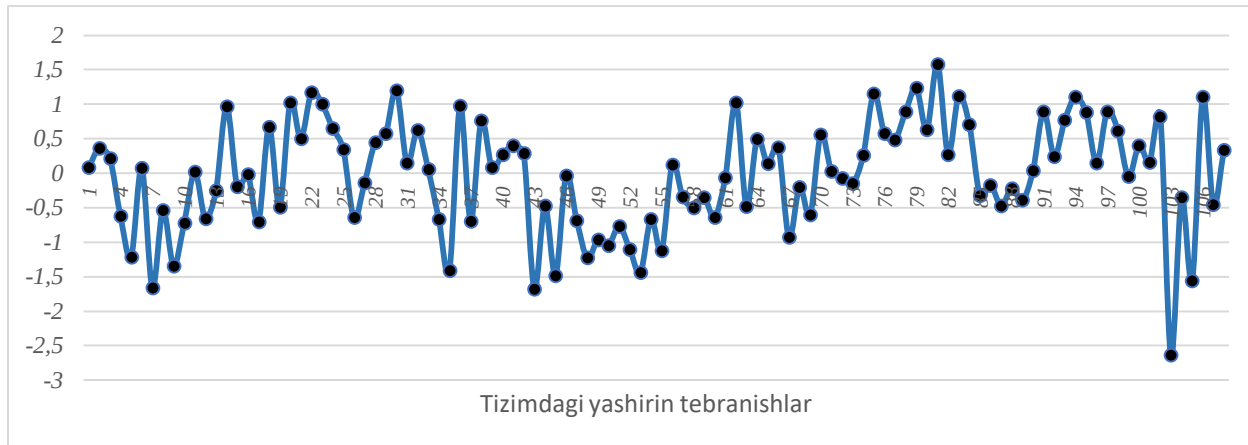
**1a-rasm. (2)-model qiymatlarining grafigi.**

Yuqoridagi adekvat modellardan foydalanish amaliyoti g'layon ta'sirini

baholash imkonini beruvchi javob funksiyalarini tuzishni talab etishi tabiiy hol bo'lib, bu yerda u asosiy vazifalardan biri hisoblanadi. Shu sababli tizimdagi yashirin tebranishlarni omillar bo'yicha baholash uchun quyidagicha tahlilni o'tkazamiz. Buning uchun dastlab g'layon omilining (tizimdagi yashirin tebranishlarni) o'zgarish grafigini quramiz (2-rasm).



**1b-rasm. (3)-model qiymatlarining grafigi.**



**2-rasm. G'layon komponentining tanlangan boshqaruv reglamentidagi o'zgarish qiymatlari.**

Xulosa qilib aytganda, hozirgi vaqtda formalin ishlab chiqarishda formalin konsentratsiyasi (ishlab chiqarilgan mahsulot) sifati laboratoriya usulida aniqlanadi, bu qiymat, murakkab jarayon va uzoq vaqt talab etadi. Ushbu hujjatda texnologik jarayonlarni xavfsiz boshqarish samaradorligini oshirish maqsadida eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) va regressiyadan foydalangan holda sanoat texnologik obyektining bashoratli modellarini qurish usullari tahlil qilindi.



Регрессиya modellari asosida ishlab chiqarilgan mahsulot sifatining bashoratli modellarini qurishda yondashuv qo'llaniladi. Olingan natijalarda bashoratli modellarni qurish uchun regressiya modellashtirish usullarini tanlashning mavjud usullariga zid emasligi ko'rsatildi. Formalinning ko'p bosqichli va ko'p o'lchovli uzluksiz texnologik jarayonlarini tezkor boshqarish bo'yicha qarorlarni qabul qilish uchun bashoratli modelni qurishga yondashuv tasvirlandi.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:**

1. Арифжонов А.Ш., Набиев О.М. Ноаниқлик шароитида динамик объектларни бошқариш ва бошқариш хусусиятлари: Мақолалар тўплами. Кибернетика бўйича саволлар. 166-сон. – Тошкент, 2003. – Б. 28-34.
2. Арифжонов А.Ш. Ноаниқлик шароитида назорат ва бошқарувнинг хусусиятлари: Саноатни автоматлаштириш учун интеллектуал тизимлар бўйича учинчи Жаҳон конференцияси материаллари (WTCIS-2004). – Германия: Кауферинг, 2004. – pp.170-174.
3. Мусаев АА Виртуал анализаторлар: конструкция тушунчаси ва узлуksиз жараёни бошқариш вазифаларида қўллаш //Саноатда автоматлаштириш, 2003. – Но 8. – Б.1-2.
4. Пўлотова М.Р. Кўп параметрли технологик жараёнларни бошқаришда дискрет параметрик моделлар. //ЎЗА Илм-фан бўлими (электрон журнал), №06 (44). – Б.128-б.
5. Пўлотова М.Р., Жўраев У.Ю., Норкулов И.О., Рустамов Ш.С., Сапарбоев Р.Қ. Тизимларни моделлаштириш ва маълумотларни таҳлил қилишда labviyew дастури имкониятлари //Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси, 2021.
6. Пўлотова М.Р. Кимёвий жараёнларни автоматлаштиришда интеллектуал бошқарув таҳлил ва моделлар // Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве, 2020. – С. 455-458.

7. Pulotova M.R., Muzaffarova G.O. Analysis of Forecasting Methods and Models. Eurasian Journal of Engineering and Technology, 7, 24–28. Retrieved from 2022. <https://geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/1620>

8. Pulotova M., Jorayev, U., Norqulov, I., & Rustamov, S. (2021). Analysis of the production process of formalin on the example of jsc «Navoiyazot». Cbornik naukovix prats' scientia.

9. Pulotova, M.R. (2014). The data and methods of the general scientific methodology used in the preparation and adoption of managerial decisions in problematic production situations. The Way of Science, 30.

10. Arifjanov A.Sh., & Pulotova M.R., Problem, Analysis of Forecasting Methods and Models. Central asian journal of mathematical theory and computer sciences, (2022). 3(5), 84-89.