

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASHI**

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI**

ABLAZOVA KAMOLA SAXIBOVNA

**NORMAL TAQSIMOT VA NAZORAT KARTALAR ASOSIDA
TEXNOLOGIK JARAYONLARNI STABILLIGINI MODELLASHTIRISH**

05.01.07 — Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmui

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Ablazova Kamola Saxibovna

Normal taqsimot va nazorat kartalar asosida texnologik jarayonlarni stabilligini modellashtirish.....5

Аблазова Камола Сахибовна

Моделирование стабильности технологических процессов на основе нормального распределения и контрольных карт21

Ablazova Kamola Saxibovna

Modeling the stability of technological processes based on normal distribution and control charts..... 41

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 45

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'YI INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASHI**

**ZAHIRIDDIN MUHAMMAD BOBUR NOMIDAGI ANDIJON DAVLAT
UNIVERSITETI**

ABLAZOVA KAMOLA SAXIBOVNA

**NORMAL TAQSIMOT VA NAZORAT KARTALAR ASOSIDA
TEXNOLOGIK JARAYONLARNI STABILLIGINI MODELLASHTIRISH**

05.01.07 — Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmui

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/T3646 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Zahiriddin Muhammad Bobur nomidagi Andijon davlat universitetida bajarilgan. Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.airi.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Axmedov Soxibjon Akbarovich**
fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar: **Raxmonov Zafar Ravshanovich**
fizika-matematika fanlari doktori, dotsent

Muradov Farrux Abdukaxarovich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), katta ilmiy xodim

Yetakchi tashkilot: **Toshkent davlat transport universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti huzuridagi DSc13/30.12.2021.T.142.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «27» 12 soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100125, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. tel.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

Dissertatsiya bilan Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (51- raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100125, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. tel.: (99871) 263-41-98).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «15» dekabr kuni tarqatildi.
(2024 yil «10» dekabr dagi 19-raqamli reestr bayonnomasi)



N.Ravshanov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, texnika fanlari doktori, professor

F.M.Nuraliyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari doktori, professor

E.Sh.Nazirova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa fan doktori (Phd) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda bugungi kunda texnologik jarayonning stabilligini ta'minlash bilan mahsulotlar sifatini oshirish ilmiy va amaliy ahamiyatga molik vazifalardan hisoblanadi. Ushbu keng faoliyatli sohaning amaliy muammolarini hal qilish uchun mo'ljallangan matematik modellar, sonli algoritmlar va dasturiy vositalarni ishlab chiqish dolzarb masala hisoblanadi. Bunday masalalar bilan dunyoning sanoati rivojlangan mamlakatlarda, shu jumladan AQSh, Yaponiya, Xitoy, Germaniya, Koreya, Buyuk Britaniya, Rossiya Federatsiyasi va boshqa mamlakatlarning ilmiy–texnik hodimlari dolzarb ahamiyatga ega masalalar sifatida shug'ullanib kelmoqda.

Dunyoda rivojlangan korxonalarda ko'p sonli bir jinsli mahsulotlar ishlab chiqariladi. Bunday mahsulotlarning sifatini oshirishga qaratilgan texnologik jarayonning stabilligini aniqlashning bir qancha nazariy va amaliy modellari yaratilgan. Hozirda texnologik jarayonlarning stabilligini o'rganishning nazorat kartalar modelini takomillashtirish, sonli algoritmlar va dasturiy vositalarni ishlab chiqish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Respublikamizda yuqoridagi muammolar qo'shma korxonalarining kirib kelishi bilan yuzaga keldi. Texnologik jarayonning stabilligini aniqlash bo'yicha bu korxonalarda ISO standartlari yoki ayrim mamlakatlarning standartlari ishlatiladi. 2022—2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida: «...sanoat tarmoqlarida yo'qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish, prognoz qilish...»¹ deb qayd etilganidek ishlab chiqarishda sifatsiz mahsulotlar miqdorini kamaytirish orqali korxonalar va zavodlar faoliyat samaradorligini oshirishga qaratilgan dasturiy vositalarni ishlab chiqish texnologiyalarini yanada takomillashtirish talab etiladi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 20 apreldagi «Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora tadbirlari to'g'risida»gi PQ-2909 sonli, matematika va uning tadbirlarini ishlab chiqarishga tadbir etish faoliyatiga oid O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 27 iyuldagi «Oliy ma'lumotli mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirishda iqtisodiyot sohalari va tarmoqlarining ishtirokini yanada kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PQ-3151-sonli, 2019 yil 9 oktyabrdagi PF-5847-sonli «O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish tamoyilini tasdiqlash to'g'risida»gi qaror va farmonlari, 2020 yil 7 maydagi «Matematika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PQ-4708-sonli Qarori hamda O'zbekiston Respublikasining 2020 yil 24 iyuldagi «Innovatsion faoliyat to'g'risidagi» 630-sonli O'RQ, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi 60-son kabi farmonlarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya taqdiqoti muayyan darajada hizmat qiladi.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi PF-6-sonli Farmoni.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yoʻnalishlarga mosligi. Tadqiqotimiz respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining VIII yaʼni «Mashinasozlik texnologiyalari» ustuvor yoʻnalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. Mahsulot sifatini statistik metodlar bilan boshqarish muammolari hal etish boʻyicha ilmiy-tadqiqot ishlari bilan xorijda amerikalik ilmiy-amaliyotchi olimlari U.Shuxart, E.Deming, D.Djuran va boshqalar shugʻullangan boʻlib, ular nazorat kartalar usulini sifatni statistik taʼminlashda qoʻllashib yuqori natijalarga erishgan. Bu masalalar statistik gipotezalarni tekshirish prinsipi bilan bogʻlanganligi sababli D.Neyman, E.Pirson, A.Fisher va A.Vald kabi olimlarning ishlaridan nazorat kartalarni qurishda foydalanish mumkin boʻladi. Aytish joizki A.N.Kolmogorov, Y.K.Belyaev, B.V.Gnedenko, L.N.Bolshev, N.V.Smirnov, D.Ximmeloblu, E.Shindovskiy, O.Shyurts, R.Shtorm, B.Xensen, G.Tagutu kabi olimlarining nazariy va amaliy ishlari ham bu yoʻnalishni rivojlanishiga hissasi katta boʻlgan. Hozirda nazorat kartalar metodining rivojlanishi va yoʻnalishdagi ilmiy-uslubiy ishlarning koʻpayishiga B.Vudal, Y.P.Adler, D.Montgomeri, X.Y.Mittag, X.Rinne, V.A.Shper, S.F.Julinskiy, M.Asram, B.Kosta, R.Kuinino, D.Uiler, D.Chambers kabi olimlarning maqola va kitoblari katta foyda bermoqda. Shu sababli nazorat kartalar yordamida jarayonlarni oʻrganish boʻyicha ilmiy ishlarning soni ortib bormoqda.

Oʻzbekiston Respublikasida texnologik jarayonlarning stabilligini taʼminlashda akademik S.X.Sirojiddinov maktabida qabul nazoratining baʼzi masalalari tahlil qilingan, akademik Sh.Q.Farmonov tavsiyasi bilan joriy nazorat boʻyicha texnologik jarayonlarni stabilligini aniqlash boʻyicha ushbu dissertatsiyada yangi natijalarni keltirmoqdamiz.

Sohaga oid tadqiqotlar tahlili shuni koʻrsatdiki, ishlab chiqarish jarayonida Shuxartning nazorat kartalari yordamida texnologik jarayonning turgʻunligini taʼminlovchi modellar bilan stabil texnologik jarayon hosil qilishga harakat qilingan. Bu metod ishlab chiqarish korxonalarida, tibbiyotda, maʼorifda, davlat boshqaruvida, kichik va oʻrta biznesda va boshqa sohalarda qoʻllanila boshlandi. Stabillikni taʼminlovchi nazorat kartalarga asoslangan matematik modellar esa topilmagan. Shu ochiq qolgan muammolarni hal qilishga qaratilgan harakatlar bilan dissertatsiyadagi natijalar hosil boʻldi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi.

Dissertatsiya tadqiqoti Andijon davlat universiteti ilmiy-taqdidot ishlari rejasining «Amaliy tadqiqotlar» tarmogʻi doirasida bajarilgan va Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan IL-52421091471 «IoT konsepsiasi asosida suv resurslarini monitoring qilish apparat-dasturiy vositasini ishlab chiqish» (2022-2023) tadqiqot ishlariga qoʻllanilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Normal taqsimot bilan modellashtirilgan texnologik jarayonlarning stabilligini aniqlovchi matematik modellar ishlab chiqish, sonli algoritmlar hamda dasturiy majmua yaratish va amalda qoʻllashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

asimmetriya va eksess, Kolmogorov hamda Smirnov kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini bitta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqish;

Smirnov, Styudent va Fisher kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini ikki yoki uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan matematik modellarni amalda ishlatishni osonlashtiruvchi sonli algoritmlar, dasturiy majmua yaratish va texnologik jarayonlardagi ba'zi keyslarni tahlil qilishda ishlatish.

Tadqiqotning obyekti. Ma'lum bir mahsulot ishlab chiqarilayotgan, normal taqsimot bilan tavsiflangan texnologik jarayonlar.

Tadqiqotning predmeti. Normal taqsimot bilan tavsiflangan texnologik jarayonlar stabilligi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot ishida ehtimollar nazariyasi va matematik statistika, kuzatish ma'lumotlarini statistik qayta ishlash, sonli va kompyuterli modellashtirish, nazorat karta bilan texnologik jarayonning stabilligini aniqlash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

asimmetriya va eksess, Kolmogorov hamda Smirnov kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini bitta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqilgan;

Smirnov va Styudent kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini ikkita ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqilgan;

Smirnov va Fisher kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqilgan;

texnologik jarayonning stabilligini bitta va ikki-uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalarga asoslangan matematik modellarga asosan sonli algoritmlar ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ilmiy tadqiqot ishlarining natijalari «UZ Auto Motors» AJdagi Payvandlash sexida ikki panel orasidagi qo'yimni nazorat qilish operatsiyasida texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etilgan.

«UZ Auto Motors» AJdagi Bo'yash sexida avtomobil korpusini grunтовka qilish operatsiyasidagi texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etilgan.

qurol ishlab chiqarish zavodining gilzalar tayyorlash texnologik operatsiyasida gilzaning qo'nuvchi nominal diametrini qo'yimini nazorat qilish operatsiyasidagi texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi: Nazorat kartalarning chegaralarini topishga oid tasdiqlarning isbotlari nazorat kartalarning nazariy asoslariga tayangan holda ishonchli intervallar metodlari yordamida aniqlandi. Nazorat

kartalarni noma'lum parametrlari sonli usullar yordamida baholangan yoki sonli usullar metodlari asosida tuzilgan jadvallardan topildi. Keyslarni va texnologik jarayonning stabiligini nazorat kartalarga asoslangan statistik modelini tahlil qilish sifatini statistik ta'minlash tamoyillariga mos bajarilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati nazorat kartalar metodining potentsial imkoniyatlarini oshirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati olingan natijalar va dasturiy majmua yordamida texnologik jarayonning va shu kabi boshqa jarayonlarning stabiligini aniqlashda hamda mahsulotlarning sifatini oshirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi «UZ Auto Motors» AJdagi payvandlash va bo'yash sexlarida texnologik jarayonlarning stabiligini ta'minlash natijalari asosida quyidagi natijalarga erishilgan:

texnologik jarayonning stabiligini aniqlash ishlab chiqilgan asimmetriya va eksess, Kolmogorov hamda Smirnov nazorat karta matematik modellari payvandlash sexi ob'ektida qo'llanilgan. Sexdagi o'lchash ma'lumotlaridan ilmiy natijalar asosida texnologik jarayonning stabiligi tekshirilgan va baholangan (O'zbekiston Respublikasi Andijon viloyati hokimligining 2023 yil 28-apreldagi №11/37-238-sonli ma'lumotnomasi). Natijada payvandlash sexida nuqsonlar ulushi hisoblanganda 19,8% ya'ni 80,2% maqsad bilan ish topshirilgan. Zavoddagi G.S.I.P dasturi bo'yicha payvandlash sexidan olingan 80% maqsad bilan taqqoslaganda bizning natijalarimiz bilan deyarli ustma-ust tushganligi imkonini bergan;

texnologik jarayonning stabiligini aniqlash ishlab chiqilgan asimmetriya va eksess, Kolmogorov hamda Smirnov nazorat karta matematik modellari bo'yash sexi ob'ektida qo'llanilgan. Sexdagi o'lchash ma'lumotlaridan ilmiy natijalar asosida texnologik jarayonning stabiligi tekshirilgan va baholangan (O'zbekiston Respublikasi Andijon viloyati hokimligining 2024 yil 12-dekabrdagi №06/20-101-sonli ma'lumotnomasi). Natijada bo'yash sexida nuqsonlar ulushi hisoblanganda 13,7% ya'ni 86,3% maqsad bilan ish topshirilgan. Zavoddagi G.S.I.P dasturi bo'yicha bo'yash sexidan olingan 86% maqsad bilan taqqoslaganda bizning natijalarimiz bilan deyarli ustma-ust tushganligi imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta halqaro va 12 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 25 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib, shundan 9 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan nashrlardagi jurnal maqolalari. Jumladan, 4 tasi xorijiy va 5 tasi respublika jurnallarida chop etilgan hamda 1ta EHM uchun yaratilgan dasturiy majmuani qayd qilish uchun mualliflik guvohnomasi olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish qismi, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 111 sahifani tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan. Tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, ishning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Texnologik jarayonlarni stabiligini statistik metodlar bilan aniqlashning zamonaviy holati va tizimli tahlili**» nomli I-bobda texnologik jarayondagi texnologik operatsiyalarda chiqayotgan mahsulotlarni sifatini statistik ta‘minlashda texnologik jarayonning stabil bo‘lishi muhim xususiyat ekanligi va uni ta‘minlash yo‘nalishidagi bir qator adabiyotlar tahlili keltirilgan. Jahonda keyingi yillarda ushbu sohada olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarning holatiga oid adabiyotlar sharhi bayon qilingan.

1.1- paragrafda TJning stabiligini, turg‘unligi, aniqligi va qayta tiklanuvchanlik xususiyatlarining sifatini statistik ta‘minlashdagi ahamiyati haqidagi mulohazalar bayon qilingan. Texnologik jarayonning bunday xususiyatlarini nazorat qilishda Shuxart nazorat karta modeli va boshqa modellarning roli ko‘rsatilgan.

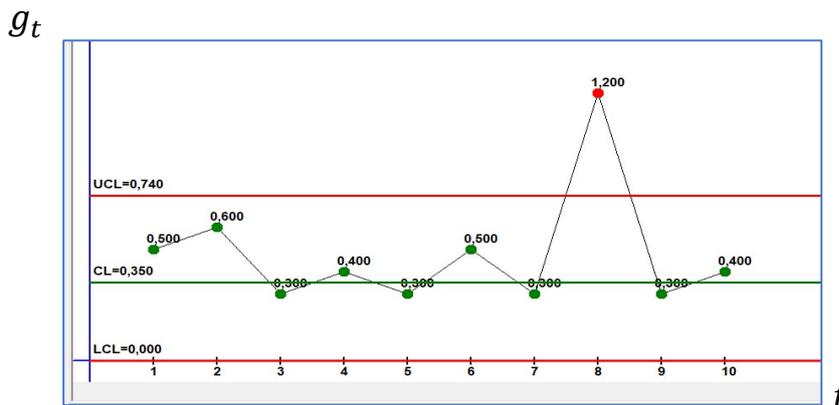
Aytaylik, X aniq bir mahsulotning ishchi xarakteristikasi, τ -uning muhandis belgilagan nominal qiymati va $[\tau - \Delta\tau; \tau + \Delta\tau]$ andoza (qo‘yim) bo‘lsin. Muhandislik tamoyili bo‘yicha $X \in [\tau - \Delta\tau; \tau + \Delta\tau]$ bo‘lganda mahsulot yaroqli aks holda yaroqsiz yoki ta‘mirlashga muhtoj bo‘ladi. Shuxart turg‘un jarayonni X son belgisining deyarli barcha qiymatlari «Olti sigma» uzunlikka ega ($a - 3\sigma, a + 3\sigma$) intervalga joylashishi haqidagi g‘oyani asoslagan, bunda $a = M(X)$ - X ning matematik kutilmasi, $\sigma = \sqrt{D(X)}$ - X ning o‘rta kvadratik og‘ishi.

Amaliyotda interval chegaralaridagi parametrlar baholanib topiladi: X ning qiymatlari belgilangan birlik $t = 1, 2, \dots, l$ vaqtlarda o‘lchanib n hajmli (X_1, X_2, \dots, X_n) oniy tanlanmalar olingan bo‘lsa, $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ - tanlanma o‘rta qiymat va \tilde{X} tanlanma mediana a ning baholari; $S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ tuzatilgan tanlanma dispersiya va $R = X_{max} - X_{min}$ variatsiya qulochi σ ning baholaridan iborat bo‘ladi. $n > 50$ da Shuxartning olti sigma uzunlikdagi intervali taxminan quyidagicha topiladi:

($\bar{X} - 3S; \bar{X} + 3S$), kichik n larda esa interval chegaralari maxsus jadvallardan aniqlanadi. Shuxart sifat bilan bog‘liq $g = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ (xususan \bar{X}, \tilde{X}, R, S) statistikaning qiymatlarini ($a - 3\sigma, a + 3\sigma$), $a = M(g)$; $\sigma = \sqrt{D(g)}$ intervalga tushishini nazorat qiladi. Agar tushsa jarayonni turg‘un aks holda turg‘un emas deb hisoblaydi.

Gorizontal o‘qda tanlanma olishning birlik $t = 1, 2, \dots, l$ vaqtlaridagi nomerlarini, vertikal o‘qda t ga mos g ning g_t qiymatini belgilab, tekislikda $(t; g_t)$ nuqtalarni topib kesmalar bilan birlashtiramiz. Vertikal o‘qdagi $LCL_g =$

$a - 3\sigma$, $CL_g = a$ va $UCL_g = a + 3\sigma$ nuqtalardan gorizontal o‘qqa parallel to‘gri chiziqlarni bo‘laklarini o‘tkazamiz. Hosil bo‘lgan diagramma g -nazorat karta deyiladi. Quyidagi 1-rasmda shunday nazorat kartalardan birining eskizi chizilgan:



1-rasm. g –nazorat karta diagrammasi.

1-rasmda $t = 1 - 7, 9, 10$ dagi tanlanmalarda jarayon turg‘un $t = 8$ da esa noturg‘un holatda.

Shuxart nuqtalar strukturasi nazorat kartani quyi va yuqori chegaralari deb ataluvchi LCL va UCL hamda o‘rta chiziq deb ataluvchi CL chiziqlarga nisbatan joylashuviga qarab jarayonni stabiligini aniqlash qoidalarini yaratdi.

1.2- paragrafda texnologik jarayonning stabiligini aniqlash yo‘nalishida bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlarining mazmunlari va imkoniyatlari, 1.3- paragrafda dissertatsiya muammosining paydo bo‘lishi tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning «**Texnologik jarayonning stabiligini bitta ko‘rsatkich bilan aniqlovchi matematik modellar**» nomli ikkinchi bobida bir o‘lchamli normal X son belgining zichlik funksiyasi tanlanma olish vaqtlari davomida standart formasini saqlashni tekshirib turuvchi (ya‘ni texnologik jarayonning stabiligini aniqlab boruvchi) asimmetriya-eksess va Kolmogorov yoki Kolmogorov-Smirnov tipidagi statistikasi asosida topilgan nazorat kartalarga asoslangan matematik modellar qurilgan. Bu nazorat karta modellari texnologik jarayonning stabiligini ta‘minlaydi.

Aytaylik texnologik jarayondagi texnologik operatsiyalarda chiqayotgan mahsulot sifatini aniqlovchi X son belgining taqsimoti $\mu_0 = M(X)$; $\sigma_0^2 = D(X)$ parametrli normal qonunga bo‘ysunsin: $X \sim N(\mu_0; \sigma_0^2)$. Ishlab chiqarishda μ_0 va σ_0^2 parametrlar texnik standart sifatida beriladi yoki dastlabki tanlanmalar asosida, texnologik jarayon statistik nazoratda bo‘lganda, baholanib topiladi.

Birlik $t = 1, 2, \dots, l$ vaqtlarda X dan n hajmli $\mathbf{X} = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$ oniy tanlanmalar olamiz. Bunda X -texnologik jarayonda ishlab chiqarilayotgan mahsulotning bitta ko‘rsatkichini ifodalaydi, $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$ lar belgilangan $t = 1, 2, \dots, l$ birlik vaqtdagi X ning o‘lchash natijalarini bildiradi.

Texnologik operatsiyalarda oddiy (tasodifiy) yoki muhim sabablarga ko‘ra jarayon stabil holatdan chiqib ketishlari kuzatiladi (ya‘ni μ_0 va σ_0^2 dan chetlanish bo‘ladi). Statistik metodlar bilan texnologik jarayon holatini to‘g‘ri baholab borish

uchun \mathbf{X} , $t = \overline{1;l}$ tanlanmalar asosida $X \sim N(\mu_0; \sigma_0^2)$ holatni tekshirib borish zarur bo'ladi. Matematik statistikada bu holat \propto qiymatdorlik darajasida quyidagi gipotezalarni tekshirish bilan amalga oshiriladi:

$$H_0: P(X < x) = F(x; \mu_0; \sigma_0^2); H_1: P(X < x) \neq F(x; \mu_0; \sigma_0^2).$$

Birlik $t = 1, 2, \dots, l$ vaqtlarda X dan olingan \mathbf{X} oniy tanlanmalar asosida topilgan tanlanma o'rta qiymat \bar{X}_{nt} , tuzatilgan tanlanma dispersiya (S_{nt}^2), tanlanma asimmetriya koeffitsiyenti (a_{nt}) va tanlanma eksess koeffitsiyenti (γ_{nt})larini odatdagidek aniqlaymiz:

$$\bar{X}_{nt} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{kt}; S_{nt}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^2;$$

$$a_{nt} = \frac{1}{nS_{nt}^3} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^3; \gamma_{nt} = \frac{1}{nS_{nt}^4} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^4.$$

a_α va γ_α lar mos ravishda a_n va γ_n lar taqsimotlarining \propto qiymatdorlik darajasidagi kvantillari bo'lsin. $Ch\{*\mid n-1\}$ - bilan ozodlik darajasi $n-1$ bo'lgan χ^2 taqsimotini belgilaymiz.

Texnologik jarayon stabiligining «Asimmetriya-eksess» matematik modeli:

Agar belgilangan birlik $t = \overline{1;l}$ vaqtlardagi ($X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$) tanlanmalar uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'lsa texnologik jarayon stabil bo'ladi:

$$S_{nt}^2 > LCL_a = \sqrt[3]{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}} \quad \text{va} \quad S_{nt}^2 < UCL_\gamma = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}} \quad (1)$$

$$\text{Bunda } \bar{\mu}_3 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \mu_{3t}, \mu_{3t} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^3; \bar{\mu}_4 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \mu_{4t},$$

$$\mu_{4t} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^4. \quad (2\text{-rasmga qaralsin})$$

Ushbu (1) matematik modelning parametrlarini taqribiy hisoblash sonli usullarga asoslanib topiladi. Real holatlarda ularni aniqlash dissertasiyaning IV - bobidagi dasturiy majmualarga joylaganmiz.

Ushbu matematik model diagrammasini hosil qilish va texnologik jarayonning stabiligini aniqlash sonli algoritmini ishlab chiqilgan. Bu algoritim asosida dasturiy majmua yaratilgan.

α – nazorat karta chegarasini aniqlash:

- 1) ishlab chiqarishning boshlang'ich fazasining $t = \overline{1;m}$ birlik vaqtlarida oniy tanlanmalarni hosil qilamiz va \bar{X}_{nt} larni aniqlaymiz;
- 2) $t = \overline{1;m}$ momentlarda μ_{3t} larni topamiz;
- 3) topilgan μ_{3t} qiymatlarning o'rta arifmetigi $\bar{\mu}_3$ aniqlanib $\bar{\mu}_3^2$ ni hosil qilamiz. Natijani $a_{0,995}^2$ kvantilga bo'lib kub ildiz chiqarib LCL_a ni aniqlaymiz va Dekart koordinatalar sistemasida nazorat kartaning quyi chegarasini chizamiz;

γ – NK chegarasini aniqlash:

- 4) 1) dagi ma'lumotlar asosida $t = \overline{1;m}$ momentlarda μ_{4t} larni aniqlaymiz;

5) topilgan qiymatlarning o'rtacha arifmetigi $\bar{\mu}_4$ topiladi va $\gamma_{0.005}$ kvantil bo'lib kvadrat ildiz chiqarilib UCL_γ ni aniqlaymiz va Dekart koordinatalar sistemasida NKning yuqori chegarasini chizamiz;

Texnologik jarayonning stabiligini aniqlovchi S_{nt}^2 ning qiymatlarini aniqlash:

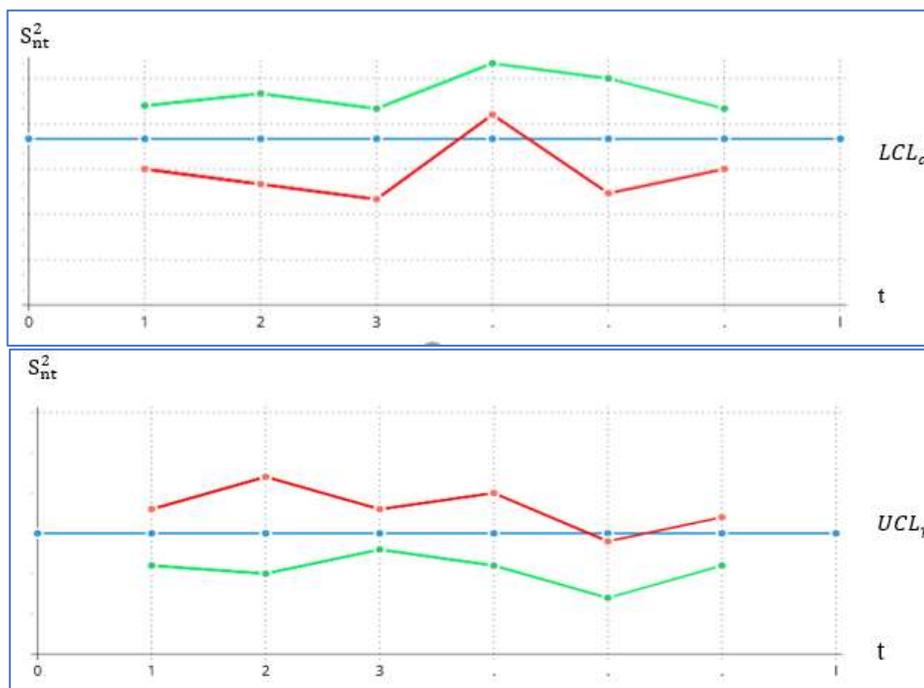
6) endi ishlab chiqarishdan $t = \overline{1; l}$ birlik vaqtlarda oniy tanlanmalarni olib \bar{X}_{nt} larni aniqlaymiz;

7) $t = \overline{1; l}$ birlik vaqtlardagi tanlanmalarga asosan S_{nt}^2 ning qiymatlarini topamiz va Dekart koordinatalar sistemasida qiymatlarini belgilaymiz;

Texnologik jarayonning stabiligini tahlil qilish:

8) agar hosil bo'lgan $a - \gamma$ qo'shaloq nazorat karta diagrammasida $t = \overline{1; l}$ birlik vaqtlarda $LCL_a < S_{nt}^2 < UCL_\gamma$ tengsizlik o'rinli bo'lsa texnologik jarayon stabil bo'ladi, aks holda nostabil bo'ladi.

Quyida (1) matematik modelning namunaviy diagrammasini keltiramiz. Bunda texnologik jarayonning stabiligining tahlili rasmga mos ravishda keltirilgan.



2-rasm. $a - \gamma$ nazorat karta matematik model diagrammasi.

Rasmda yuqoridagi (1) tengsizlikni qanoatlantiruvchi nuqtalar zangori siniq chiziq bilan, agar qanoatlantirmaydiganlari ham bo'lsa qizil siniq chiziq bilan belgilangan. Yashil chiziq stabil, qizil chiziq nostabil texnologik jarayonni ko'rsatadi. Bunda yuqoridagi rasm asimmetriyani, pastdagisi eksses holatini bildiradi.

(1) matematik model dissertasiyaning 2.1-paragrafdagi keltirilgan quyida 2.1-teorema va 2.2-teoremlariga asoslanib qurilgan. Bunda nazorat kartaning nazorat qilinuvchi miqdori $g(X_t) = S_{nt}^2$ kabi bo'ladi.

2.1-teorema. $\alpha = 0,01$ va $H_0: P(X < x) = F(x; \mu_0; \sigma_0^2)$ gipoteza o'rinli bo'lganda a -NK quyi nazorat chegarasi $LCL = 3 \sqrt{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}}$ ga teng. Hamda a -nazorat karta quvvat funksiyasi $G_a(\sigma_t) = P(S_{nt}^2 \leq LCL) = Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} 3 \sqrt{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}} | n-1 \right\}$ ga teng bo'ladi.

2.2-teorema. $\alpha = 0,01$ va H_0 gipoteza o'rinli bo'lganda γ -nazorat kartaning nazorat chegaralari $LCL = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,995}}}$; $UCL = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}}$ ga teng. γ -nazorat kartaning quvvat funksiyasi esa $G_\gamma(\sigma_t) = P(S_{nt}^2 \geq UCL) = 1 - Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}} | n-1 \right\}$ ga teng bo'ladi.

2.2-paragrafda X son belgining taqsimoti $N(\mu_0; \sigma_0^2)$ va $N(\hat{\mu}_0; \hat{\sigma}_0^2)$, bo'lgan hollarda Kolmogorov hamda Kolmogorov-Smirnov tipidagi kriteriyalar asosida nazorat karta quramiz, bunda $\hat{\mu}_0$ va $\hat{\sigma}_0^2$ mos ravishda μ_0 va σ_0^2 larni eng «yaxshi» baholari. Bunda agar $X \sim N(\mu_0; \sigma_0^2)$ bo'lsa $k_{1-\alpha}$ -statistika taqsimoti kvantilini Kolmogorov taqsimoti jadvalidan, $X \sim N(\hat{\mu}_0; \hat{\sigma}_0^2)$ da esa $k_{1-\alpha}^c$ -Kolmogorov-Smirnov tipidagi statistikasi taqsimoti jadvalidan topiladi.

X dan olingan $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ tanlanmadan $\mathbf{X}^* = (x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$ variatsion qator tuzamiz. Hamda α qiymatdorlik darajasida quyidagi gipotezalarni tekshiramiz: $H_0: P(X < x) = F(x; \bar{X}_n; S_n^2)$; $H_1: P(X < x) \neq F(x; \bar{X}_n; S_n^2)$. Gipotezalar quyidagi kriteriy yordamida tekshiriladi: $D_n(\hat{\mu}_0, \hat{\sigma}_0^2) = \sqrt{n} \rho$. Agar $D_n(\hat{\mu}_0, \hat{\sigma}_0^2) < k_{1-\alpha}^c$ bo'lsa H_0 qabul qilinadi, aks holda H_1 . Bunda $k_{1-\alpha}^c$ Kolmogorov-Smirnov tipidagi taqsimoti kvantillar jadvalidan aniqlanadi.

Texnologik jarayon stabiligining ρ^c –nazorat karta matematik modeli:

Agar birlik $t = \bar{1}; \bar{l}$ momentlarda to'plangan $\mathbf{X}^* = (x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$ tanlanmalar uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'lsa:

$$\rho_t^c = \max_{1 \leq k \leq n} \left| \Phi(Y_{kt}^*) - \frac{2k-1}{2n} \right| + \frac{1}{2n} < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} = UCL_{\rho^c} \quad (2)$$

u holda texnologik jarayon stabil holatda bo'ladi.

(2) matematik model parametrlari hisoblash usullariga asoslanib topiladi. Real holatlarda ularni aniqlash dissertasiyaning IV- bobidagi dasturiy majmualarga joylaganmiz. Masalan, $k_{0,99}^c$ Smirnov taqsimoti kvantili bo'lib tenglama ildizi sifatida taqribiy topiladi, jumladan, $k_{0,99}^c = 1,035$.

Ushbu (2) matematik model diagrammasini hosil qilish va texnologik jarayonni stabiligini aniqlash sonli algoritmini ishlab chiqilgan. Bu algoritm asosida dasturiy majmua yaratilgan.

ρ^c –NK chegarasini aniqlash:

1) Smirnov taqsimoti kvantillari jadvalidan $k_{0,99}^c$ ni aniqlab \sqrt{n} ga bo‘lib UCL_{ρ^c} ni aniqlaymiz va Dekart koordinatalar sistemasida nazorat kartaning yuqori chegarasini chizamiz;

Texnologik jarayonning stabiligini aniqlovchi ρ_t^c ning qiymatlarini aniqlash:

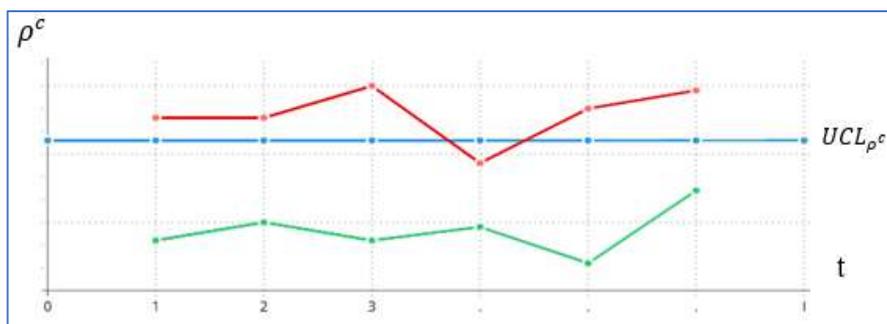
2) $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda X^* ; \bar{X}_n va S_n larni aniqlaymiz;

3) texnologik jarayon stabiligini aniqlovchi ρ_t^c larni $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda hisoblaymiz va qiymatlarini Dekart koordinatalar sistemasida belgilaymiz.

Texnologik jarayonning stabiligini tahlil qilish:

4) agar $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda $\rho_t^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ tengsizlik o‘rinli bo‘lsa texnologik jarayon stabil bo‘ladi aks holda nostabil bo‘ladi.

Quyida (2) matematik modelning namunaviy diagrammasini keltiramiz. Bunda texnologik jarayonning stabiligining tahlili rasimga mos ravishda keltirilgan.



3-rasm. ρ^c –nazorat karta matematik modeli diagrammasi.

Rasmda yuqoridagi (2) tengsizlikni qanoatlantiruvchi nuqtalar zangori siniq chiziq bilan, agar qanoatlantirmaydiganlari ham bo‘lsa qizil siniq chiziq bilan belgilangan. Yashil chiziq stabil, qizil chiziq nostabil texnologik jarayonni ko‘rsatadi.

(2) matematik model dissertasiyaning 2.2-paragrafda bir tomonlama chegaraga ega ρ^c -nazorat kartaning chegaralarini topishga oid quyida keltirilgan teoremaga asoslanib qurilgan. Bunda nazorat kartaning nazorat qilinuvchi miqdori $g(X_t) = \rho_t^c$ kabi bo‘ladi.

2.3-teorema. $\alpha = 0,01$ va $H_0: P(X < x) = F(x; \bar{X}_n; S_n^2)$ gipoteza o‘rinli bo‘lsa, u holda ρ^c -nazorat karta uchun nazorat qilinuvchi miqdor ρ_t^c va $UCL_{\rho^c} = \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ kabi topiladi.

2.3-paragrafda avtomobil zavodining payvandlash va bo'yash sexlaridagi muammolarni o'rganish uchun olingan ma'lumotlar $a - \gamma$ hamda ρ -nazorat karta, ρ^c -nazorat karta modellari bilan normallikka tekshirish (ya'ni texnologik jarayon stabiligini aniqlash) keltirilgan. Hosil bo'lgan natijalarda IV-bob 4.3-paragrafdagi keyslarni tahlil qilishda ishlatiladi.

Dissertatsiyaning «**Texnologik jarayonning stabiligini ikki yoki uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi matematik modellar**» nomli III-bobida sistema komponentalarining bog'liqmas yoki chiziqli bog'liqligiga qarab qo'shaloq yoki uchlangan nazorat karta modellari bilan ish ko'riladi.

3.1-paragrafda ikki o'lchamli son belgilarni normalligi haqidagi gipotezalarni tekshiruvchi muvofiqlik kriteriyalarini, agar bu ikki o'lchamli normal bo'lsa, uni tekshirishni bir o'lchamli nazorat kartalarga keltirish mumkin ekanligi haqidagi mulohazalarni to'g'ri ekanligi asoslangan.

3.2-paragrafda Kolmogorov, Smirnov va Styudent kriteriyalariga asoslangan texnologik jarayonning stabiligini aniqlovchi nazorat kartalar matematik modeli qurilgan. Natijalarni keltirish uchun zaruriy tushunchalarni keltiramiz.

(X, Y) bosh to'plamdan n juft tanlanma olamiz:

$$(\bar{X}, \bar{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}.$$

$\rho(x, y)$ bilan X va Y orasidagi nazariy korrelyatsiya koeffitsiyenti, $r(x, y)$ esa tanlanma korrelyatsiya koeffitsiyenti bo'lsin.

Amaliyotda X va Y ning bog'liqsizligi quyidagi gipotezalarni tekshirish bilan amalga oshiriladi: $H_0: \rho(X, Y) = 0$; $H_1: \rho(X, Y) \neq 0$.

Agar H_1 gipoteza o'rinli bo'lib, (X, Y) normal bo'lsa u holda X va Y ning chiziqli bog'liqligi quyidagi gipotezalarni tekshirishga keladi: $H_0^*: \rho(X, Y) = \rho_0$; $H_1^*: \rho(X, Y) \neq \rho_0$. Bunda ρ_0 $\rho(x, y)$ ning olg'a surilgan qiymati bo'lib, u X va Y ning chiziqli bog'liqlik darajasini belgilaydi.

H_0 va H_1 gipotezalarni tekshirish uchun $\tilde{T} = \frac{r(x, y)\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2(x, y)}}$ kriteriy olinadi. H_0 gipoteza o'rinli bo'lganda \tilde{T} $n - 2$ ozodlik darajali Styudent taqsimotiga bo'ysunadi va $|\tilde{T}| < t(\alpha, n - 2)$ da H_0 gipoteza aks holda H_1 gipoteza o'rinli bo'ladi, bunda $t(\alpha, n - 2)$ Styudent taqsimoti kritik nuqtalari jadvalidan topiladi. H_0^* gipotezani tekshirishda R.A.Fisherning quyidagi tanlanma funksiyasidan foydalaniladi: $W = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r(x, y)}{1-r(x, y)} = \operatorname{argth}(r(x, y))$.

H_0^* o'rinli bo'lganda W ning taqsimoti asimptotik normal bo'lib, taqsimot parametrlari uchun $n \geq 20$ da quyidagi taqribiy baholar o'rinli bo'ladi:

$$M(W) \approx \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} + \frac{\rho_0}{2(n-3)}, D(W) \approx \frac{1}{n-3}.$$

Bunda $Z_W = \frac{W - M(W)}{\sqrt{D(W)}} \sim N(0, 1)$ bo'lib, taqsimot funksiyasini $\phi(x)$ kabi belgilanadi. Agar $Z_W < \psi(\alpha)$ (bunda $\psi(\alpha) \sim N(0, 1)$ taqsimot kvantili) bo'lsa H_0^* qabul qilinadi, aks holda H_1^* o'rinli.

Agar (X, Y) sistema komponentalari bog'liqmas bo'lsa, u holda texnologik jarayonning stabiligini aniqlash modeli quyidagicha bo'ladi:

TJ stabiligining $\rho_x - \rho_y$ nazorat karta matematik modeli:

Agar $n \geq 20$ bo'lib $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlardagi

$(\overline{X}, \overline{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ tanlanmalar uchun quyidagi

$$\text{munosabatlar } \rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \text{ va } \rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

bir vaqtda bajarilsa u holda texnologik jarayon stabil bo'ladi.

(3) matematik modelning parametrlari sonli usullarga asosan taqribiy topiladi. Bu ishlar real holatda IV–bobda dasturiy majmua yordamida amalga oshiriladi.

$\rho_x - \rho_y$ – nazorat karta chegarasini aniqlash:

1) Smirnov taqsimoti kvantillari jadvalidan $k_{0,99}^c$ ni aniqlab \sqrt{n} ga bo'lib, UCL_{ρ^c} ni aniqlaymiz va Dekart koordinatalar sistemasida nazorat kartaning yuqori chegarasini ($UCL_{\rho_x} = UCL_{\rho_y}$) chizamiz;

2) $n \geq 20$ da $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlardagi $(\overline{X}, \overline{Y})$ tanlanmalar olamiz va har bir koordinatasi bo'yicha Smirnov nazorat kartasini quramiz.

Texnologik jarayon stabiligini aniqlovchi ρ_x^c va ρ_y^c larning qiymatlarini aniqlash:

3) 2)dagi birinchi koordinata bo'yicha tanlanmalarni quyidagicha ajratib olamiz: X dan X^* variatsion qator tuzamiz. So'ng o'rta qiymat \overline{X}_n va S_n larni aniqlaymiz;

4) 2)dagi ikkinchi koordinatalar bo'yicha tanlanmalarni quyidagicha ajratib olamiz: Y dan olingan $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ tanlanmadan $Y^* = (y^*_1, y^*_2, \dots, y^*_n)$ variatsion qator tuzamiz. So'ng \overline{Y}_n va S_n larni aniqlaymiz;

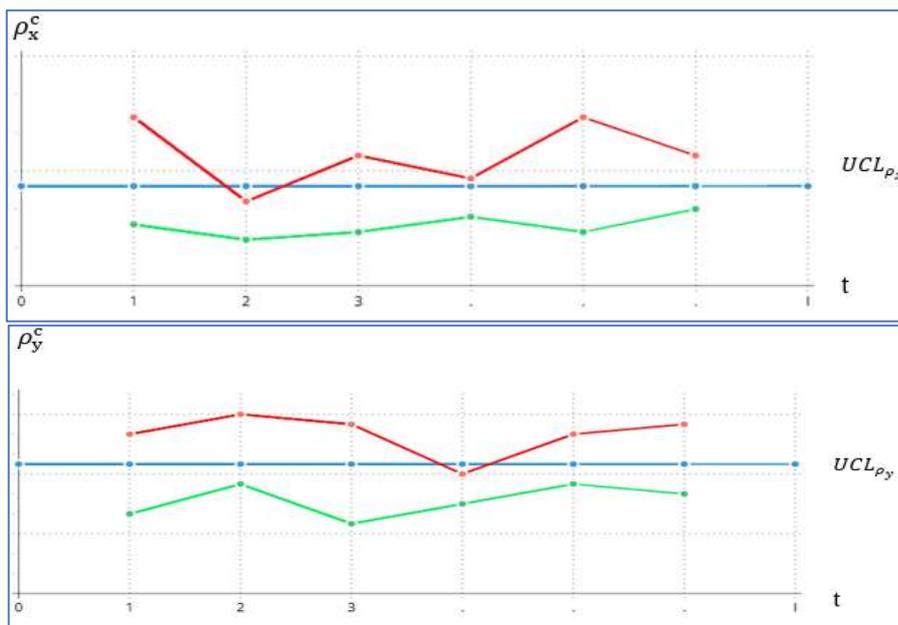
5) texnologik jarayon stabiligini aniqlovchi ρ_x^c larni $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda hisoblaymiz va ρ_x ning qiymatlarini Dekart koordinatalar sistemasida belgilaymiz.

6) texnologik jarayon stabiligini aniqlovchi ρ_y^c ni $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda hisoblaymiz va ρ_y ning qiymatlarini Dekart koordinatalar sistemasida belgilaymiz.

Texnologik jarayonning stabiligini tahlil qilish:

7) agar $t = \overline{1;l}$ birlik vaqtlarda $\rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ va $\rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ shu munosabatlar o'rinli bo'lsa texnologik jarayon stabil bo'ldi aks holda nostabil bo'ladi.

Quyida (3) matematik modelning namunaviy diagrammasini keltiramiz. Bunda texnologik jarayonning stabiligining tahlili rasimga mos ravishda keltirilgan.



4-rasm. $\rho_x - \rho_y$ nazorat karta MM diagrammasi.

Rasmda yuqoridagi (3) tengsizlikni qanoatlantiruvchi nuqtalar zangori siniq chiziq bilan, agar qanoatlantirmaydiganlari ham bo'lsa qizil siniq chiziq bilan belgilangan. Yashil chiziq stabil, qizil chiziq nostabil texnologik jarayonni ko'rsatadi. Bunda yuqoridagi rasm 1-komponenta bo'yicha jarayonning stabilligini, pastdagisi 2-komponenta bo'yicha jarayonning stabilligini ko'rsatadi.

(3) matematik model dissertasiyaning 3.2-paragrafda komponentalarni bog'liqligini tekshiruvchi r –nazorat kartani aniqlovchi quyidagi teorema asoslangan. Bunda nazorat kartaning nazorat qilinuvchi miqdori $g[(\bar{x}, \bar{y})] = r(x, y)$ kabi bo'ladi.

3.4-teorema. $\alpha = 0,01$ va $H_0: \rho(x, y) = 0$ gipoteza o'rinli bo'lsa, u holda $t = \overline{1; l}$ birlik vaqtlarda $LCL_r < r(x, y) < UCL_r$ bo'lsa, u holda X va Y komponentalar bog'liqmas bo'ladi,

$$\text{bunda } r(x, y) = \frac{\sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X}_n)(Y_k - \bar{Y}_n)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X}_n)^2 \sum_{k=1}^n (Y_k - \bar{Y}_n)^2}} \quad \text{va} \quad \begin{cases} LCL = \pm \frac{t(0,01; n-2)}{\sqrt{n-2+t^2(0,01; n-2)}} \\ UCL \end{cases}$$

Sistema komponentalarining bog'liq bo'lib qolsa, u holda texnologik jarayonning stabilligini aniqlovchi matematik model quyidagicha bo'ladi:

Texnologik jarayon stabilligining uchlangan $\rho_x - \rho_y - r^*$ NK matematik modeli:

Agar $n \geq 20$ bo'lib $t = \overline{1; l}$ birlik vaqtlarda $(\bar{X}, \bar{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ tanlanmalar uchun quyidagi munosabatlar bir vaqtda bajarilsa:

$$\rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}, \rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \quad \text{va} \quad LCL_{r^*} = th(z_1) < r(x, y) < th(z_2) = UCL_{r^*} \quad (4)$$

u holda texnologik jarayon stabil bo‘ladi. Bunda $z_1 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} - \frac{\psi(1-\alpha)}{\sqrt{n-3}}$, $z_2 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} + \frac{\psi(1-\alpha)}{\sqrt{n-3}}$

(4) matematik modelning parametrlari sonli usullarga asosan taqribiy topiladi. Bu ishlar real holatda IV–bobda dasturiy majmua yordamida amalga oshiriladi.

Ushbu matematik model diagrammasini hosil qilish va texnologik jarayonning stabiligini aniqlash sonli algoritmini ishlab chiqilgan. Bu algoritm asosida dasturiy majmua yaratilgan.

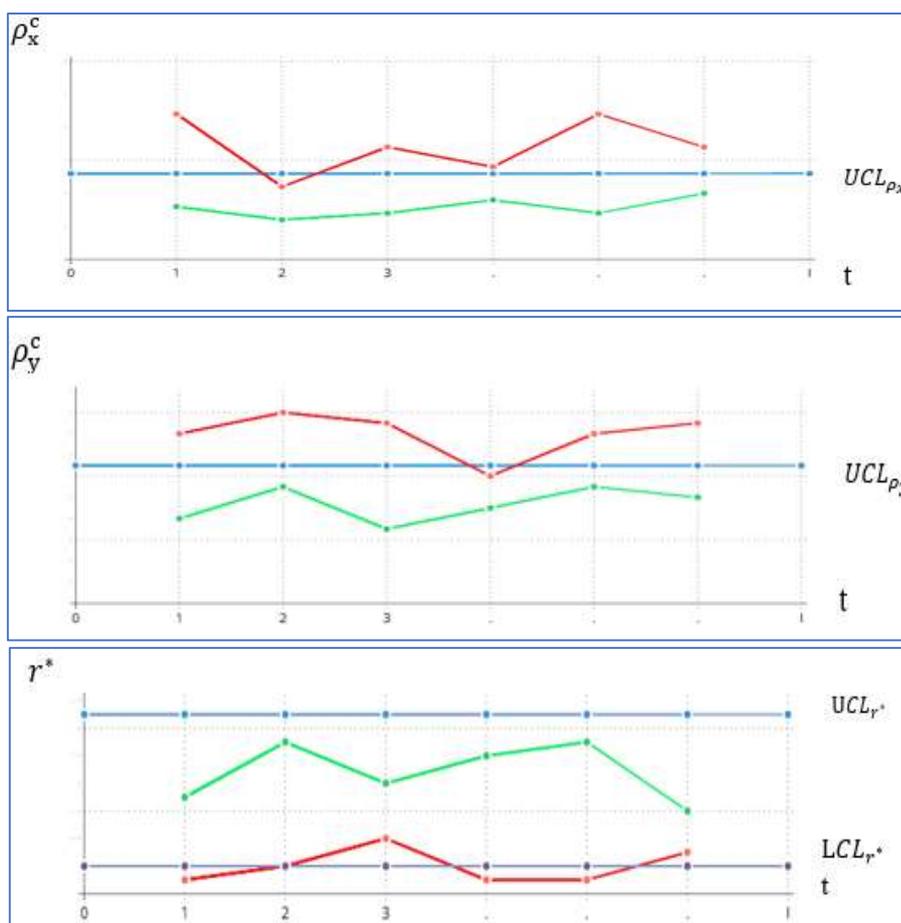
$\rho_x - \rho_y$ nazorat karta chegarasini aniqlash (3) modeldagi kabi amalga oshiriladi.

r^* – nazorat karta chegarasini aniqlash:

$LCL_{r^*} = th(z_1)$ va $UCL_{r^*} = th(z_2)$ larni hisoblab Dekart koordinatalar sistemasida chizamiz.

Texnologik jarayonning stabiligini tahlil qilish:

agar yuqoridagi (4) tengsizlik bajarilsa texnologik jarayon stabil bo‘ladi aks holda nostabil bo‘ladi.



5-rasm. $\rho_x - \rho_y - r^*$ nazorat karta matematik model diagrammasi.

Rasmda yuqoridagi (4) tengsizlikni qanoatlantiruvchi nuqtalar zangori siniq chiziq bilan agar qanoatlantirmaydiganlari ham bo'lsa, qizil siniq chiziq bilan belgilangan. Yashil chiziq stabil, qizil chiziq nostabil texnologik jarayonni ko'rsatadi. Bunda yuqoridagi rasm 1-komponenta bo'yicha jarayonning stabilligini, o'rtadagisi 2-komponenta bo'yicha jarayonning stabilligini va pastdagisi bu komponentalarning chiziqli bog'liqligini aniqlaydi.

(4) matematik model dissertasiyaning 3.2-paragrafda komponentalarni bog'liqligini tekshiruvchi r^* –nazorat kartani aniqlovchi quyidagi teorema asoslangan. Bunda nazorat kartaning nazorat qilinuvchi miqdori $g[(\bar{x}, \bar{y})] = r(x, y)$ kabi bo'ladi.

3.5-teorema. Tayin n va $\alpha = 0,005$ bo'lib $H_0: \rho(X, Y) = \rho_0$ gipoteza o'rinli bo'lsin. U holda r^* –nazorat karta nazorat qilinuvchi miqdori $r(x, y)$ va chegaralari

$LCL = th(z_1); UCL = th(z_2)$ ga teng bo'ladi. r^* –nazorat kartaning quvvat funksiyasi $G(r) = 1 - \Phi\left(\frac{argth(UCL) - a(r)}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{argth(LCL) - a(r)}{\sigma}\right)$ ga teng. Bunda

$\Phi(*) \sim N(0,1)$ –normal taqsimot, $a(r) \approx \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} + \frac{r}{2(n-3)}$, $\sigma \approx \frac{1}{\sqrt{n-3}}$; $n \geq 20$.

3.4-paragrafda qurol ishlab chiqarish zavodining gilzalar tayyorlash texnologik operatsiyasida gilzaning qo'nuvchi nominal diametrini qo'yimini nazorat qilish operatsiyasidagi texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashda (4) matematik modelidan foydalanish amalda ko'rsatilgan.

Dissertatsiyaning «**Texnologik jarayonning stabilligini aniqlovchi dasturiy majmua va keyslar tahlili**» nomli IV-bobida zavod amaliyotida paydo bo'ladigan muammolarni statistik usullar bilan tahlil qilish hamda muammoni bartaraf qilish yechimlari keltirilgan.

4.1-paragrafda Texnologik jarayonlarni tahlil qilish va boshqarishda «Deming-Shuxart sikli» (Plan-Do-Study (Check)-Act) haqida qisqacha ma'lumotlar keltirilgan. Bizning natijalarimiz siklning ichida ma'lum bir vazifalarni bajarishda ishlatiladi.

4.2-paragrafda bir va ikki o'lchamli normal taqsimot bilan modellashtirilgan texnologik jarayonlarni stabilligini aniqlashga ko'maklashuvchi dasturiy majmuaning funksional imkoniyatlari keltirilgan. Ushbu yaratilgan dasturiy majmua obyektga yo'naltirilgan Delphi muhitida, foydalanuvchi uchun qulay interfeysda tuzilgan. Ishlab chiqilgan dasturiy majmua MS WINDOWS operatsion tizimining barcha versiyalariga mos tushadi.

Dasturdan ishlab chiqarishda texnologik jarayonning stabilligini aniqlashda, mashinasozlik zavodlarining ayrim sexlari va qo'shma korxonalarda ishchi hodimlar, muxandis va menejerlar hamda shu yo'nalishda ilmiy ish olib borayotgan izlanuvchilar ham foydalanishlari mumkin.

4.3-paragraf va 4.4-paragraflarda avtomobil ishlab chiqarish zavodining payvandlash va bo'yash sexlarida paydo bo'lgan va markazlashgan tokarlik stanogida gilzalar (qurol gilzasi, slindr gilzasi kabi) ishlab chiqarishdagi

muammolardan hosil bo'lgan keyslar tahlil qilinadi. Dissertatsiyada bu keyslarning asosan statistik yechimlari keltirilgan. Bu yechimlardan texnik qarorlar ishlab chiqish, albatta muhandislar bilan hamkorlik qilishni talab qiladi. Bunda foyda harajatlardan ancha yuqori bo'ladi.

XULOSA

«Normal taqsimot va nazorat kartalar asosida texnologik jarayonlarni stabilligini modellashtirish» mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Normal taqsimot bilan modellashtirilgan texnologik jarayonlarning stabilligini aniqlashning nazorat kartalar usuli U.Shuxartning turg'unlikni ta'minlagan holda stabillikni aniqlash usulini potensial imkoniyatlarini oshirganligini asoslab berildi.
2. Asimmetriya va eksess, Kolmogorov hamda Smirnov kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini bitta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqildi;
3. Smirnov va Styudent kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini ikkita ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqildi;
4. Smirnov va Fisher kriteriyalari yordamida texnologik jarayonning stabilligini uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalariga asoslangan matematik modellar ishlab chiqildi;
5. Texnologik jarayonning stabilligini bitta va ikki-uchta ko'rsatkich bilan aniqlovchi nazorat kartalarga asoslangan matematik modellarga asosan sonli algoritmlar ishlab chiqildi.
6. Ishlab chiqilgan matematik modellarni amalda ishlatishni osonlashtiruvchi dasturiy majmua yordamida texnologik jarayonlardagi ba'zi keyslar tahlil qilindi.
7. Ilmiy tadqiqot ishlarining natijalari «UZ Auto Motors» AJdagi Payvandlash sexida ikki panel orasidagi qo'yimni nazorat qilish operatsiyasida texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etildi.
8. «UZ Auto Motors» AJdagi Bo'yash sexida avtomobil korpusini gruntovka qilish operatsiyasidagi texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etildi.
9. Qurol ishlab chiqarish zavodining gilzalar tayyorlash texnologik operatsiyasida gilzaning qo'nuvchi nominal diametrini qo'yimini nazorat qilish operatsiyasidagi texnologik jarayonlarning stabilligini ta'minlashga tadbiiq etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**АНДИЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ЗАХРИДИНА МУХАММАДА БОБУРА**

АБЛАЗОВА КАМОЛА САХИБОВНА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И
КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ**

05.01.07– Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2024.1.PhD/Т3646.

Диссертация выполнена в Андижанском государственном университете им.З.М.Бобура. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.airi.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Ахмедов Сахиб Акбарович
кандидат физико-математических наук, доцент

Официальные оппоненты: Рахмонов Зафар Равшанович
доктор физико-математических наук, доцент

Мурадов Фаррух Абдукахарович
доктор философии (PhD) технических наук,
старший научный сотрудник

Ведущая организация: Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «27» декабрь 2024 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 при Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98; e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (регистрационный номер № _____). (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98).

Автореферат диссертации разослан «15» декабрь 2024 года.
(протокол рассылки № 19 от «10» декабрь 2024 года.).



Н. Равшанов
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.М. Нуралиев
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Э.Ш. Назирова
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, доктор технических
наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире сегодня одной из задач, имеющих научное и практическое значение, является повышение качества продукции путем обеспечения стабильности технологического процесса. Актуальным является вопрос разработки математических моделей, численных алгоритмов и программных средств, предназначенных для решения практических задач этой обширной сферы деятельности. Такими вопросами занимаются научно-технические работники в промышленно развитых странах мира, включая США, Японию, Китай, Германию, Корею, Великобританию, Российскую Федерацию и др.

На развитых предприятиях мира производится большое количество однородной продукции. Разработано несколько теоретических и практических моделей определения стабильности технологического процесса, направленных на повышение качества таких изделий. В настоящее время актуальными являются вопросы совершенствования модели контрольных карт при исследовании стабильности технологического процесса, создание численных алгоритмов и программных средств.

В нашей республике вышеуказанные проблемы возникли с приходом совместных предприятий. Для определения стабильности технологического процесса на этих предприятиях используются стандарты ISO или стандарты некоторых стран. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы: «...снижение потерь в отраслях и повышение эффективности использования ресурсов, прогнозирование... как отмечается, «² сокращение количества некачественной продукции в производстве требует дальнейшего совершенствования технологий разработки программных средств, направленных на повышение эффективности деятельности предприятий и заводов за счет предоставления методологии математического моделирования и вычислительного эксперимента, а также возможностей анализа, оперативного мониторинга и прогнозирования.

В Указах Президента Республики Узбекистан ПП №2909 от 20 апреля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования»; ПП №4708 от 7 мая 2020 года «О мерах по повышению качества образования и развитию научных исследований в области математики»; ПП № 3151 от 27 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему расширению участия отраслей и секторов экономики в повышении качества подготовки высокообразованных специалистов», УП №5847 от 9

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-6 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

октября 2019 года «Об утверждении концепции развития системы высшего образования республики узбекистан до 2030 года», ПП №4708 от 7 мая 2020 года «О мерах по повышению качества образования и развитию научных исследований в области математики» закон республики узбекистан, ЗРУ №-630 от 24 июля 2020 года «Об инновационной деятельности», Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы». Надеемся, что результаты диссертации помогут при выполнении задач вытекающих из вышеприведенных постановлений.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий VIII «Технология машиностроения».

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательской работой по решению задач управления качеством продукции статистическими методами за рубежом занимались американские ученые-практики У.Шухарт, Э.Деминг, Д.Джуран и другие, которые добились высоких результатов, применив метод контрольных карт статистическому обеспечению качества. Поскольку эти проблемы связаны с принципом проверки статистических гипотез использовались работы Д.Неймана, Э.Пирсона, А.Фишер а и А.Вальда для создания контрольных карт. Теоретические и практические работы А.Н.Колмогорова, Ю.К.Беляева, Б.В.Гнеденко, Л.Н.Большева, Н.В.Смирнова, Д.Химмелоблау, Э.Шиндовского, О.Шюрца, Р.Шторма, Б.Хенсена, Г. Тагути также внесли большой вклад в развитие этого направления. В настоящее время развитию метода КК и увеличение научно-методической работы по направлению приносят огромную пользу статьи и книги слудующих ученых: Б.Вудал, Ю.Р.Адлер, Д.Монтгомери, Х.Й.Миттаг, Х.Ринне, Ю.П. Адлер, В.А.Шпер, С.Ф.Жулинский, М.Аслам, Б.Коста, Р.Куинино, Д.Уилер, Д. Чамберс и др. Поэтому растет число научных работ по изучению процессов с помощью метода контрольных карт.

Республике Узбекистан в школе академика С.Х.Сирожиддинова были проанализированы некоторые вопросы приемочного контроля для обеспечения стабильности технологического процесса, по рекомендации академика Ш.К Фармонова в данной диссертации приведены новые результаты по определению стабильности технологического процесса при текущем контроле производства.

Анализ отраслевых исследований показал, что в процессе производства были предприняты попытки создать стабильный технологического процесса с моделями контрольных карт Шухарта, обеспечивающими устойчивость технологического процесса. Этот метод стал применяться на производственных предприятиях, в медицине, образовании, государственном управлении, малом и среднем бизнесе и

других отраслях. Однако математические модели, основанные на контрольных карт, обеспечивающие стабильность, не обнаружены. С усилиями по решению этих проблем, которые остались открытыми, были получены результаты диссертации.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения в котором была выполнена диссертация.

Диссертационное исследование было применено к исследовательской работе П-52421091471 «Разработка аппаратно-программного средства мониторинга водных ресурсов на основе концепции IoT» (2022-2023), выполненной в рамках сети «прикладные исследования» плана научно-исследовательской работы Андижанского государственного университета и выполненной в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми.

Цель исследования. Разработка математических моделей, определяющих стабильность технологического процесса, смоделированных с нормальным распределением, создание численных алгоритмов и программного комплекса для практического применения.

Задачи исследования:

разработка математических моделей на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по одному показателю с использованием критериев асимметрии и эксцесса, Колмогорова и Смирнова;

разработка математических моделей на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по двум-трем показателям с использованием критериев Смирнова, Стьюдента и Фишера;

разработка численных алгоритмов и создание программных комплексов облегчающие применения на практике и при анализе некоторых кейсов в технологического процесса разработанных математических моделей .

Объект исследования. Технологические процессы, при которых производится определенный продукт, характеризующиеся нормальным распределением.

Предмет исследования. Стабильность технологических процессов, характеризующаяся нормальным распределением.

Методы исследования. В исследовательской работе использованы методы теории вероятностей и математической статистики, статистической обработки данных наблюдений, численного и компьютерного моделирования и определения стабильности технологического процесса с помощью контрольных карт.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющие стабильность технологического процесса по одному показателю с помощью критериев асимметрии и эксцесса, Колмогорова и Смирнова;

разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющие стабильность технологического процесса по двум показателям с помощью критериев Смирнова и Стьюдента;

разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющие стабильность технологического процесса по трем показателям с помощью критериев Смирнова и Фишера;

разработаны численные алгоритмы для определения стабильности технологического процесса по одному и по двум-трем показателям на основе моделей контрольных карт.

Практические результаты исследования были применены:

в сварочном цехе «АО UZ Auto Motors» для обеспечения стабильности технологических процессов в операции контроля допуска между двумя панелями;

в цехе покраски «АО UZ Auto Motors» внедрено обеспечение стабильности технологических процессов в операции контроля допуска грунтовки кузова автомобиля;

для обеспечения стабильности технологического процесса в операции контроля допуска посадочного номинального диаметра гильзы.

Достоверность результатов исследования. Доказательство утверждений о нахождении пределов контрольных карт приведено с помощью методов доверительных интервалов, опирающихся на теоретические основы контрольных карт. Неизвестные параметры контрольных карт оценивались численными методами и таблицами на основе которых лежат методы численного анализа. Анализ кейсов и анализ стабильности технологического процесса выполнен в соответствии с принципами статистического обеспечения качества.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Результаты исследования служат повышению потенциальных возможностей модели контрольных карт. На практике полученные результаты и программный комплекс служит для обеспечения стабильности технологического процесса и качества продукции, выходящих в технологических операциях.

Приложения выводов исследования. Внедрение результатов исследований по результатам научных исследований в сварочных и малярных цехах «АО UZ Auto Motors» проведена следующая работа по обеспечению стабильности технологического процесса:

на объекте сварочного цеха применены математические модели контрольной карты асимметрии и эксцесса, Колмогорова и Смирнова

разработанные для определения стабильности технологического процесса. На основании научных результатов измерений в цехе была проверена и оценена стабильность технологического процесса (справочник хокимията Андижанской области Республики Узбекистан от 28 апреля 2023 года №11/37-238). В результате при подсчете доли дефектов в сварочном цехе 19,8%, т. е. 80,2%, сдано работ с поставленной целью. Выводы исследования на заводе G.S.I.P. по сравнению с 80% результатом в цехе сварки полученным в программе позволило почти полностью совпадать с нашими результатами по сравнению с целевым показателем.

для определения стабильности технологического процесса разработаны асимметрия и эксцессы, математические модели контрольных карт Колмогорова и Смирнова, примененные на объекте малярного цеха. На основании научных результатов измерений в цехе проверена и оценена стабильность технологического процесса (справочник хокимията Андижанской области Республики Узбекистан от 12 декабря 2024 года №06/20-101). В результате, при подсчете доли дефектов в малярном цехе, 13,7%, то есть 86,3%, были переданы работы с целью. Выводы исследования на заводе G.S.I.P. по сравнению с 86% результатом в цехе сварки полученным в программе позволило почти полностью совпадать с нашими результатами по сравнению с целевым показателем.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены в 3-ех международной и в 12-и республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 25 научных работ, из них 9-журнальные статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций. В том числе 4 из них в зарубежных и 5 в республиканских журналах и получено одно авторское свидетельство на регистрацию программного комплекса, созданного для ЭВМ.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 111 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИSSERTАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность и необходимость темы диссертации, цель и задачи исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, приведено степень изученности проблемы по теме, цель и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов,

сведения о внедрении результатов исследования, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В главе I диссертации «Современное состояние и системный анализ определения стабильности технологических процессов статистическими методами» приводится анализ ряда литератур в области статистического обеспечения качества выпускаемой продукции относительно важной характеристики, стабильности технологического процесса и ее обеспечения, при технологических операциях. В обзоре литературы описывается состояние научных исследований, проводимых в этой области в последние годы в мире.

В параграфе 1.1 излагаются соображения о значении в статистического обеспечения качества свойств стабильности, устойчивости, точности и воспроизводимости технологического процесса. Показана роль метода контрольных карт Шухарта и других методов в контроле таких свойств технологического процесса.

Допустим, X -рабочая характеристика конкретного продукта, τ -его номинальная значение, определенная инженером, и $[\tau - \Delta\tau; \tau + \Delta\tau]$ -допуск. По инженерному принципу если $X \in [\tau - \Delta\tau; \tau + \Delta\tau]$, тогда продукт действительный в противном случае он будет непригоден для использования или нуждается в ремонте. Шухарт обосновал идею о том, что почти все значения X устойчивого процесса располагаются в интервале $(a - 3\sigma, a + 3\sigma)$ длиной «шесть сигм», где $a = M(X)$ – математическое ожидание X , $\sigma = \sqrt{D(X)}$ - среднееквадратичное отклонение X .

На практике параметры в пределах интервала находят путем оценки: Если значения X измерены в единичных моментах $t = 1, 2, \dots, l$ и взяты мгновенные выборки (X_1, X_2, \dots, X_n) с объемом n , то оценкой a будет среднее значение $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ или медиана \tilde{X} , оценкой σ будет среднее квадратическое отклонение $S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ или выборочный размах $R = X_{max} - X_{min}$. В этом случае, если $n > 50$ интервал длины шести сигм Шухарта находится примерно так: $(\bar{X} - 3S; \bar{X} + 3S)$, границы интервала при малых n определяются из специальных таблиц. Шухарт наблюдает, как значения статистики $g = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ (в частности \bar{X} , \tilde{X} , R, S), относящиеся к качеству попадают в интервал $(a - 3\sigma, a + 3\sigma)$, $a = M(g)$; $\sigma = \sqrt{D(g)}$, то процесс считается устойчивым в противном случае считается неустойчивым.

Изображаем этот процесс в диаграмме. На горизонтально оси отметим номера единиц взятия выборок $t = 1, 2, \dots, l$, вертикальной оси значения g_t -значение g в момент t и числа $LCL_g = a - 3\sigma$, $CL_g = a$ и $UCL_g = a + 3\sigma$. Точки $(t; g_t)$ соединяем отрезками а через точки LCL_g, CL_g и UCL_g проведем параллельные линии к горизонтальной

оси. Полученная диаграмма называется контрольной картой g или коротко КК- g . На рисунке 1 ниже показан набросок одного из таких контрольных карт.

g_t

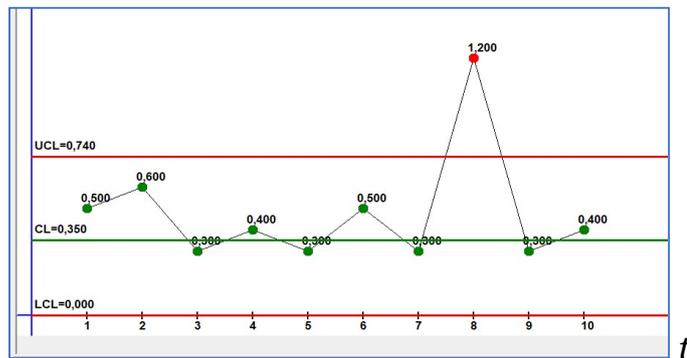


Рис.1. Диаграмма контрольных карт - g .

На рисунке 1 в выборках при $t=1-7, 9,10$ процесс находится в устойчивом состоянии, а при $t = 8$ -в неустойчивом состоянии. Шухарт установил правила для определения стабильности процесса на основе расположения структуры точек относительно линий LCL и UCL, называемых нижней и верхней границами контрольных карт, а также средней линии CL

В параграфе 1.2 проанализированы содержание и возможности научно-исследовательской работы, проводимой в направлении определения стабильности технологического процесса. В параграфе 1.3 изложено возникновение диссертационной задачи.

Во второй главе диссертации «Математические модели, определяющие устойчивость технологического процесса по одному показателю» построены математические модели, основанные на контрольных картах, найденных по статистике асимметрии-эксцесса и типа Колмогорова или Колмогорова-Смирнова, которые проверяют сохранение стандартной формы одномерной нормальной функции плотности числового признака X . Эти модели контрольных карт обеспечивают стабильность технологического процесса.

Предположим случайная величина X распределена нормально с параметрами $\mu_0 = M(X)$ и $\sigma_0^2 = D(X)$: $X \sim N(\mu_0; \sigma_0^2)$. В производстве параметры μ_0 и σ_0^2 даются как технические стандарты или оцениваются по предварительным выборкам, в то время когда технологического процесса в стабильном состоянии.

Пусть в единичные моменты времени $t = 1, 2, \dots, l$ из X взяты мгновенные выборки с постоянным объемом n : $\mathbf{X}_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$. В этом случае X представляет собой единичный показатель произведенного продукта в технологического процесса, $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$ обозначает результаты измерения X в единицу времени $t = 1, 2, \dots, l$.

В технологических операциях по случайным (простым) или важным причинам технологического процесса выходить из стабильного состояния, т.е. мы наблюдаем отклонение параметров от μ_0 и σ_0^2 . Чтобы проверить это мы в моментах времени $t = 1, 2, \dots, l$ по уровню значимости α проверяем следующих гипотез:

$$H_0: P(X < x) = F(x; \mu_0; \sigma_0^2); H_1: P(X < x) \neq F(x; \mu_0; \sigma_0^2).$$

Обозначим: $\bar{X}_{nt} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{kt}$ и $S_{nt}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^2$ соответственно выборочную среднюю и дисперсию X ;

$$a_{nt} = \frac{1}{nS_{nt}^3} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^3 \text{ и } \gamma_{nt} = \frac{1}{nS_{nt}^4} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^4$$

соответственно выборочный коэффициент асимметрии и эксцесса найденных на основе выборок $X_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$, $t = 1, 2, \dots, l$.

a_α и γ_α квантили распределений a_n и γ_n на уровне значимости α .

$Ch\{*\mid n-1\}$ -обозначим распределение χ^2 со степенью свободы $n-1$.

Математическая модель стабильности технологического процесса контрольных карт $a - \gamma$.

Если для выборок $(X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt})$, $t = \overline{1; l}$, выполняются следующие

$$\text{соотношения } S_{nt}^2 > LCL_a = \sqrt[3]{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}} \text{ и } S_{nt}^2 < UCL_\gamma = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}} \quad (1)$$

Здесь $\bar{\mu}_3 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \mu_{3t}$, $\mu_{3t} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^3$, то технологического процесса будет стабильным.

Приближенный расчет параметров этой математической модели осуществляется на основе численных методов. Вычисление этих параметров в реальных случаях осуществляются при помощи программного комплекса заданной в четвертой главе диссертации.

Разработаем численный алгоритм формирования диаграммы этой математической модель и для определения стабильности технологического процесса. На основе этого алгоритма создается программный комплекс.

Определение контрольной границы контрольных карт - a :

- 1) в начальной фазе производственного процесса в единицах времени $t = \overline{1; m}$ определим мгновенных выборки и находим \bar{X}_{nt} .
- 2) в моментах $t = \overline{1; m}$ находим μ_{3t} .
- 3) из найденных μ_{3t} определим среднее арифметическое $\bar{\mu}_3$ потом $\bar{\mu}_3^2$. Результат делим на $\gamma_{0,005}$, далее находим кубический корень и получим LCL_γ . Далее изображаем в Декартовых координатах;

Определение контрольной границы контрольных карт - γ :

- 4) определим $\mu_{4t} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^4$ в единичных моментах $t = \overline{1; l}$ используя выборки из 1);

5) определим среднее арифметическое $\bar{\mu}_4 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \mu_{4t}$, разделим на $\gamma_{0.005}$ и извлекаем корень квадратный и в итоге получаем UCL_γ . Далее изображаем в Декартовых координатах;

Вычисление значений S_{nt}^2 определяющих стабильность технологического процесса:

6) определим \bar{X}_{nt} в единичных моментах $t = \bar{1}; \bar{l}$ взяв мгновенные выборки из производственного процесса;

7) на основе выборок из 6) находим значения S_{nt}^2 и отметим в системе координат;

Анализ стабильности технологического процесса:

8) если в единичных моментах $t = \bar{1}; \bar{l}$ в диаграмме контрольных карт $a - \gamma$ выполнены неравенства $LCL_a < S_{nt}^2 < UCL_\gamma$ то технологического процесса будет стабильным в противном случае нестабилен.

Ниже приведен пример диаграммы математическая модель контрольных карт $a - \gamma$. При этом анализ стабильности технологического процесса приведен в соответствии с рисунком.

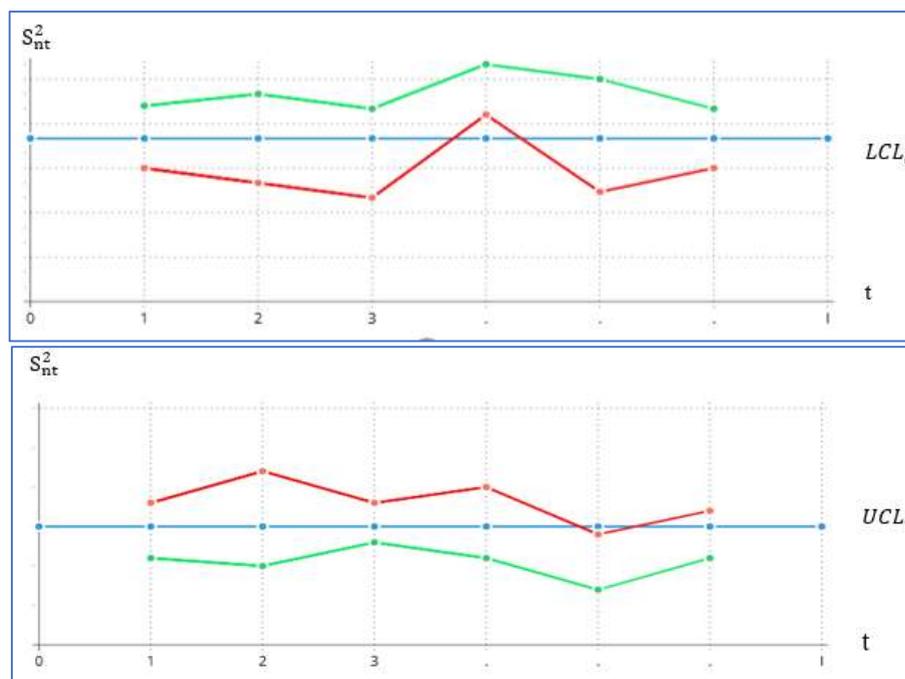


Рис.2. Диаграмма математическая модель контрольных карт $a - \gamma$

На рисунке точки, удовлетворяющие выше указанному неравенству (1), отмечены голубой преломляющей линией, если имеются не удовлетворяющие-красной преломляющей линией. Зеленая линия указывает на стабильный, красная-на нестабильный технологический процесс. При этом изображение выше указывает состояние асимметрии, а изображение ниже указывает на состояние эксцесса.

(1) математическая модель построен на основании ниже теорем приведенных в параграфе 2.1 диссертации, о нахождении пределов двойной контрольных карт $a - \gamma$ с односторонними границами. При этом контролируемая величина контрольных карт будет равно $g(X_t) = S_{nt}^2$.

Теорема 2.1 Пусть $\alpha = 0,01$ и верно гипотеза H_0 . Тогда нижняя контрольная граница КК a имеет следующий вид: $LCL = \sqrt[3]{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}}$. При этом

функция мощности КК - a определяется следующей формулой: $G_a(\sigma_t) = P(S_{nt}^2 \leq LCL) = Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt[3]{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{0,995}^2}} |n-1 \right\}$.

Теорема 2.2 Пусть $\alpha = 0,01$ и верно гипотеза H_0 , тогда границы контрольных карт γ имеют вид: $LCL = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,995}}}$; $UCL = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}}$.

При этом функция мощности КК γ определится следующей формулой:

$$G_\gamma(\sigma_t) = P(S_{nt}^2 \geq UCL) = 1 - Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{0,005}}} |n-1 \right\}$$

В параграфе 2.2 построено контрольная карта ρ на основе статистики Колмогорова при $X \sim N(\mu_0; \sigma_0^2)$, контрольная карта ρ^c на основе статистики типа Колмогорова-Смирнова при $X \sim N(\hat{\mu}_0; \hat{\sigma}_0^2)$, здесь $\hat{\mu}_0$ и $\hat{\sigma}_0^2$ оптимальные оценки μ_0 и σ_0^2 .

Из X берем выборку $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и построим вариационный ряд $X^* = (x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$. При уровне значимости α проверим следующие гипотезы: $H_0: P(X^* < x) = F(x; \bar{X}_n; S_n^2)$; $H_1: P(X^* < x) \neq F(x; \bar{X}_n; S_n^2)$.

Гипотез проверим при помощи критерия $D_n(\hat{\mu}_0, \hat{\sigma}_0^2) = \sqrt{n} \rho$. Известно, что если $D_n(\hat{\mu}_0, \hat{\sigma}_0^2) < k_{1-\alpha}^c$ то принимается H_0 при уровне значимости α в противном случае принимаем H_1 . При этом $k_{1-\alpha}^c$ находят из таблицы квантилей распределения типа Колмогорова-Смирнова.

Математическая модель стабильности технологического процесса контрольных карт - ρ^c .

Если для выборок $X^* = (x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$ $t = \overline{1; l}$, выполняются следующие соотношения:

$$\rho_t^c = \max_{1 \leq k \leq n} \left| \Phi(Y_{kt}^*) - \frac{2k-1}{2n} \right| + \frac{1}{2n} < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} = UCL_{\rho^c} \quad (2)$$

то технологического процесса будет в стабильном состоянии.

Приближенный расчет параметров этой математической модели осуществляется на основе численных методов. Вычисление этих параметров в реальных случаях осуществляются при помощи программного комплекса заданной в четвертой главе диссертации.

Разработаем численный алгоритм формирования диаграммы этой (2) математическая модель и для определения стабильности технологического процесса. На основе этого алгоритма создается программный комплекс

Определение границы контрольных карт $-\rho^c$:

1) определив $k_{0,99}^c$ из таблицы квантилей распределения Смирнова и разделив на \sqrt{n} , определим UCL_{ρ^c} и проведем верхнюю границу контрольных карт в декартовой системе координат;

Определение значений ρ_t^c определяющих стабильность технологического процесса:

2) $t = \overline{1;l}$ находим X^* ; \bar{X}_n и S_n ;

3) вычисляем показатель технологического процесса ρ_t^c при $t = \overline{1;l}$ и определяем значения в декартовой системе координат

Анализ стабильности технологического процесса:

4) если $t = \overline{1;l}$ в единицу времени $\rho_t^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ неравенство уместно, то технологического процесса будет стабильным, в противном случае он будет нестабильным.

Ниже приведен пример диаграммы математическая модель контрольных карт $-\rho^c$. При этом анализ стабильности технологического процесса приведен в соответствии с рисунком.

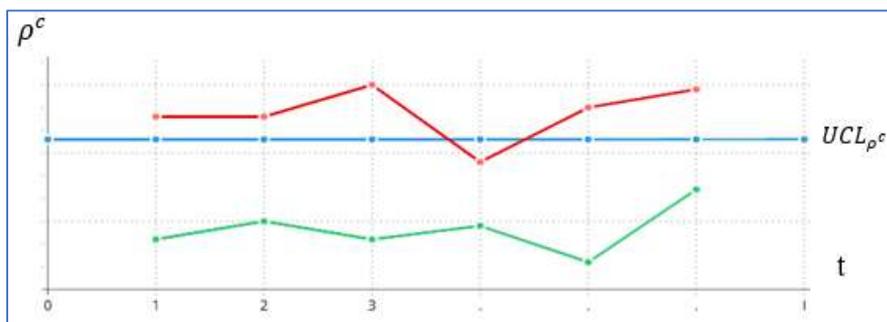


Рис.3. Диаграмма математическая модель контрольных карт $-\rho^c$.

На рисунке точки, удовлетворяющие приведенному выше неравенству (2), отмечены синей преломляющей линией, если имеются не удовлетворяющие-красной преломляющей линией. Зеленая линия указывает на стабильный, красная-на нестабильный технологический процесс.

(2) математическая модель построен на основе приведенной в параграфе 2.2 диссертации ниже теоремы о нахождении пределов контрольных карт $-\rho^c$ с односторонней границей. При этом контролируемая величина контрольных карт будет равно $g(X^*) = \rho^c$.

Теорема 2.3 Пусть $\alpha = 0,01$ и верно гипотеза H_0 , тогда верхняя контрольная граница контрольных карт ρ^c имеет следующий вид: $UCL = \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$.

В параграфе 2.3 показано построение контрольных карт $a - \gamma$ и ρ^c на примере изучения некоторых проблем в цехах сварки и краски в автомобильном заводе. Далее в параграфе 4.3 главы IV диссертации мы это используем для анализа кейсов.

В главе III под названием «**Математические модели, определяющие стабильность технологического процесса по двум-трем показателям**» показано, что проверка нормальности двумерного числового признака сводится к проверке нормальности компонент и линейной зависимости (или независимости) этих компонент.

В параграфе 3.1 обосновывается сведение проверки нормальности системы (X, Y) к одномерному случаю используя критерии согласия.

В параграфе 3.2 построена математическая модель контрольных карт на основе критериев Колмогорова, Смирнова и Стюдента. Мы приводим необходимые понятия, чтобы привести результаты.

Из генеральной совокупности (X, Y) берем выборку объема n :

$(\bar{X}, \bar{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$. Обозначим через $\rho(x, y)$ и $r(x, y)$ соответственно коэффициент корреляции и выборочную коэффициент корреляции между X и Y .

На практике независимость X и Y осуществляется проверкой следующих гипотез: $H_0: \rho(X, Y) = 0$; $H_1: \rho(X, Y) \neq 0$.

Если верно гипотеза H_1 и (X, Y) нормально распределена, то линейную зависимость X и Y сводится к проверке гипотез:

$H_0^*: \rho(X, Y) = \rho_0$; $H_1^*: \rho(X, Y) \neq \rho_0$, здесь ρ_0 выдвинутое (гипотетическое) значение $\rho(x, y)$ и оно показывает степень линейной зависимости.

Известно, что проверка гипотез H_0 и H_1 осуществляется при помощи критерия $\tilde{T} = \frac{r(x, y)\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2(x, y)}}$. При верности гипотезы H_0 \tilde{T} подчиняется распределению Стюдента с $n - 2$ степенью свободы и при $|\tilde{T}| < t(\alpha, n - 2)$ принимается гипотеза H_0 , в противном случае принимается H_1 при уровне значимости α . Здесь $t(\alpha, n - 2)$ критическая точка распределения Стюдента.

При проверке гипотезы H_0^* используются выборочная функция Р.А.Фишера: $W = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r(x, y)}{1-r(x, y)} = \operatorname{argth}(r(x, y))$

Известно, что при верности H_0^* распределение W будет асимптотически нормальной и при $n \geq 20$ имеют место приближенные формулы:

$M(W) \approx \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} + \frac{\rho_0}{2(n-3)}$, $D(W) \approx \frac{1}{n-3}$. При этом $Z_W = \frac{W-M(W)}{\sqrt{D(W)}} \sim N(0,1)$.

Если $Z_W < \psi(\alpha)$ нет оснований отвергнуть гипотезу H_0^* в противном случае верно H_1^* . Здесь $\psi(\alpha)$ квантиль распределения $N(0,1)$.

Математическая модель стабильности технологического процесса контрольных карт $\rho_x - \rho_y$.

Если $n \geq 20$ и для выборок $(\bar{X}, \bar{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ взятых в единицах времени $t = \bar{1}; \bar{l}$ выполняется одновременно следующие соотношения:

$$\rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \text{ и } \rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

то технологического процесса будет стабильным.

Приближенный расчет параметров этой математической модели осуществляется на основе численных методов. Вычисление этих параметров в реальных случаях осуществляются при помощи программного комплекса заданной в четвертой главе диссертации.

Разработаем численный алгоритм формирования диаграммы этой математической модели и для определения стабильности технологического процесса. На основе этого алгоритма создается программный комплекс.

Определение границ контрольных карт $\rho_x - \rho_y$:

- 1) определив $k_{0,99}^c$ из таблицы квантилей распределения Смирнова и разделив на \sqrt{n} определим UCL_{ρ^c} и проведем верхнюю границу контрольных карт в декартовой системе координат ($UCL_{\rho_x} = UCL_{\rho_y}$);
- 2) при $n \geq 20$ получаем выборки (\bar{X}, \bar{Y}) в единицах времени $t = \bar{1}; \bar{l}$ и строим КК Смирнова по каждой координате;

Определение значений показателей, ρ_x^c и ρ_y^c , стабильности технологического процесса:

- 3) из 2) составим выборку X и X^* , находим \bar{X}_n и S_n ;
- 4) из 2) составим выборку $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ и составим вариационный ряд $Y^* = (y^*_1, y^*_2, \dots, y^*_n)$. Далее находим среднее значение \bar{Y}_n и S_n .
- 5) вычислим значения показателя определяющие стабильность технологического процесса при $t = \bar{1}; \bar{l}$ ρ_x^c и значения отмечаем в Декартовых координатах
- 6) вычислим значения показателя определяющие стабильность технологического процесса при $t = \bar{1}; \bar{l}$ ρ_y^c и значения отмечаем в Декартовых координатах.

Анализ стабильности технологического процесса:

7) если при $t = \overline{1; l}$ выполняются соотношения $\rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$ и $\rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}$, то ТП будет стабильным, а в противном случае нестабильным.

Ниже приведен пример диаграммы математическая модель (3). При этом анализ стабильности технологического процесса приведен в соответствии с рисунком.

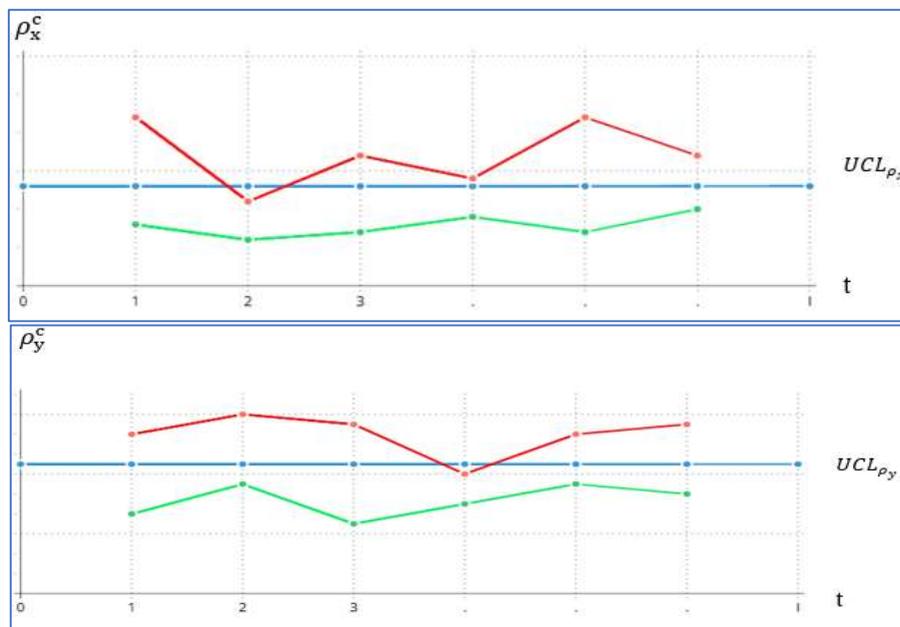


Рис.4. Диаграмма математическая модели контрольных карт

$$\rho_x - \rho_y \cdot$$

На рисунке точки, удовлетворяющие приведенному выше неравенству (3), отмечены голубой преломляющей линией, если имеются не удовлетворяющие-красной преломляющей линией. Зеленая линия указывает на стабильный, красная-на нестабильный технологический процесс. При этом изображение выше определяет стабильность процесса для первой компоненты, а изображение ниже определяет стабильность процесса для второй компоненты.

Математическая модель (3) основано нижеприводимой теореме определяющее контрольных карт r , которая проверяет независимость компонент системы (X, Y) . При этом $g[(\bar{x}, \bar{y})] = r(x, y)$:

Теорема 3.4 Пусть $\alpha = 0,01$ и верно гипотеза H_0 . Тогда при фиксированном n контрольные границы контрольных карт r определяются следующими формулами:

$$LCL = -\frac{t(0,01;n-2)}{\sqrt{n-2+t^2(0,01;n-2)}}, \quad UCL = \frac{t(0,01;n-2)}{\sqrt{n-2+t^2(0,01;n-2)}}$$

Если компоненты системы останутся зависимыми, то математическая модель, определяющая стабильность технологического процесса, будет выглядеть следующим образом:

Тройная $\rho_x - \rho_y - r^*$ КК - математическая модель стабильности технологического процесса

Если $n \geq 20$ и для выборок $(\overline{X}, \overline{Y}) = \{(x_1, y_1); (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ взятых в единицах времени $t = \overline{1}; \overline{l}$ выполняется одновременно следующие соотношения:

$$\rho_x^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}}, \rho_y^c < \frac{k_{0,99}^c}{\sqrt{n}} \text{ и } LCL_{r^*} = th(z_1) < r(x, y) < th(z_2) = UCL_{r^*} \quad (4)$$

Здесь $z_1 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} - \frac{\psi(1-\alpha)}{\sqrt{n-3}}$, $z_2 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} + \frac{\psi(1-\alpha)}{\sqrt{n-3}}$ то ТП будет стабильным.

Приближенный расчет параметров этой математической модели осуществляется на основе численных методов. Вычисление этих параметров в реальных случаях осуществляются при помощи программного комплекса заданной в четвертой главе диссертации.

Разработаем численный алгоритм формирования диаграммы этой математической модель и для определения стабильности технологического процесса. На основе этого алгоритма создается программный комплекс.

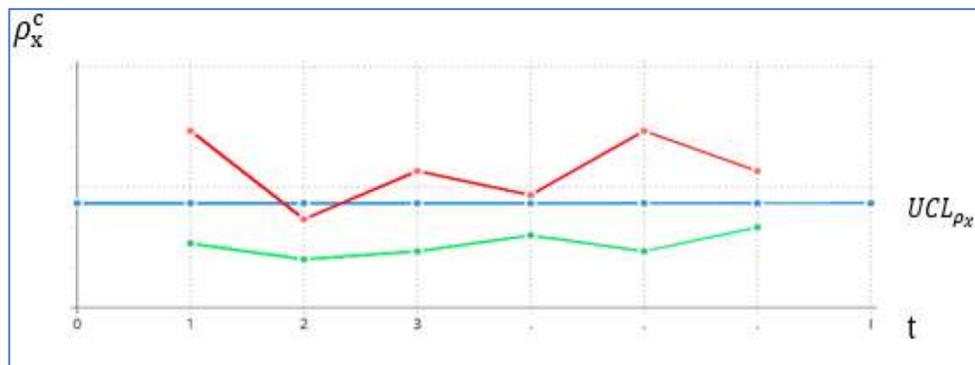
Определение границ контрольных карт $\rho_x - \rho_y$ осуществляется подобно модели (3).

Граница КК $-r^*$ по формулам: $LCL_{r^*} = th(z_1)$ и $UCL_{r^*} = th(z_2)$. Построим эти линии в Декартовой системе координат.

Анализ стабильности технологического процесса:

если выполнено вышеуказанное неравенство (4) то технологический процесс будет стабильным, в противном случае он будет нестабильным.

Ниже приведен пример диаграммы математической модель (4). При этом анализ стабильности технологического процесса приведен в соответствии с рисунком.



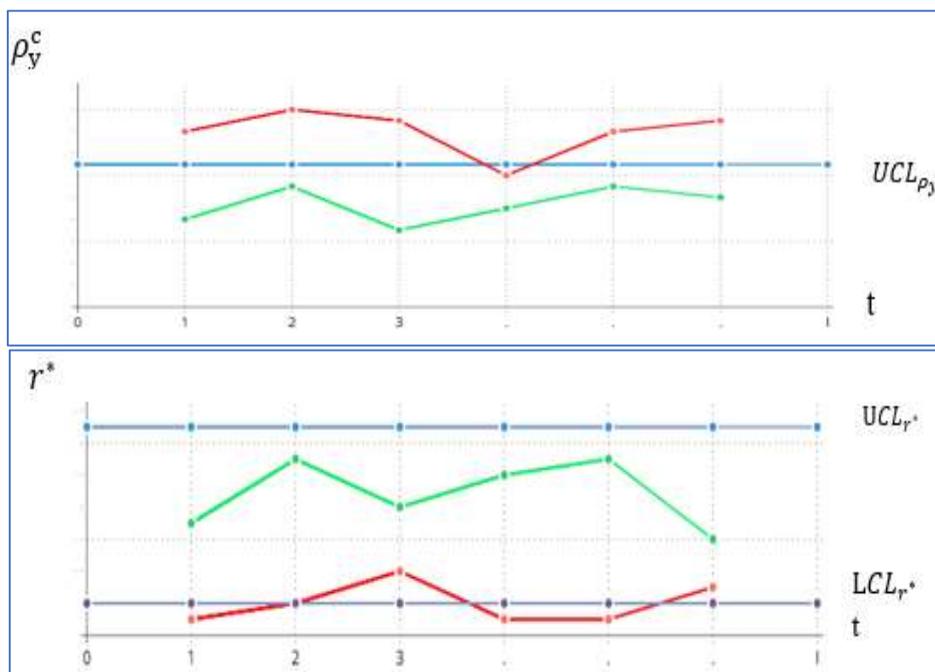


Рис.5. Диаграмма математическая модель контрольных карт $\rho_x - \rho_y - r^*$.

На рисунке точки, удовлетворяющие приведенному выше неравенству (4), отмечены синей преломляющей линией, если имеются не удовлетворяющие-красной преломляющей линией. Зеленая линия указывает на стабильный, красная-на нестабильный технологический процесс. При этом рисунок выше определяет стабильность процесса по первому компоненту, средний-стабильность процесса по второму компоненту, а нижний-линейную зависимость этих компонентов.

Математическая модель (4) основано ниже приводимой теореме определяющее контрольных карт- r^* , которая проверяет линейную зависимость компонент системы (X, Y) . При этом $g[(\bar{x}, \bar{y})] = r(x, y)$.

Теорема 3.5. Пусть верно гипотеза $H_0^*: \rho(X, Y) = \rho_0$. Тогда при постоянном n и $\alpha = 0,005$ границы контрольных карт r^* определяются следующими формулами: $LCL = th(z_1)$; $UCL = th(z_2)$.

При этом функция мощности КК- r^* имеет вид: $G(r) = 1 - \Phi\left(\frac{argt(UCL) - a(r)}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{argth(LCL) - a(r)}{\sigma}\right)$, здесь $\Phi(*) \sim N(0,1)$ -нормальное распределение, $a(r) \approx \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} + \frac{r}{2(n-3)}$, $\sigma \approx \frac{1}{\sqrt{n-3}}$; $n \geq 20$.

В параграфе 3.4 показано на примере использование математическая модель (4) к обеспечению стабильности технологических процессов в операции контроля допуска номинального диаметра гильзы в технологической операции изготовления гильзы оружейного завода.

Глава IV диссертации под названием «Программный комплекс и анализ кейсов, определяющих стабильность технологического процесса» содержит статистические методы анализа проблем,

возникающих в заводской практике, а также решения по устранению неполадок.

В параграфе 4.1 приведены краткие сведения о «Цикле Деминга-Шухарта» (Планируй-Делай-Изучай (проверяй)-Действуй) при анализе и управлении технологического процесса. При этом наши результаты используются для выполнения определенных задач внутри цикла.

В параграфе 4.2 приведены функциональные возможности программного комплекса, который способствует определению стабильности технологических процессов, моделируемых одномерным или двумерным нормальным распределением.

Программный комплекс создан в удобном для пользователя интерфейсе на языке Object Pascal Delphi, который используется для определения стабильности технологического процесса на производстве, им можно пользоваться сотрудники, инженеры и менеджеры отдельных цехов машиностроительных заводов и совместных предприятий, а также исследователи, которые ведут научную работу в этом направлении.

В параграфах 4.3 и 4.4 анализируются кейсы, которые появляются в цехах сварки и краски на заводе по производству автомобилей и при производстве гильзы (таких как оружейная гильза, гильза цилиндра) в централизованном токарном станке.

В диссертации представлены в основном статистические решения этих кейсов. Разработка технических решений требует сотрудничества с инженерами. В этом случае стоимость прибыли будет намного выше, чем расходы на статистические инструменты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведенных в диссертации доктора философских наук (PhD) на тему «Моделирование стабильности технологических процессов на основе нормальных распределений и контрольных карт» были представлены следующие выводы:

1. Метод контрольных карт определения стабильности технологических процессов, смоделированных с нормальным распределением увеличивает потенциальные возможности метода контрольных карт У.Шухарта, которая определяет стабильность путем обеспечения устойчивости.
2. Разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по одному показателю, с использованием критериев асимметрии и эксцесса, Колмогорова и Смирнова;
3. С помощью критериев Смирнова и Стюдента разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по двум показателям;

4. С помощью критериев Смирнова и Фишера разработаны математические модели на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по трем показателям;
5. Разработаны численные алгоритмы на основе математических моделей на основе контрольных карт, определяющих стабильность технологического процесса по одному и двум-трем показателям.
6. С помощью программного комплекса, облегчающего применение на практике разработанных математических моделей, были проанализированы некоторые кейсы технологических процессов.
7. Результаты научно-исследовательской работы были применены в сварочном цехе «АО UZ Auto Motors» для обеспечения стабильности технологических процессов в операции контроля ставок между двумя панелями.
8. Внедрен для обеспечения стабильности технологических процессов в операции грунтовки кузова автомобиля в цехе покраски «АО UZ Auto Motors».
9. Внедрен в технологическую операцию изготовления гильз оружейного завода по обеспечению стабильности технологических процессов в операции контроля за ставкой номинального диаметра гильзы.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30/12.2021.T.142.01 AT RESEARCH INSTITUTE FOR
DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

ANDIZHAN STATE UNIVERSITY

ABLAZOVA KAMOLA SAXIBOVNA

**MODELING THE STABILITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
BASED ON NORMAL DISTRIBUTION AND CONTROL CHARTS**

05.01.07 – Mathematical modeling. Numerical methods and software complexes

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2024.1.PhD/T3646.

The dissertation has been prepared at the Andijan State University after Zahiriddin Muhammad Babur.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.airi.uz) and the website of «ZiyoNet» Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: **Akhmedov Sohijjon Akbarovich**
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent

Official opponents: **Raxmonov Zafar Ravshanovich**
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Docent

Muradov Farrux Abdukaxarovich
Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences,
Senior Researcher

Leading organization: **Tashkent State Transport University**

The defense will take place on « 27 » december 2024 at 14⁰⁰ the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute of Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Research Institute of Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (is registered under No ____). (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98).

Abstract of dissertation sent out on « 15 » december 2024 year.
(mailing report No. 19 on « 10 » december 2024 year).

N. Ravshanov
Chairman of the Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M. Nuraliyev
Scientific Secretary of Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

E. Sh.Nazirova
Chairman of the Scientific Seminar Under the Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor



INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research. Development of mathematical models that determine the stability of technological processes modeled with a normal distribution, creation and implementation of numerical algorithms and software packages.

The object of the study. Technological processes in which a certain product is produced, characterized by a normal distribution.

The scientific novelty of the study is as follows:

using asymmetry and excess, the criteria of Kolmogorov and Smirnov, mathematical models have been developed based on control charts that determine the stability of the technological process with one indicator;

using the Smirnov and Student criteria, mathematical models based on control charts that determine the stability of the technological process with two or three indicators have been developed;

using the Smirnov and Fisher criteria, mathematical models based on control charts that determine the stability of the technological process with two or three indicators have been developed;

numerical algorithms have been developed to determine the stability of the technological process by one or two or three indicators based on control chart models.

Implementation of the research results.

Based on the results of ensuring the stability of technological processes in the welding and painting shops of JSC «UZ Auto Motors», the following results were achieved:

the mathematical models of asymmetry and excess, Kolmogorov and Smirnov control charts developed to determine the stability of the technological process were used in the welding workshop facility. The stability of the technological process was checked and evaluated on the basis of scientific results from the measurement data in the workshop (Reference No. 11/37-238 dated April 28, 2023 of the Andijan regional administration of the Republic of Uzbekistan). As a result, the work was assigned with a goal of 19.8%, i.e. 80.2%, when the percentage of defects is calculated in the welding shop. Compared with the target of 80% obtained from the G.S.I.P. welding shop at the factory, it almost coincided with our results;

to determine the stability of the technological process, developed asymmetry and excess, Kolmogorov and Smirnov control chart mathematical models were used in the object of the painting shop. The stability of the technological process was checked and evaluated on the basis of scientific results from the measurement data in the workshop (Reference No. 06/20-101 dated December 12, 2024 of the Andijan regional administration of the Republic of Uzbekistan). As a result, the percentage of defects in the painting workshop was 13.7%, i.e. 86.3%. Compared to the target of 86% obtained from the paint

shop under the G.S.I.P program at the factory, it almost overlapped with our results.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 111 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I Bo'lim (I часть; I part)

1. Ablazova K.S. Some control chart based on the consent criteria. // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. – Philadelphia, 2019. –№11. –P. 23-28. (№5; Impact Factor ISI=0.8).
2. Ablazova K.S. On a statistical control of a technological process described by a two-dimensional normal distribution. // International Journal of Statistics and Applied Mathematics. – India, 2020. –№5(4). -P.131-134. (№12; IF=5.34).
3. Ablazova K.S. Three-dimensional control charts for regulating processes described by a two-dimensional normal distribution. // Mathematics and Statistics. – USA. –2022. –№.3. Vol.10. –Pp. 463-467. (№3; Scopus IF=0.67).
4. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. Некоторые статистические инструменты при исследовании устойчивости технологического процесса. // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – 2019-№3. С.16-19. (05.00.00; №9)
5. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. Некоторые контрольные карты основанные на статистические гипотезы относительно корреляций двух измеримых признаков // Бюллетень Института математики.-Ташкент. 2019. №6.-С.7-12. (01.00.00; №17)
6. Ахмедов С.А., Аблазова К.С.ва бошқалар. Жараёнларни нормализация текширишининг назорат карталар усули. // Илмий хабарнома. – Андижон. – 2015. №4: Б.5-9. (01.00.00;№13)
7. Аблазова К.С. Некоторые инновационные статистические инструменты при исследовании устойчивости производственного процесса. // Андижон давлат университети илмий хабарномаси. –2020. – №1. –.104-107б. (01.00.00;№13)
8. К.С.Аблазова, Статистическое моделирование стабильности технологического процесса при помощи контрольных карт и ее приложения // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент.2023. – №3(49) — С. 124-135 (05.00.00; №23)

II bo'lim (II часть; II part)

9. Ахмедов С.А., Эгамбердиева Б.Г., Захидов Д.Г., Аблазова К О функциях мощности контрольных карт асимметрии и эксцесса нормального процесса. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. Россия., 2014.-3:С.259-260.
10. Ablazova K «On statistical tools-new control charts that ensure the

stability of technological processes», // Международная конференция «Современная математика и ее приложения», Узбекистан 2021 года 19-21 ноября, С.128.

11. Ablazova K.S. O.M.Maribjonova, N.N.Ne`matova «Normal taqsimot bilan modellashtirilgan texnologik jarayonlarni stabilligini aniqlashning nazorat kartalar usuli» // «Uchinchi renessans yosh olimlari: zamonaviy vazifalar, innovatsiya va istiqbol» xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to'plami. Toshkent-2024 B.18-21.

12. Ablazova K.S «Systematic analysis of determining the sustainability of technological processes using statistical methods» // «Scientific aspects and trends in the field of scientific research» International scientific-online conference: Polsha (Varshava)-2024, 30-oktyabr. P 30-35

13. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. Некоторые инновационные статистические инструменты при исследовании устойчивости производственного процесса. // Республиканской научной конференции «Современные проблемы теории вероятностей и математической статистики». – Ташкент. – 2019. – С.11-14.

14. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. О статистическом управлении нормального процесса на промежутке времени. // «Бошқарув, Оптимизация ва динамик системалар-2019» хорижий олимлар иштирокида Республика илмий конференция. – Андижон. – 2019. – Б.136-137.

15. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. Об управлении процессом, описываемым двумерным нормальным распределением при помощи контрольных карт. // Научно практическая конференция «Статистика и ее применения». – Ташкент. – 2019. – С.211-212.

16. Аблазова К.С., Каримова Н., Исмоилов К., Танланма асимметрия ва эксцесс коэффициентларининг лимит тақсимотлари ҳақида. // «Замонавий математиканинг назарий асослари ва амалий масалалари» мавзусидаги Республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман. – АДУ. – 2022. Б.100.

17. Аблазова К.С. Махсулот сифатини текширишда статистик усуллардан фойдаланиш ҳақида. // «Математика фанини таълим тизимида ва олий таълимни ишлаб чиқариш билан интеграциялашув жараёнидаги долзарб муаммолари» мавзусида республика илмий-амалий анжумани. – Андижон Машинасозлик Институти. – 2021. Б. 236-237.

18. Аблазова К.С. Икки ўлчовли нормал тақсимот билан тавсифланган бир технологик жараёни назорат карталар ёрдамида бошқариш ҳақида. // Республиканской научной конференции «Современные проблемы теории вероятностей и математической статистики». Ташкент.–2020. –С.104-108.

19. Аблазова К.С. Заводдаги технологик операцияларда чиқаётган нуқсонлар улушини статистик методлар билан аниқлаш босқичлари ҳақида. // Республиканская научная конференция с участием зарубежных ученых «Сарымсаковские чтения». Ташкент. – 2021. –С.312-314.

20. Аблазова К.С. Технологик жараёнларда сифатсиз махсулотлар

чиқишини олдини олишда НКлардан фойдаланиш ҳақида. // Академик Ш.Қ.Фармонов таваллудининг 80 йиллигига бағишланган «Стохастик таҳлилнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги илмий конференция. – Ташкент. – 2021.Б. 642-644.

21. Ахмедов С.А., К.С.Аблазова «Технологик жараёнларнинг стабиллигини таъминловчи статистик инструментлар-янги назорат карталар ҳақида», «Ilm-fan va ta'lim - mamlakat taraqqiyotining muhim omili» mavzusida Respublika ilmiy-amaliy anjuman, ADU.-2021.- Б.34.

22. Ахмедов С.А., Юлдашев Х, Аблазова К.С., «Жараёнларни статистик бошқаришда назорат карталар методининг моҳияти ва баъзи янги натижалар» // «Замонавий математиканинг назарий асослари ва амалий масалалари» мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман, АДУ.- 2022.-Б.110.

23. Ахмедов С.А., К.С.Аблазова, «Технологик жараённинг ҳолатини аниқловчи назорат карталарни таққослаш ҳақида» // Наманган давлат университетиди «Ёш математикларнинг янги теоремалари - 2022» мавзусида Республика миқёсида анжуман. Наманган .-2022.- Б.221.

24. Ahmedov S.A., Ablazova K.S. «Technologik jarayonlarni stabililigini aniqlovchi statistik modellar haqida» // Amaliy matematikaning zamonaviy muammolari va istiqbollari mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya Qarshi.-2024.- В.145-148.

25. Ablazova K. Technologik jarayonlarning dinamikasini yangi nazorat kartalar bilan tahlil qilish. //O‘zbekiston respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. № DGU 21254. 16.12.2022.

Avtoreferat «Informatika va energetika muammolari O‘zbekiston jurnali» tahririyatida tahrirdan o‘tqazildi va o‘zbek, rus tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.