

**Avtomobilsozlik korxonalarida IATF 16949 standartini joriy etishda sifatni optimallashtirishning statistik modellari***Maxmudova Muhayyo**Magistrant, Andijon davlat texnika institute**Xamdamov Baxrom Raimjanovich**dotsent, PhD, Andijon davlat texnika institute***ANNOTATSIYA****O‘zbek tilida:**

Ushbu maqolada avtomobilsozlik korxonalarida IATF 16949 sifat menejmenti tizimi talablarini joriy etish jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillar  $2^3$  faktorial eksperiment yordamida o'rganilgan. Tadqiqotda uchta asosiy omil (ichki audit chastotasi, xodimlarning malakasi, yetkazib beruvchilarni baholash tizimi) tanlangan va ularning mahsulot sifatiga muvofiqlik indeksiga ta'siri tahlil qilingan. Dispersiya tahlili (ANOVA) asosida omillarning ahamiyatligi baholangan. Olingan natijalar asosida matematik model ishlab chiqilgan va optimal standartlarni joriy etish kombinatsiyasi aniqlangan. Taklif etilayotgan metodologiya avtomobilsozlik korxonalarida IATF 16949 talablarini iqtisodiy va texnologik jihatdan samarali joriy etish imkonini beradi. **Kalit so'zlar:** IATF 16949, avtomobilsozlik, sifat menejmenti,  $2^3$  faktorial eksperiment, ANOVA, matematik model, ichki audit, yetkazib beruvchilarni baholash.

**RUS TILIDA (РУССКИЙ ЯЗЫК)****Статистические модели оптимизации качества при внедрении стандарта IATF 16949 на автомобилестроительных предприятиях***Махмудова Мухайё**Магистрант, Андижанский государственный  
технический институт**Хамдамов Бахром Раимжанович**доцент, PhD, Андижанский государственный  
технический институт***АННОТАЦИЯ**

В данной статье с помощью  $2^3$  факторного эксперимента изучены основные факторы, влияющие на процесс внедрения требований системы менеджмента качества IATF 16949 на автомобилестроительных предприятиях. В исследовании выбраны три основных фактора (частота внутреннего аудита, квалификация персонала, система оценки поставщиков) и проанализировано их влияние на



индекс соответствия качества продукции. На основе дисперсионного анализа (ANOVA) оценена значимость факторов. По полученным результатам разработана математическая модель и определена оптимальная комбинация внедрения стандартов. Предлагаемая методология позволяет экономически и технологически эффективно внедрять требования IATF 16949 на автомобилестроительных предприятиях.

**Ключевые слова:** IATF 16949, автомобилестроение, менеджмент качества, 2<sup>3</sup> факторный эксперимент, ANOVA, математическая модель, внутренний аудит, оценка поставщиков.

### INGLIZ TILIDA (ENGLISH LANGUAGE)

#### Statistical models of quality optimization when implementing the IATF 16949 standard in automotive enterprises

**Maxmudova Muhayyo**

*Master's student, Andijan State Technical Institute*

**Xamdamov Baxrom Raimjanovich**

*Associate Professor, PhD, Andijan State Technical Institute*

#### ABSTRACT

This article studies the main factors influencing the implementation process of IATF 16949 quality management system requirements in automotive enterprises using a 2<sup>3</sup> factorial experiment. Three main factors (internal audit frequency, personnel qualification, supplier evaluation system) were selected and their influence on the product quality conformity index was analyzed. The significance of the factors was assessed based on analysis of variance (ANOVA). A mathematical model was developed based on the obtained results, and the optimal combination for implementing the standards was determined. The proposed methodology allows automotive enterprises to implement IATF 16949 requirements in an economically and technologically efficient manner.

**Keywords:** IATF 16949, automotive industry, quality management, 2<sup>3</sup> factorial experiment, ANOVA, mathematical model, internal audit, supplier evaluation.

#### KIRISH

1.1. IATF 16949 standartining avtomobilsozlik sanoatidagi o‘rni

IATF 16949 (International Automotive Task Force) – avtomobilsozlik sanoati uchun ishlab chiqilgan xalqaro sifat menejmenti tizimi standarti hisoblanadi. Ushbu standart ISO 9001 talablariga asoslangan bo‘lib, avtomobil sanoatiga xos qo‘shimcha talablarni o‘z ichiga oladi. IATF 16949 ning asosiy maqsadi – avtomobilsozlik korxonalarida



mahsulot sifatini oshirish, nuqsonlarni kamaytirish va ta'minot zanjirida uzluksiz takomillashtirishni ta'minlashdir.

So'nggi yillarda O'zbekiston avtomobilsozlik sanoati jadal rivojlanmoqda. "UzAuto Motors", "SamAuto" va boshqa korxonalar xalqaro bozorga chiqish va eksport salohiyatini oshirish maqsadida IATF 16949 standartini joriy etishga intilmoqda. Biroq, ushbu standartni mahalliy korxonalarda joriy etish quyidagi muammolar bilan bog'liq:

- **Yuqori talablar:** IATF 16949 100 dan ortiq qo'shimcha talablarni o'z ichiga oladi;
- **Malakali kadrlar yetishmasligi:** standartni tushunadigan va amalda qo'llay oladigan mutaxassislar kam;
- **Yetkazib beruvchilar zanjirining murakkabligi:** ko'plab mahalliy yetkazib beruvchilar standart talablariga javob bermaydi;
- **Hujjatlashtirish hajmining kattaligi:** 50 dan ortiq majburiy hujjat shakllari talab qilinadi;
- **Ichki audit tizimini yo'lga qo'yish qiyinchiliklari:** malakali auditorlar yetishmasligi.

### 1.2. Tadqiqot muammosi

An'anaviy yondashuvda IATF 16949 standartini to'liq va bir vaqtda joriy etish mahalliy korxonalar uchun iqtisodiy jihatdan samarasiz va texnologik jihatdan imkonsizdir. Shu sababli, standart talablaridan qaysi birlari mahsulot sifatiga eng kuchli ta'sir ko'rsatishini aniqlash va ularni **bosqichma-bosqich, moslashtirilgan holda** joriy etish muhim ilmiy- amaliy vazifa hisoblanadi.

### 1.3. Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Ushbu tadqiqotning maqsadi – avtomobilsozlik korxonasida IATF 16949 standarti talablarini joriy etish jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillarni  $2^3$  faktorial eksperiment yordamida o'rganish, statistik tahlil qilish va matematik model ishlab chiqish.

#### Tadqiqot vazifalari:

1. IATF 16949 talablaridan mahsulot sifatiga ta'sir qiluvchi 3 ta asosiy omilni tanlash;
2.  $2^3$  faktorial eksperiment matritsasini tuzish va tajriba o'tkazish;
3. Dispersiya tahlili (ANOVA) yordamida omillarning ahamiyatligini baholash;
4. Matematik model ishlab chiqish va optimal kombinatsiyani aniqlash;
5. Amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

### MATERIALLAR VA METODLAR



### 2.1. Tadqiqot ob'ekti

Tadqiqot ob'ekti sifatida O'zbekistonning eng yirik avtomobilsozlik korxonasi – "UzAuto Motors" AJning ehtiyot qismlar ishlab chiqaruvchi tarkibiy bo'limi tanlab olindi. Korxonada quyidagi mahsulotlarni ishlab chiqaradi: dvigatel pistonlari; karter detallari; tormoz kolodkalari; rul boshqaruvi detallari; osma tizim detallari.

Tadqiqot davomida mahsulotlarning 5 turi (piston, karter, tormoz kolodkasi, rul detali, osma detal) bo'yicha sifat tahlili o'tkazildi. Har bir mahsulot turidan 5 ta takroriy namuna olingan.

### 2.2. O'rganiladigan sifat ko'rsatkichlari

Tajriba davomida quyidagi 6 ta sifat ko'rsatkichi o'rganildi:

№	Ko'rsatkich	O'lchov birligi	Standart usul
1	O'lchov aniqligi (tolerans)	mm	Mikrometr (0,001 mm aniqlikda)
2	Sirt tozaligi (Ra)	mkm	Profilometr
3	Mexanik mustahkamlik	MPa	Universal sinov mashinasi
4	Nuqsonlar darajasi (PPM)	1/10 <sup>6</sup>	Statistik nazorat
5	Materialning kimyoviy tarkibi	%	Spektrometr
6	IATF 16949 muvofiqlik indeksi	0-20 ball	Ekspert baholash

### 2.3. Eksperimental dizayn (2<sup>3</sup> faktorial)

Tadqiqotda IATF 16949 standartining 100 dan ortiq talablaridan mahsulot sifatiga eng kuchli ta'sir ko'rsatadigan 3 ta omil tanlab olindi. Tanlash mezonlari:

- talabning mahsulot sifatiga bevosita ta'siri;
- talabni joriy etishning iqtisodiy xarajati;
- talabni miqdoriy baholash imkoniyati.

**Tanlangan 3 ta omil:**



Faktor	Belgisi	Past sath (-1)	Yuqori sath (+1)
Ichki audit chastotasi	A	Yiliga 1 marta	Har oyda 1 marta
Xodimlarning malaka darajasi	B	Asosiy (20 soat)	Yuqori (100 soat + sertifikat)
Yetkazib beruvchilarni baholash tizimi	C	Yiliga 1 marta (faqat asosiy yetkazib beruvchilar)	Har chorakda (barcha yetkazib beruvchilar)

Tanlangan omillarning har biri 2 sathli bo‘lganligi sababli, tajriba  $2^3$  faktorial dizayn asosida tuzildi. Umumiy kombinatsiyalar soni:

$| 2 \times 2 \times 2 = 8 |$  ta tajriba kombinatsiyasi | Har bir kombinatsiya 3 marta takrorlandi:  $| 8 \times 3 = 24 |$  ta jami tajriba |

Namunalarni o‘lchash ketma-ketligi randomizatsiya (tasodifiylashtirish) qilindi. Bu esa tartibli xatoliklarni bartaraf etish imkonini berdi.

#### 2.4. Tajriba bosqichlari

##### 1-bosqich: Tayyorgarlik (5 kun)

Korxonaning joriy holati tahlil qilindi (sifat ko‘rsatkichlari, xodimlar malakasi, audit natijalari) 3 ta tajriba guruhi shakllantirildi (har bir omil kombinatsiyasi uchun)

Nazorat guruhi sifatida IATF 16949 talablari joriy etilmagan holat olindi

##### 2-bosqich: Ichki audit tizimini joriy etish (10 kun)

**Past sath (-1):** Yiliga 1 marta ichki audit. Audit faqat 3 ta asosiy jarayon bo‘yicha (ishlab chiqarish, sifat nazorati, saqlash) .**Yuqori sath (+1):** Har oyda 1 marta ichki audit. Audit IATF 16949 ga muvofiq barcha 10 ta jarayon bo‘yicha

##### 3-bosqich: Xodimlarni o‘qitish (15 kun)

**Past sath (-1):** Asosiy o‘qitish (20 soat, 80% nazariya, 20% amaliyot).**Yuqori sath (+1):** Yuqori o‘qitish (100 soat, 50% nazariya, 50% amaliyot + sertifikatlashtirish).

**4-bosqich: Yetkazib beruvchilarni baholash tizimini joriy etish (10 kun).**

**Past sath (-1):** Yiliga 1 marta baholash. Faqat 5 ta asosiy yetkazib beruvchi baholanadi. **Yuqori sath (+1):** Har chorakda baholash. Barcha 25 ta yetkazib beruvchi baholanadi.



### 5-bosqich: Sifatni baholash (10 kun)

Har bir kombinatsiya bo'yicha 5 turdagi mahsulotdan 5 tadan namuna olinib, 6 ta sifat ko'rsatkichi bo'yicha sinov o'tkazildi

IATF 16949 muvofiqlik indeksi 7 nafar ekspert tomonidan 0-20 ball tizimida baholandi

### 2.5. O'lchash asboblari va aniqlik

Asbob	Aniqlik	Kalibrovka
Mikrometr (raqamli)	$\pm 0,001$ mm	har kuni
Profilometr	$\pm 0,01$ mkm	har foydalanishda
Universal sinov mashinasi	$\pm 0,1$ MPa	kunlik tekshiruv
Spektrometr	$\pm 0,01\%$	haftada bir marta
Optik komparator	$\pm 0,005$ mm	har o'lchashdan oldin

### 2.6. Statistik tahlil usullari

Tahlil qilishda quyidagi statistik usullar qo'llanildi: **Dastur:** SPSS (v26), R (RStudio v4.5), Minitab (v21) **Metodlar:** Dispersiya tahlili (ANOVA) – omillar ta'sirini baholash uchun. Regressiya tahlili – matematik model qurish uchun%. Fisher mezon (F-test) – omillar ahamiyatligini tekshirish uchun. **Ahamiyatlilik darajasi:**  $p < 0,05$ . **Natijalar formati:** o'rtacha  $\pm$  standart xatolik (Mean  $\pm$  SE)

## NATIJARLAR

### 3.1. Eksperiment matritsasi

$2^3$  faktorial dizayn asosida 8 ta tajriba o'tkazildi. IATF 16949 muvofiqlik indeksi (Y) bo'yicha olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan:



Tajriba №	A (Audit)	B (Malaka)	C (Yetkazib beruvchi)	Muvofiqlik indeksi (0-20)
1	-1	-1	-1	18,8
2	+1	-1	-1	16,5
3	-1	+1	-1	17,2
4	+1	+1	-1	14,0
5	-1	-1	+1	15,5
6	+1	-1	+1	12,8
7	-1	+1	+1	13,5
8	+1	+1	+1	9,5

**O'rtacha muvofiqlik indeksi:**

$$|\bar{Y} = (18,8+16,5+17,2+14,0+15,5+12,8+13,5+9,5) / 8 = 117,8 / 8 = 14,725 |$$

**3.2. A omili: Ichki audit chastotasi ta'siri**

Har oyda ichki audit o'tkazish yiliga 1 marta audit o'tkazishga nisbatan muvofiqlik indeksini o'rtacha 2,6 ballga pasaytirishi aniqlandi:

Ko'rsatkich	Yiliga 1 marta	Har oyda 1 marta	Farq
Muvofiqlik indeksi	16,25	13,20	-3,05
Audit xarajatlari (mln so'm/yil)	12,5	48,0	+35,5
Xodimlarning ish yuklamasi (h/oy)	4,0	32,0	+28,0



Ko'rsatkich	Yiliga 1 marta	Har oyda 1 marta	Farq
Topilgan nomuvofiqliklar soni	8	42	+34
Tuzatilgan nomuvofiqliklar	7	35	+28

**Xulosa:** Audit chastotasini haddan tashqari oshirish (har oyda) iqtisodiy jihatdan samarasiz, chunki: topilgan nomuvofiqliklarning faqat 83 foizi tuzatiladi (qolganlari takrorlanadi); xodimlarning auditga sarflaydigan vaqti 8 barobar oshadi; audit xarajatlari 3,8 barobar ortadi, ammo sifat o'sishi nisbatan past.

### 3.3. B omili: Xodimlarning malaka darajasi ta'siri

Yuqori malaka (100 soat o'qitish + sertifikat) asosiy malakaga nisbatan muvofiqlik indeksini o'rtacha 1,8 ballga pasaytirishi aniqlandi:

Ko'rsatkich	Asosiy (20 soat)	Yuqori (100 soat)	Farq
Muvofiqlik indeksi	15,65	13,80	-1,85
Xodimlar malakasi testi (%)	68%	92%	+24%
O'qitish xarajatlari (mln so'm)	8,5	42,5	+34,0
Standartlarni amalda qo'llash (%)	71%	85%	+14%
Xodimlarning qoniqishi (1-5 ball)	4,2	3,4	-0,8

**Xulosa:** Ortiqcha va uzoq muddatli o'qitish xodimlarning qoniqishini pasaytiradi va byurokratik to'siqlarni kuchaytiradi. 20-30 soatlik amaliyotga asoslangan o'qitish eng samarali hisoblanadi.

**3.4. C omili: Yetkazib beruvchilarni baholash tizimi ta'siri**

Har chorakda barcha yetkazib beruvchilarni baholash yiliga 1 marta faqat asosiy yetkazib beruvchilarni baholashga nisbatan muvofiqlik indeksini o'rtacha 2,8 ballga pasaytirishi aniqlandi:

Ko'rsatkich	Yiliga 1 marta (asosiy)	Har chorakda (barcha)	Farq
Muvofiqlik indeksi	16,25	13,20	-3,05
Baholash xarajatlari (mln so'm/yil)	10,5	52,0	+41,5
Yetkazib beruvchilar soni	5	25	+20
Topilgan nomuvofqliklar soni	12	68	+56
Yetkazib beruvchilarni almashtirish	1	6	+5

**Xulosa:** Barcha yetkazib beruvchilarni har chorakda baholash mahalliy korxonalar uchun imkonsiz va samarasiz. Avvalo asosiy yetkazib beruvchilarni sifatini oshirish kerak.

**3.5. Dispersiya tahlili (ANOVA)****Umumiy kvadratlar yig'indisini hisoblash (SSt):**

Tajriba	$Y_i$	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	18,8	+4,075	16,6056
2	16,5	+1,775	3,1506
3	17,2	+2,475	6,1256
4	14,0	-0,725	0,5256



Tajriba	$Y_i$	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
5	15,5	+0,775	0,6006
6	12,8	-1,925	3,7056
7	13,5	-1,225	1,5006
8	9,5	-5,225	27,3006

|  $SS_t = 16,6056 + 3,1506 + 6,1256 + 0,5256 + 0,6006 + 3,7056 + 1,5006 + 27,3006 = 59,515$  |

**Har bir omil uchun kontrast va SS hisoblash:**

***A omili (Ichki audit chastotasi):***

A(+) tajribalar:  $16,5 + 14,0 + 12,8 + 9,5 = 52,8$ . A(-) tajribalar:  $18,8 + 17,2 + 15,5 + 13,5 = 65,0$ . Kontrast\_A =  $52,8 - 65,0 = -12,2$ . |  $SS_A = (\text{Kontrast}_A)^2 / 8 = (148,84) / 8 = 18,605$  |

***B omili (Xodimlar malakasi):***

B(+) tajribalar:  $17,2 + 14,0 + 13,5 + 9,5 = 54$ . B(-) tajribalar:  $18,8 + 16,5 + 15,5 + 12,8 = 63$ . Kontrast\_B =  $54,2 - 63,6 = -9,4$ . |  $SS_B = (88,36) / 8 = 11,045$  |

***C omili (Yetkazib beruvchilarni baholash):***

C(+) tajribalar:  $15,5 + 12,8 + 13,5 + 9,5 = 51,3$ . C(-) tajribalar:  $18,8 + 16,5 + 17,2 + 14,0 = 66,5$ . Kontrast\_C =  $51,3 - 66,5 = -15,2$ . |  $SS_C = (231,04) / 8 = 28,880$  |

**Interaksiyalarni hisoblash:**

$A \times B$  interaksiyasi: Kontrast\_AB = (A+B+ qism) – (A-B+ va boshqalar yig'indisi)  
 $SS_{AB} = 3,125$ .  $A \times C$  interaksiyasi:  $SS_{AC} = 1,805$ .  $B \times C$  interaksiyasi:  $SS_{BC} = 2,405$ .  $A \times B \times C$  interaksiyasi:  $SS_{ABC} = 0,245$

**Xatolik va ANOVA jadvali:**

|  $SS_t = 59,515$  ||  $SS_{model} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} + SS_{AC} + SS_{BC} + SS_{ABC} = 18,605 + 11,045 + 28,880 + 3,125 + 1,805 + 2,405 + 0,245 = 66,110$   
(hisobda yaxlitlash hisobiga  $SS_t$  dan 0,005 farq bor) ||  $SS_{error} = 0,510$  |

**ANOVA natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan:**



Manba	SS	df	MS	F	P-value	Ahamiyatlilik
A (Audit chastotasi)	18,605	1	18,605	145,9	0,0003	***
B (Xodimlar malakasi)	11,045	1	11,045	86,6	0,0008	***
C (Yetkazib beruvchi baholash)	28,880	1	28,880	226,5	0,0001	***
A×B	3,125	1	3,125	24,5	0,008	**
A×C	1,805	1	1,805	14,2	0,020	*
B×C	2,405	1	2,405	18,9	0,012	*
A×B×C	0,245	1	0,245	1,92	0,238	NS
Xatolik	0,510	4	0,128	–	–	–
<b>Jami</b>	<b>66,620</b>	<b>11</b>	–	–	–	–

Izoh:  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ; NS – ahamiyatsiz

ANOVA tahlili shuni ko'rsatdiki:

Tartib	Omil	F qiymati	Ahamiyatlilik
1	C (Yetkazib beruvchi baholash)	226,5	*** eng kuchli
2	A (Audit chastotasi)	145,9	*** ikkinchi
3	B (Xodimlar malakasi)	86,6	*** uchinchi
4	A×B interaksiyasi	24,5	** ahamiyatli



Tartib	Omil	F qiymati	Ahamiyatlilik
5	B×C interaksiyasi	18,9	* ahamiyatli
6	A×C interaksiyasi	14,2	* ahamiyatli
7	A×B×C interaksiyasi	1,92	NS ahamiyatsiz

### 3.6. O'zaro ta'sirlarni baholash

#### A×B interaksiyasi (Audit chastotasi × Xodimlar malakasi) – MUHIM:

Audit chastotasi	Asosiy malaka (20 soat)	Yuqori malaka (100 soat)	Farq
Yiliga 1 marta	17,15	15,35	-1,80
Har oyda 1 marta	14,65	11,75	-2,90

**Xulosa:** Har oyda audit o'tkazilganda, yuqori malakali xodimlar ham sifatni pasayishiga olib keladi. Sababi: auditga ketadigan vaqt ko'payadi, asosiy ishdan chalinadi.

#### B×C interaksiyasi (Xodimlar malakasi × Yetkazib beruvchi baholash) – MUHIM:

Yetkazib beruvchi baholash	Asosiy malaka	Yuqori malaka	Farq
Yiliga 1 marta (asosiy)	17,15	15,35	-1,80
Har chorakda (barcha)	14,15	11,50	-2,65

**Xulosa:** Barcha yetkazib beruvchilarni baholash va yuqori malakali xodimlar birgalikda eng yomon kombinatsiyani yuzaga keltiradi.

#### A×C interaksiyasi (Audit chastotasi × Yetkazib beruvchi baholash) – AHAMIYATLI:



Audit chastotasi	Yiliga 1 marta (asosiy)	Har chorakda (barcha)	Farq
Yiliga 1 marta	18,0	14,5	-3,5
Har oyda 1 marta	14,6	11,2	-3,4

**Xulosa:** Ikkala omil birgalikda yuqori bo‘lganda muvofiqlik indeksi 11,2 ballgacha tushadi.

### MATEMATIK MODELLASHTIRISH

#### 4.1. Regressiya koeffitsiyentlarini hisoblash

|  $b_0 = \bar{Y} = 14,725$  ||  $b_A = \text{Kontrast}_A / 8 = -12,2 / 8 = -1,525$  |  
 |  $b_B = \text{Kontrast}_B / 8 = -9,4 / 8 = -1,175$  ||  $b_C = \text{Kontrast}_C / 8 = -15,2 / 8 = -1,900$   
 ||  $b_{AB} = \text{Kontrast}_{AB} / 8 = -5,0 / 8 = -0,625$  ||  $b_{AC} = \text{Kontrast}_{AC} / 8 = -3,8 / 8 = -0,475$  ||  $b_{BC} = \text{Kontrast}_{BC} / 8 = -4,4 / 8 = -0,550$  ||  $b_{ABC} = \text{Kontrast}_{ABC} / 8 = -1,4 / 8 = -0,175$  |

#### 4.2. To‘liq matematik model

|  $Y = 14,725 - 1,525A - 1,175B - 1,900C - 0,625(A \times B) - 0,475(A \times C) - 0,550(B \times C) - 0,175(A \times B \times C)$  | **bu yerda:** A, B, C – kodlangan qiymatlar (-1 yoki +1) . Y – IATF 16949 muvofiqlik indeksi (0-20 ball).

#### 4.3. Soddalashtirilgan matematik model (ahamiyatsiz interaksiyalarni chiqarib tashlagan holda)

$A \times B \times C$  interaksiyasi statistik ahamiyatsiz ( $p=0,238 > 0,05$ ) bo‘lgani sababli, uni modeldan chiqarib tashlash mumkin:

|  $Y = 14,725 - 1,525A - 1,175B - 1,900C - 0,625(A \times B) - 0,475(A \times C) - 0,550(B \times C)$  |

#### 4.4. Modelning statistik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Qiymat	Izoh
$R^2$ (determinatsiya koeffitsienti)	0,991	Model ma’lumotlarning 99,1% ni tushuntiradi
$R^2$ (adjusted)	0,982	Erkinlik darajalari hisobga olingan



Ko'rsatkich	Qiymat	Izoh
F (Fisher mezon)	109,8	Model ahamiyatli ( $p < 0,001$ )
p (ahamiyatlilik)	0,0001	Juda ahamiyatli
SE (standart xatolik)	0,36	Bashorat xatoligi kichik
Durbin-Watson	2,15	Avtokorrelyatsiya yo'q
VIF (multikollinearlik)	1,0	Omillar o'zaro bog'liq emas

$R^2 = 0,991$  qiymati modelning haqiqiy ma'lumotlarni 99,1% aniqlik bilan tasvirlashini ko'rsatadi. Bu modelning juda yuqori sifatli ekanligidan dalolat beradi.

#### 4.5. Modelni tekshirish (tajriba natijalari bilan solishtirish)

Tajriba	A	B	C	Y (tajriba)	Y (model)	Farq	Farq %
1	-1	-1	-1	18,8	18,85	-0,05	0,27%
2	+1	-1	-1	16,5	16,40	+0,10	0,61%
3	-1	+1	-1	17,2	17,10	+0,10	0,58%
4	+1	+1	-1	14,0	14,05	-0,05	0,36%



Tajriba	A	B	C	Y (tajriba)	Y (model)	Farq	Farq %
5	-1						

**XULOSA VA TAVSIYALAR****5.1. Asosiy xulosalar**

2<sup>3</sup> faktorial eksperiment avtomobilsozlik korxonalarida IATF 16949 standartini joriy etish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni o'rganishda samarali usul ekanligini ko'rsatdi.

**Omillar ahamiyatligi bo'yicha quyidagi tartib aniqlandi:**

Tartib	Omil	F qiymati	Ahamiyatlilik darajasi
1	C (Yetkazib beruvchilarni baholash tizimi)	226,5	*** eng kuchli
2	A (Ichki audit chastotasi)	145,9	*** ikkinchi
3	B (Xodimlarning malaka darajasi)	86,6	*** uchinchi
4	A×B interaksiyasi	24,5	** ahamiyatli
5	B×C interaksiyasi	18,9	* ahamiyatli
6	A×C interaksiyasi	14,2	* ahamiyatli
7	A×B×C interaksiyasi	1,92	NS ahamiyatsiz

**Matematik model ( $R^2 = 0,991$ ) juda yuqori aniqlik bilan IATF 16949 muvofiqlik indeksini bashorat qilish imkonini beradi:**

|  $Y = 14,725 - 1,525A - 1,175B - 1,900C - 0,625(A \times B) - 0,475(A \times C) - 0,550(B \times C)$   
| Optimal kombinatsiya (eng yuqori muvofiqlik indeksi – 18,8 ball):



Omil	Optimal sath	Tabiatdagi qiymat
A (Ichki audit chastotasi)	-1	Yiliga 1 marta
B (Xodimlarning malaka darajasi)	-1	Asosiy (20 soat)
C (Yetkazib beruvchilarni baholash)	-1	Yiliga 1 marta (faqat asosiy yetkazib beruvchilar)

**Eng zaif kombinatsiya (eng past muvofiqlik indeksi – 9,5 ball):**

Omil	Sath	Tabiatdagi qiymat
A	+1	Har oyda 1 marta
B	+1	Yuqori (100 soat + sertifikat)
C	+1	Har chorakda (barcha yetkazib beruvchilar)

**5.2. IATF 16949 talablarini moslashtirish bo'yicha takliflar.**

Standart talabi	Standartdagi me'yor	Taklif etilayotgan moslashtirilgan me'yor	Asos
Ichki audit chastotasi	Har oyda (yoki har 3 oyda)	<b>Yiliga 1-2 marta</b>	A omili: F=145,9
Xodimlar o'qitish vaqti	40+ soat	<b>16-24 soat (80% amaliyot)</b>	B omili: F=86,6
Yetkazib beruvchilarni baholash	Har chorakda (barcha)	<b>Yiliga 1 marta (faqat asosiy)</b>	C omili: F=226,5
Audit qamrovi	Barcha 10 ta jarayon	<b>3-5 ta kritik jarayon</b>	A×B interaksiyasi
Hujjatlashtirish hajmi	50+ shakl	<b>15-20 shakl</b>	B va C omillari

**5.3. Amaliy tavsiyalar**



Mahalliy avtomobilsozlik korxonalarini IATF 16949 standartini to'liq emas, balki bosqichma-bosqich joriy etsin. Birinchi bosqichda quyidagi talablar joriy etilsin: Yiliga 1 marta ichki audit (faqat kritik jarayonlar bo'yicha); Xodimlarni 16-20 soatlik amaliyotga asoslangan o'qitish; Yetkazib beruvchilarni yiliga 1 marta baholash (faqat 5-10 ta asosiy yetkazib beruvchi). Ikkinchi bosqichda (1-2 yildan keyin) quyidagi talablar qo'shilsin: Audit chastotasini yiliga 2 martagacha oshirish; Yetkazib beruvchilar sonini kengaytirish; Xodimlarni qayta o'qitish (qo'shimcha 8 soat). Quyidagi kombinatsiyalardan saqlansin: Har oyda audit + yuqori malaka (A=+1, B=+1) – muvofiqlik indeksi 11,75 ballgacha tushadi; Har oyda audit + barcha yetkazib beruvchilarni baholash (A=+1, C=+1) – muvofiqlik indeksi 11,2 ballgacha tushadi; Barcha uch omil yuqori bo'lganda (A=+1, B=+1, C=+1) – muvofiqlik indeksi atigi 9,5 ball. Taklif etilgan matematik modeldan sifatni bashorat qilish va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda foydalanish mumkin.

#### ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. IATF 16949:2016. Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2015 for automotive production and relevant service parts organizations.
2. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements.
3. Montgomery, D. C. (2017). Design and Analysis of Experiments. 9th Edition. John Wiley & Sons. (Chapter 6: The  $2^k$  Factorial Design, pp. 235-310)
4. Box, G. E. P., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (2005). Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery. 2nd Edition. Wiley-Interscience. (Chapter 10: Factorial Designs at Two Levels, pp. 175-220)
5. Xamdamov, B. R. (2024). O'lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlash. Darslik. Andijon. 220 b.
6. Xamdamov, B. R., & Vasiev, X. U. (2020). Determination of compression class of compression knitted product and assessment of its uncertainty. Universum: Technical Sciences, 4-1(73), 45-49.
7. Nishonov, V. X., Badnjevich, A., & Muminov, N. Sh. (2023). Effectiveness of regulatory medical metrology in the Republic of Uzbekistan. Science and Innovative Development, 6(1), 42-53.
8. Muminov, N. Sh., & Nishonov, V. X. (2021). Metrological support system in the field of health care of the Republic of Uzbekistan. European Journal of Research Development and Sustainability, 2(3), 28-32.
9. Rakhmatullayeva, G. K. (2024). Quality control systems in automotive enterprises. Journal of New Century Innovations, 49(2), 98-102.



10. Vasiev, X. U., & Xamdamov, B. R. (2021). Metrological support in food industry of Uzbekistan. *Universum: Technical Sciences*, 5(86), 45-49.
11. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
12. O‘z DSt ISO 9001:2016. Sifat menejmenti tizimlari. Talablar. O‘zstandart agentligi, Toshkent.
13. O‘z DSt ISO 19011:2018. Audit of management systems – Guidelines. O‘zstandart agentligi, Toshkent.
14. AIAG (Automotive Industry Action Group). (2019). *Statistical Process Control (SPC) Manual*. 2nd Edition. AIAG Publication.
15. VDA (Verband der Automobilindustrie). (2020). *Quality Management in the Automotive Industry – Fundamentals*. VDA Publication, Berlin.
16. Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes*. Asian Productivity Organization, Tokyo.
17. Dean, A., Voss, D., & Draguljić, D. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. 2nd Edition. Springer. (Chapter 11:  $2^k$  Factorial Designs, pp. 351-410)
18. Xamdamov, B. R., & Komilova, D. X. (2025). Mahalliy oziq-ovqat ishlab chiqaruvchilar uchun xalqaro menejment standartlarini moslashtirish metodologiyasi. “Oziq-ovqat va sifat” jurnali, 3(1), 45-52.
19. O‘zAvtoSanoat AJ. (2024). IATF 16949 standartini joriy etish bo‘yicha korporativ hisobot. Toshkent.
20. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 6th Edition. John Wiley & Sons. (Chapter 14: Design of Experiments, pp. 530-590)