AVTOMOBIL BENZINLARIGA METANOLNING FIZIK XOSSALARIGA TA'SIRINI ATR-FT-IR SPEKTROSKOPIYASIDA TADQIQ QILISH

Maxmudov Muxtor Jamolovich
BDTU (DSc) kimyo fanlari doktori, professor
Saloydinov Aziz Avazovich
BDTU (PhD) texnika fanlari falsafa doktori
To'xtayev Saloxiddin Fazliddinovich
"Uzbekistan GTL" MChJ xodimi
Choriyev Mehrobjon Niyozovich
BDTU Magstr

Annotatsiya: Metanol – benzin aralashmalari faqat benzinga qaraganda iqtisodiy jihatdan samarali va ekologik toza yonilg'i hisoblanib, transport sanoatida keng qo'llaniladi. Shuning uchun, to'g'ri darajani aniqlash juda muhim hisoblanadi. Ichki yonuv dvigatellarining ishlash muddati va uzoq muddatga xizmat qilishi mihim ahamiyat kasb etadi. Biroq, an'anaviy aniqlash usuli murakkab va ko'p vaqt talab qiladi. Shu maqsadda, Fure infraqizil (ATR-FTIR) usullarini qo'llashning maqsadga muvofiqligi kimyometriya bilan birgalikda miqdoriy va sifat jihatidan tahlil qilish usullari o'rganildi, metanol asosli benzini. Tadqiqot natijalari kvadratlar diskriminant tahlilining sifat natijasi (PLS-DA) 100% va 98,66% aniqlik bilan olingan.

Kalit so'slar: metanol, benzini, infraqizil spektroskopiya, kvadratik diskriminant tahlil (PLS-DA), ko'p o'lchovli regressiya, o'zgaruvchan tanlov

Аннотация: метанол – бензиновые смеси считаются более экономичным и экологически чистым топливом, чем просто бензин, и широко используются в транспортной промышленности. Поэтому очень важно определить правильный уровень. Важное значение имеет срок службы и долговечность двигателей внутреннего сгорания. Однако традиционный метод обнаружения сложен и требует много времени. С этой целью целесообразность применения инфракрасных (ATR-FTIR) методов Фуре в сочетании с хемометрией были изучены методы количественного и качественного анализа бензина на основе метанола. Результаты исследования качественный результат квадратичного дискриминантного анализа (в PLS) получен с точностью 100% и 98,66%.

Ключевые слова: метанол, бензин, инфракрасная спектроскопия, квадратичный дискриминантный анализ (PLS), многомерная регрессия, вариативный отбор

Abstract: Methanol – gasoline mixtures are considered an economically more efficient and environmentally friendly fuel than gasoline alone and are widely used

ISSN 3030-3907

in the transport industry. Therefore, determining the correct exponent is very important. The service life and durability of internal combustion engines are of great importance. However, the traditional detection method is complex and time-consuming. For this purpose, the feasibility of using Fourier infrared (ATR-FTIR) methods in combination with chemometry, methods of quantitative and qualitative analysis of methanol-based gasoline were studied.

Keywords: methanol, gasoline, infrared spectroscopy, quadratic discriminant analysis (PLS-DA), multidimensional regression, variable sampling.

Kirish.

Benzin eng keng qo‘llaniladigan yengil neft mahsulotlaridan biri bo‘lib, odatda to‘rtdan o‘n uchtagacha uglerod atomlarini o‘z ichiga olgan murakkab uglevodorod aralashmasidir [1]. Biroq, transport sanoatining jadal rivojlanishi qayta tiklanmaydigan neft resurslarining kamayishiga va atmosferaning tobora jiddiy ifloslanish muammosiga olib keldi [2]. Ushbu muammoni hal qilish uchun ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lgan muqobil resursni topish kerak. Metanol benzini dvigatellar uchun ajoyib muqobil yoqilg‘i sifatida, yuqori oktan soni va shiddatli va toza yonishga yaxshi chidamlilik kabi afzalliklarga ega [3]. Ushbu ajoyib sifatlar va tegishli iqtisodiy muvofiqlik tufayli metanol benzini energiya tanqisligi va atrof-muhitning ifloslanishi muammosini hal qilishda muhim rol o‘ynashi mumkin. Shunday qilib, u transportda, shu jumladan avtotransport vositalarida va ichki yonuv dvigatellarida keng qo‘llaniladi [4]. Tegishli adabiyotlarning hisobotlariga ko‘ra, metanning qo‘shilish nisbati.

Benzindagi metanol miqdorini aniqlashning ko‘plab usullari mavjud bo‘lib, ulardan eng keng tarqalgani gaz xromatografiyasi (GX) yoki gaz xromatografiyasi-mass spektrometriya (GX-MS) hisoblanadi [6]. Bu usullar yuqori sezgirlik va aniqlikka ega bo‘lsa-da, ular ko‘p vaqt talab etadi, murakkab, zaharli va xavfli reagentlarni ishlatishni taqozo qiladi hamda onlayn monitoringga mos kelmaydi. Infraqizil (IQ) spektroskopiya texnologiyasining rivojlanishi va qo‘llanilishi metanolli benzindagi metanol miqdorini tezkor aniqlash uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda [6]. Tez va tarkibiga zarar yetkazmasdan aniqlash texnologiyasi sifatida IQ spektroskopiya kimyo, qishloq xo‘jaligi, oziq-ovqat sifati va atrof-muhit kabi turli sohalarda qo‘llanilmoqda. Bundan tashqari, benzin mahsulotlarini tahlil qilish va yaxshi sifatli hamda miqdoriy natijalar olish uchun infraqizil spektrlardan foydalangan holda bir qator tadqiqotlar o‘tkazilgan [6-9]. Biroq, bu tadqiqotlarning aksariyati tasniflash izlanishlarini o‘tkazish uchun yaqin infraqizil (YIQ) spektroskopiyasidan foydalanadi.

Tadqiqot usullari. IQ-spektroskopiya molekulyar profillarning maxsus ma’lumotlariga ega bo‘lganligi sababli, atributlar molekulaning funksional guruhlariga mos keladi. Shunday qilib, metanol benzini tarkibidagi metanolni

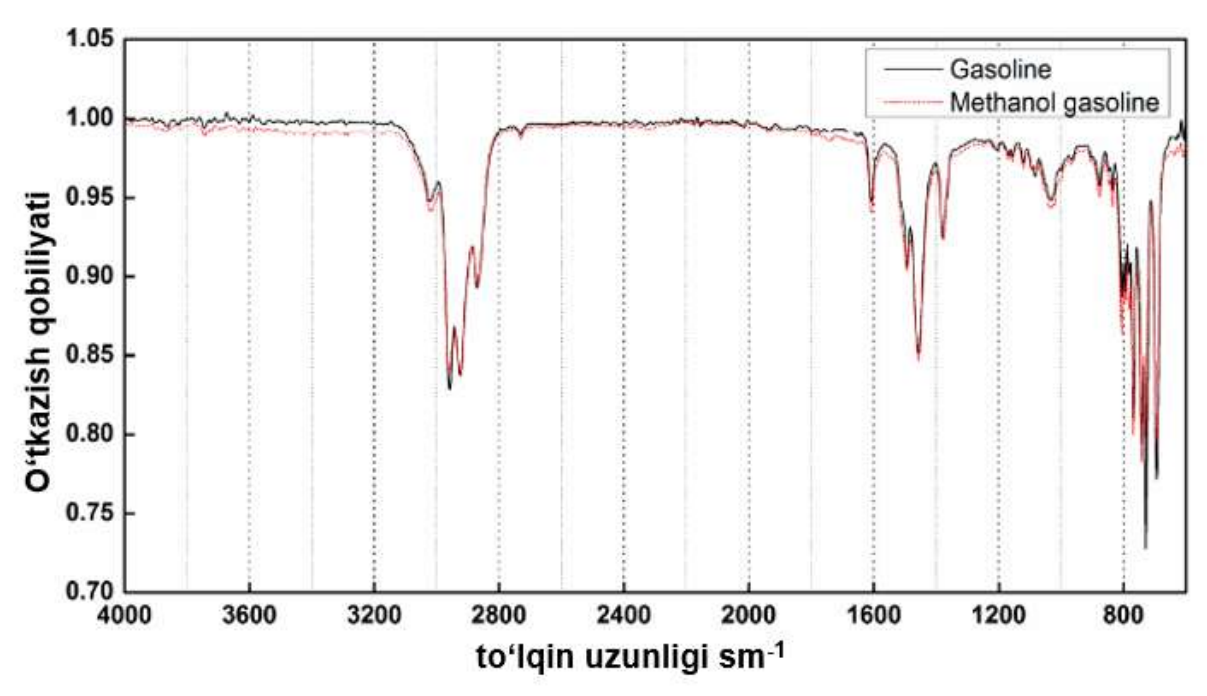
ISSN 3030-3907

tezkor aniqlash uchun IQ-spektroskopiyaning maqsadga muvofiqligi o‘rganildi. Ushbu tadqiqotda, birinchidan, ma’lumotlar to‘plami nazorat qilinmaydigan asosiy komponent tahlili (PCA) yordamida o‘rganildi, so‘ngra metanol benzini tarkibidagi metanol foizini aniqlash uchun qisman eng kichik kvadratlar diskriminant tahlili (PLS-DA), qisman eng kichik kvadrat regressiya (PLSR) va eng kichik kvadrat tayanch vektor mashinasi (LS-SVM) ni o‘z ichiga olgan sifat va miqdoriy nazorat qilinadigan modellar amalga oshirildi. Regressiya modellarini qurish bosqichida haddan tashqari ko‘p o‘zgaruvchilar muammosi bilan bog‘liq holda, optimal o‘zgaruvchilarni tanlash uchun ikkita klassik o‘zgaruvchilarni tanlash algoritmlari (ya’ni, informativsiz o‘zgaruvchilarni yo‘q qilish (UVE) va raqobatbardosh adaptiv qayta vaznli namunalash (CARS)) ham qo‘llanildi. Nihoyat, barcha regressiya modellarining samaradorligi tizimli ravishda aniqlandi [10-11].

Metanol benzini tarkibidagi metanol ulushini aniqlash uchun IQ-spektroskopiyaning maqsadga muvofiqligini baholash uchun bir nechta ko‘p o‘lchovli kalibrlash modellari bilan birlashtirilgan Fure infraqizil (ATR-FTIR) spektroskopiyasi va metanolni sifat va miqdoriy tahlil qilish uchun o‘zgaruvchilarni tanlash usullaridan foydalanilgan. Yuqorida keltirilgan ma’lumotlar va rejalashtirishdan ko‘rinib turibdiki, asosiy maqsad metanolni IQ-spektrlar yordamida sifat va miqdoriy aniqlashdan iborat [12-13]. Aniqroq aytganda, bir nechta kichik subyektlar mavjud: (1) benzin va metanol benzinining spektral ma’lumotlarini to‘plash va tahlil qilish; (2) benzin va metanol benzinini sifat jihatdan tasniflash; (3) regressiya modeli uchun optimal o‘zgaruvchilarni tanlash; (4) to‘liq o‘zgaruvchilar va optimal o‘zgaruvchilar asosida metanolni miqdoriy aniqlash modelini o‘rnatish; (5) barcha modellarning ishlashini taqqoslash orqali eng yaxshi aniqlash modelini aniqlash.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Benzin va metanol benzini o‘rtasidagi differentsiyani aniq ko‘rsatish uchun spektrlarni chizish uchun benzin va metanol benzinining o‘rtacha spektral profilidan foydalanildi. 1-rasmda benzin va metanolbenzinning 4000-600 sm^{-1} oralig‘idagi o‘rtacha spektral profili keltirilgan. 2800-3000 sm^{-1}, 1600-1300 sm^{-1} va 900-600 sm^{-1} oralig‘ida yutilishning uchta asosiy cho‘qqisi mavjudligini aniqlash mumkin.

ISSN 3030-3907



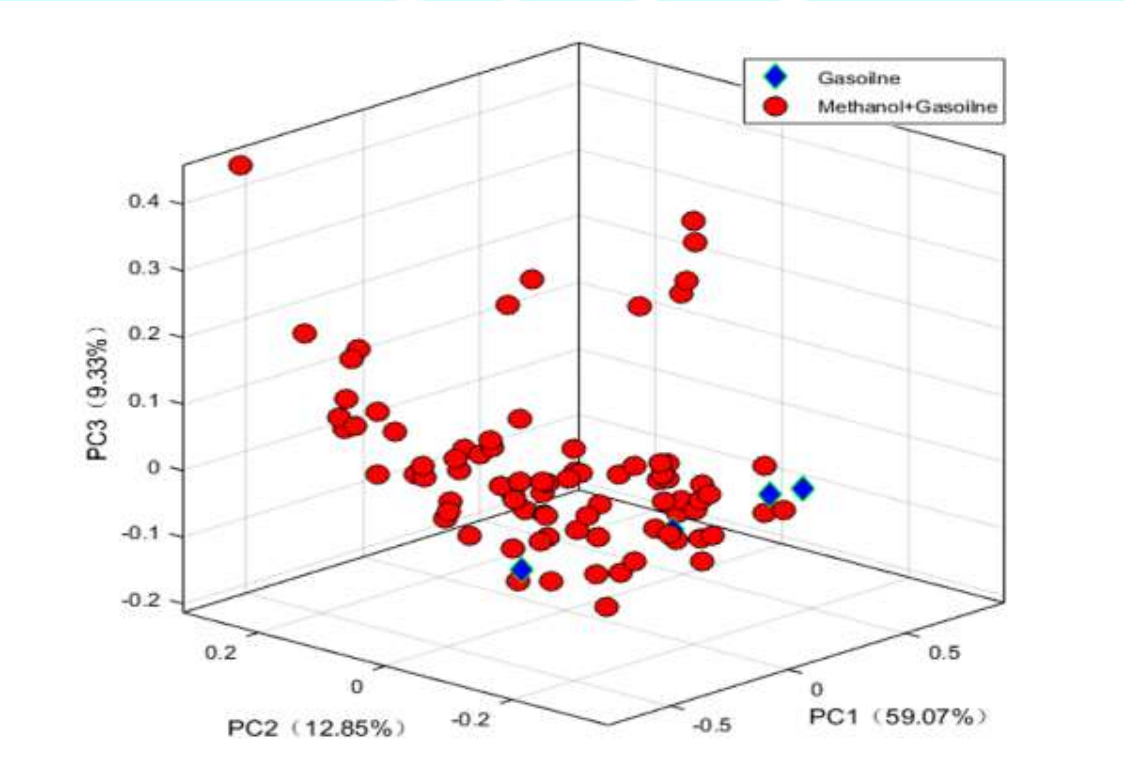
1-rasm. Benzin va metanol benzinlarining o‘rtacha spektral profili.

2800-3000 sm^{-1} yutilish cho‘qqisi alken va alkenlarning C-H cho‘zilishiga to‘g‘ri keladi, 1600-1300 sm^{-1} aromatik halqaning C-H cho‘zilishi va alkanlarning C-H bukilishiga to‘g‘ri keladi va 900-600 sm^{-1} mos ravishda alkenlarning C-H bukilishidan va bu shovqinlar bilan buzilgan aromatik halqalardan yoki aralashmalardan [9,30,31]. Shubhasiz, 900-600 sm^{-1} spektral diapazon signallarning tebranishga nisbati (RSN) pastroq va bu soha spektral ma’lumotlarni keyingi tahlil qilishda chiqarib tashlanadi. Diqqatga sazovor joylari bor boshqa hududlar ham o‘rganiladi.

IQ-spektr ma’lumotlari olingandan so‘ng, ma’lumotlar tuzilishini dastlabki qidiruv tahlilini o‘tkazish tavsiya etiladi. Ushbu ishda kuchli nazoratsiz tahlil usuli sifatida PCA metanol benzindagi metanolni sifat va miqdoriy tahlil qilishdan oldin namunalarning ball diagrammasida taqsimlanishini vizuallashtirish uchun ishlatilgan.

PCA jarayoni ma’lumotlar o‘lchamini kamaytirgandan so‘ng, eng yuqori uchta asosiy komponentlar (PC) uch o‘lchovli xaritada tarqaldi va tegishli namunalarning taqsimlanishi 2-rasmda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Benzin va metanol qo‘shilgan benzin uchun asosiy komponent tahlilining (BKT) yuqori uch o‘lchovli diagrammalari.

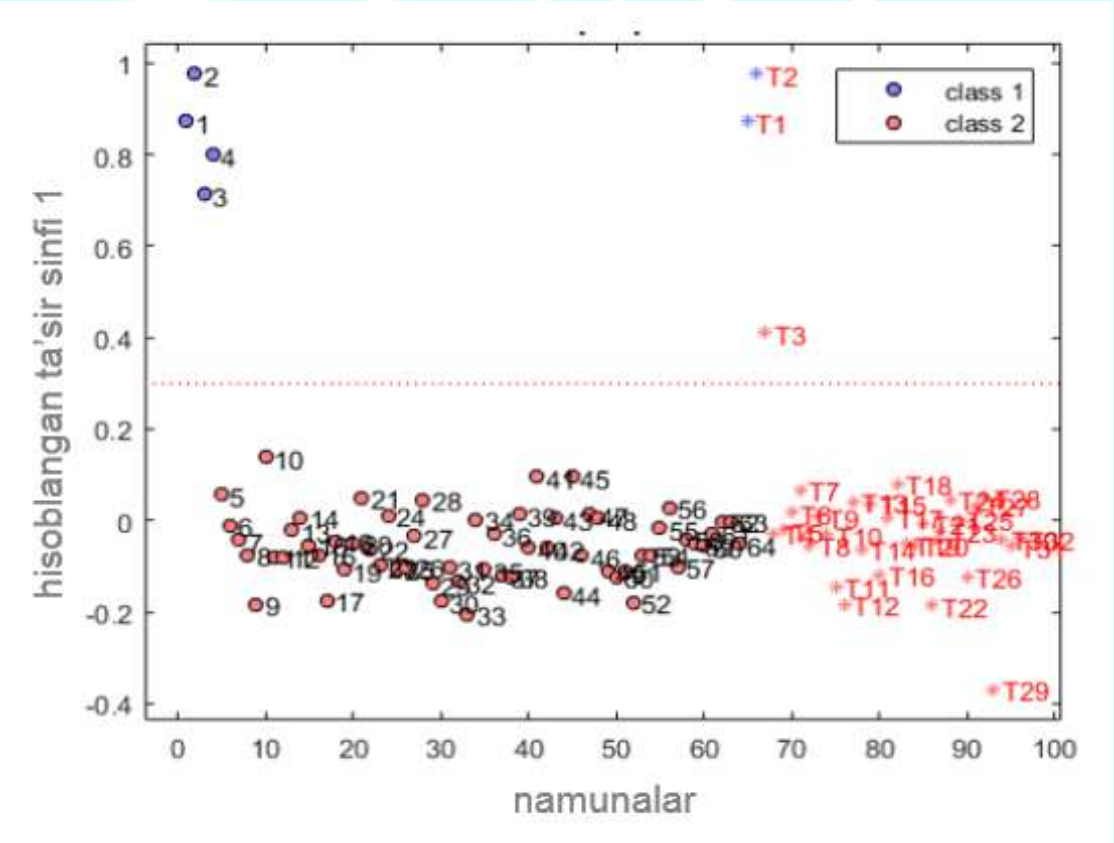
Ushbu tarqoqlikda dastlabki uchta kompyuterning dispersiyasi dastlabki spektral ma’lumotlarning mos ravishda 59,07%, 12,85% va 9,33% ni tushuntirdi va ushbu dastlabki uchta kompyuterda jami 81,26% interpretatsiya tezligi to‘plandi. Biroq, yuqoridagi 3D diagrammada oltita benzin va 90 ta metanol benzini namunalarining taqsimoti bir-biriga mos keldi, bu esa metanol va metanol benzini o‘rtasidagi farq metanol va metanol benzinining ushbu ikki sinf namunalarini aniq farqlash uchun juda kichik ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu muammoni hal qilish uchun keyingi tahlilda nazoratli tasniflash usuli qo‘llaniladi.

Metanol va metanol benzini namunasini nazoratsiz PKA bo‘yicha aniq farqlash qiyin. Shunday qilib, ushbu ikki sinf namunalarini sifatli tahlil qilish uchun tasniflash modelini o‘rnatish uchun PLS-DA nazorat ostidagi tasniflash algoritmi amalga oshirildi. PLS-DA o‘rnatilishidan oldin, har bir toifadagi namunalar mos ravishda 2:1 nisbatda kalibrlash to‘plamlari va bashorat to‘plamlariga tasodifiy ravishda bo‘lingan va keyin birlashtirilgan. Demak, kalibrlash va bashoratlash to‘plamida 64 va 32 ta namuna mavjud. Keyin kalibrlash to‘plami asosida PLS-DA yaratildi va qolgan 32 ta namuna belgilangan tasniflash modeli yordamida bashorat qilindi. Shunisi e’tiborga loyiqki, PLS-DA modeli uchun CHQlar soni kalibrlash to‘plamida 10 marta o‘zaro validatsiyani amalga oshirish orqali 8 tani tashkil etdi.

Hisoblangan natijani qisqaroq taqdim etish uchun namuna va hisoblangan javob o‘rtasidagi grafik tuzildi va shu tariqa tasniflash natijasi 3-rasmda ko‘rsatildi. Shubhasiz, PLS-DA klassifikatori kalibrlash to‘plami uchun yaxshi natija

ISSN 3030-3907

ko‘rsatdi, barcha namunalar aniq tasniflandi. Shuning uchun kalibrlash to‘plamining aniqligi 100% ni tashkil etdi.



3-rasm. 8 ta yashirin o‘zgaruvchili (LV) qisman eng kichik kvadratlar diskriminant tahlili (PLS-DA) natijasida olingan tasniflash.

Bashoratlash to‘plamining tasniflash natijasi ko‘rib chiqilganda, metanol benzini sinfiga mansub T3 namunasi metanol namunasi sifatida noto‘g‘ri tasniflangan, ammo metanolning ikkita namunasi to‘g‘ri tasniflangan. Sababiga kelsak, T3 benzin tarkibida 2% metanol bo‘lgan metanol benzini namunasi bo‘lib, bu metanolning past miqdori tufayli noto‘g‘ri tasniflanishiga olib kelishi mumkin. Shunga qaramay, bashoratlash to‘plamining tasnifiy natijasi asosida bashoratlashning tasnifiy aniqligi 96,88% (32/33) ni tashkil etdi. Yuqoridagi tahlilni har tomonlama hisobga olgan holda, PLS-DA nazorat ostidagi tasniflash modeli metanol va metanol benzinini aniq tasniflashi mumkin degan xulosaga kelish mumkin.

Benzinda metanol miqdorini miqdoriy tahlil qilish uchun PLSR va LS-SVM regressiya usullaridan foydalanilib, miqdoriy tahlil modeli tuzildi. ATR-FTIR spektral ma’lumotlarida jami 1762 ta o‘zgaruvchi mavjud. Avvalo, PLSR va LS-SVM yordamida to‘liq spektral o‘zgaruvchilarga asoslanib metanol miqdorini bashorat qilish modellari ishlab chiqildi. Hisoblangan natijalar 1-jadvalda keltirilgan bo‘lib, unda PLSR yoki LS-SVM bashorat modellarining barcha qiymatlari 0,96 dan yuqori ekanligi ko‘rish mumkin. Bu esa ATR-FTIR spektral

ISSN 3030-3907

ma’lumotlaridan foydalanib, benzinda metanol miqdorini miqdoriy tahlil qilish mumkinligini anglatadi.

Bundan tashqari, PLSR va LS-SVM modellari samaradorligi taqqoslanganda, metanolni bashorat qilishda ular orasida sezilarli farq yo‘qligi aniqlangan. Modellarning barqarorligi hisobga olinganda, RMSEC qiymati RMSEP qiymatidan kattaroq ekanligi (1,658 > 0,405 va 1,661 > 0,395) ma’lum bo‘ldi. Bu esa modellarni qurishda foydalanilgan ma’lumotlar to‘plamida yaxshi aniqlik (ya’ni, model o‘quv namunalariga moslashgan) borligini, lekin mustaqil ma’lumotlar (test namunalarida) bashorat qilishda nisbatan kichikroq xatolik yuzaga kelishini bildiradi PLSR va LS-SVMning bu ikki regressiya modeli biroz mos kelmaydi. Bunga juda ko‘p o‘zgaruvchilar va kalibrlash modelidagi namunalarning muvozanatsiz taqsimlanishi sabab bo‘lishi mumkin [32]. Umuman olganda, metanol benzini tarkibidagi metanol miqdorini bashorat qilishning regression modeli maqbul va aniqdir.

1-jadval.

Benzin tarkibidagi metanol miqdorini ko‘p omilli model asosida miqdoriy tahlil natijalari.

Model	O‘zgaruvchini tanlash	O‘zgaruvchilar soni	LVs	Kalibrlash to‘plami			Taxminiy to‘plami		
				R_c^2	RMSEC	R_p^2	RMSEC	RPD	ABS
PLSR	/	1762	15	0.998	0.405	0.968	1.658	6.124	1.253
LS-SVM	/	1762	/	0.998	0.395	0.968	1.661	5.886	1.266
PLSR	CARS	48	11	0.97	0.426	0.969	1.597	6.563	1.171
LS-SVM	CARS	48	/	0.998	0.404	0.968	1.636	6.373	1.232
PLSR	UVE	479	10	0.994	0.699	0.972	1.545	6.420	0.847
LS-SVM	UVE	479	/	0.998	0.395	0.964	1.742	5.555	1.347

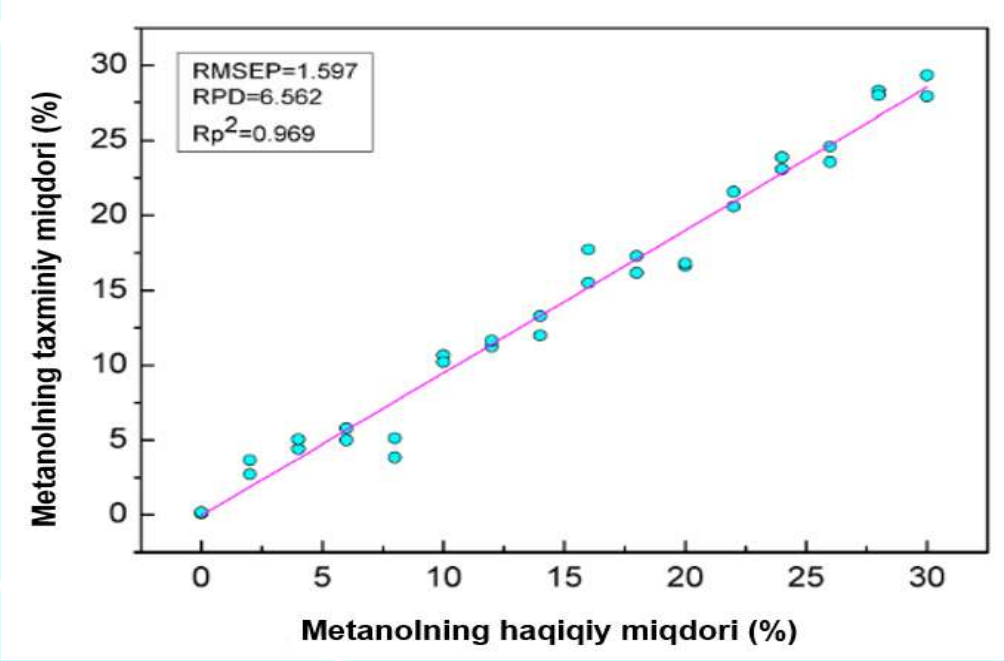
PLSR: qisman eng kichik kvadratlar regressiyasi, **LS-SVM**: eng kichik kvadratlar tayanch vektor mashinasi, **CARS**: raqobatbardosh adaptiv qayta og‘irlikli tanlash, **UVE:** informativ bo‘lmagan o‘zgaruvchilarni chiqarib tashlash,

ISSN 3030-3907

LVs: yashirin o‘zgaruvchilar, **R²**: aniqlash koeffitsienti, **RMSE**: kvadrat ildiz o‘rtacha kvadrat xatolik, **RPD**: qoldiq bashorat og‘ishi, **ABS: RMSEC** va **RMSEP** orasidagi mutlaq farq

Bashoratlash modeli yuqori aniqlikka erishgan bo‘lsa-da, juda ko‘p foydasiz va ma’lumotsiz kirish o‘zgaruvchilari mavjud bo‘lib, bu modelning aniqligi va mustahkamligining pasayishiga olib keladi. Ushbu bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilarni bartaraf etish va bashoratlash modelining ishlashini yaxshilash uchun optimal o‘zgaruvchilarni identifikatsiyalash uchun CARS va UVE ning ikkita o‘zgaruvchini tanlash usuli qo‘llanildi [33]. So‘ngra PLSR va LS-SVM regression modellari ishlab chiqildi va tegishli hisoblangan natijalar 1-jadvalda keltirildi. O‘zgaruvchilar soni CARS uchun umumiy o‘zgaruvchilarning atigi 0,027% (48/1762) gacha kamayganligini aniqlash mumkin. Ushbu tanlangan o‘zgaruvchilar asosida sodda PLSR va LS-SVM modellari qurildi. 1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, CARS-PLSR va CARS-LS-SVM modelining bashorat qilish ko‘rsatkichlari PLSR va LS-SVM modeliga nisbatan to‘liq o‘zgaruvchilar asosida biroz yaxshilangan. UVE ko‘rib chiqilganda, UVE-PLSR va UVE-LS-SVM R_p^2 qiymatlari mos ravishda 0,972 va 0,964 ga teng ekanligini aniqlash mumkin.

Ushbu ishda metanol benzini tarkibidagi metanol miqdorini bashorat qilish uchun ATR-FTIR spektrlarini ko‘p variantli model bilan birgalikda qo‘llashning maqsadga muvofiqligi o‘rganildi. Baholash mezonlariga ko‘ra [34] RPD qiymati 2,5~3 oralig‘ida bo‘lgan model yaxshi bashoratlash natijasini olishi mumkin. Agar modelning RPD qiymati uchtadan katta bo‘lsa, demak, bashorat qilishning mukammal ko‘rsatkichlariga erishish mumkin.



4-rasm. Prognozlash to‘plamidagi haqiqiy qiymatlar va bashorat qilingan qiymatlar o‘rtasidagi sochilish grafigi ketma-ket proyeksiyalar algoritmi - qisman eng kichik kvadrat (UVE-PLS) modeli.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi mezonlar va 1-jadvaldagi hisoblangan natijaga asoslanib, to‘liq o‘zgaruvchilar va UVE regressiya modeli uchdan katta RPD qiymatiga ega. Shuning uchun, to‘liq o‘zgaruvchilar modeli va UVE regressiya modeli yordamida metanol benzini tarkibidagi metanol miqdorini bashorat qilishning ajoyib natijasiga erishish mumkin. Bundan tashqari, metanol benzini tarkibidagi metanol miqdorini sifat va miqdoriy jihatdan tahlil qilish mumkin degan xulosaga ham kelish mumkin.

Eng yaxshi regressiya modelini olish uchun ikkita miqdoriy ko‘p o‘lchovli PLSR va LS-SVM modellari va ikkita klassik o‘zgaruvchilarni tanlash usullari o‘tkazildi va aniqroq bashorat qilish modelini yaratish uchun birlashtirildi. Prognozlashning oltita modeli bo‘yicha barcha natijalar 1-jadvalda keltirilgan bo‘lib, ushbu oltita modelni har tomonlama taqqoslash orqali ikkita xulosa chiqarish mumkin. Birinchisi, PLSR modeli LS-SVM modeliga qaraganda yaxshiroq bashorat qilish qobiliyatiga ega. Bu xulosa infraqizil spektrlarni miqdoriy tahlil qilishning asosi bo‘lgan Lambert-Ber qonuniga mos keladi. Shuning uchun metanol benzini tarkibidagi metanol miqdorini miqdoriy tahlil qilish uchun chiziqli PLSR regressiya modeli ko‘proq mos keladi. Bundan tashqari, UVE nafaqat o‘zgaruvchilar sonini sezilarli darajada kamaytirishi, balki aniqlik va mustahkamlikni ham oshirishi mumkinligini aniqlash mumkin. Boshqa xulosa shundan iboratki, o‘zgaruvchilarni tanlash usuli hisoblash jarayonini soddalashtirish va samaradorlikni oshirish uchun afzal tanlovdir.

Metanol benzini benzinga qaraganda ekologik toza va tejamkor energiya manbai hisoblanadi. Metanol benzinining sifatini ta’minlashda sifat va miqdoriy tahlil muhim ahamiyatga ega. Shu maqsadda ATR-FTIR spektrlari va xemometriya metanol tarkibini buzmasdan aniqlash uchun ishlatilgan. Bundan tashqari, tegishli a’lo natija ATR-FTIR texnologiyasi yordamida miqdoriy tahlil qilish mumkinligini ko‘rsatadi. An’anaviy usullar bilan taqqoslaganda, ATR-FTIR o‘zining tezligi, aniqligi va onlayn aniqlash imkoniyatini ko‘rsatdi. Metanol miqdorini aniqlash uchun ajoyib bashorat natijasi olingan bo‘lsa-da, amalga oshirilishi kerak bo‘lgan ishlar ko‘p. Kelajakda kalibrlash modelida ko‘proq namunalar va ko‘proq turdagi benzinlarni ko‘rib chiqish kerak. Yanada kuchli xemometrik usullarni va arzonroq IQ-spektrometrni ishlab chiqish kerak. Shunga qaramay, ushbu tadqiqot natijasi shuni ko‘rsatadiki, sifat va miqdoriy metanol benzini uchun IQ spektrlaridan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘lib, ular quyidagilarni ta’minlaydi:

Xulosalar. Ushbu tadqiqotda ATR-FTIR texnologiyasi yordamida metanol benzini tarkibidagi metanolni miqdoriy va sifat jihatdan aniqlash imkoniyatlari o‘rganildi. Hisoblangan natijalar metanol benzinining miqdoriy va sifat tahlilida IQ-spektrlarning aniqligi va to‘g‘riligini ko‘rsatdi. Sifatli tahlilga kelsak, PLS-DA kalibrlash va bashoratlash uchun mos ravishda 100% va 96,88% aniqlikka erishdi. Miqdoriy tahlil ko‘rib chiqilganda, bashorat qilish modelini yaratish uchun PLSR

ISSN 3030-3907

va LS-SVM modeli, UVE va CARS o‘zgaruvchilarini tanlash usullari bilan birgalikda qo‘llanildi va UVE-PLSR 6,420 va 0,847 RPD va ABS qiymatlari bilan eng yaxshi bashorat qilish natijasini oldi.

IQ-spektrlar yordamida benzin tarkibidagi metanolni sifat va miqdoriy jihatdan o‘rganish uchun birlamchi tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, metanol tarkibini buzmasdan va tezda aniqlash mumkin. Ushbu tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, IQ-spektrlar benzin sanoatida qo‘llashda istiqbolli analitik usul bo‘lib, sanoatda qo‘llashni tezlashtirish uchun ko‘proq harakat qilish kerak.

ADABIYOTLAR

1. Wiedemann, L.d’Avila, L.Azevedo, D. Adulteration detection of Brazilian gasoline samples by statistical analysis. Fuel 2005, 84, 467–473. [CrossRef]
2. Song, M.; Zheng, W.; Wang, Z. Environmental e_ciency and energy consumption of highway transportation systems in China. Int. J. Prod. Econ. 2016, 181, 441–449. [CrossRef]
3. Valera, H.; Agarwal, A.K. Methanol as an Alternative Fuel for Diesel Engines; Methanol and the Alternate Fuel Economy; Springer: Berlin, Germany, 2019; pp. 9–33.
4. Yilmaz, I.; Taëstan, M. Investigation of hydrogen addition to methanol-gasoline blends in an SI engine. IJHE 2018, 43, 20252–20261. [CrossRef]
5. Махмудов, М. Ж., & Салойдинов, А. А. (2022). Автотранспортларнинг экологик муаммолари ва автомобил бензинлари сифатига қўйилган замонавий экологик талаблар Илмий-техникавий журнал. Фан ва технологиялар тараққиёти. No2/2022 Бухоро.
6. Махмудов, М.Дж., Адизов, Б.З., Темиров, А.Х. и Салойдинов, А.А. (2020). Модификация низкооктанового бензина для улучшения его экологических и эксплуатационных характеристик. Международный журнал передовых исследований в области науки, техники и технологий , 7 (6), 14063-14063.
7. Махмудов, М. Ж., & Салойдинов, А. А. (2021). Турли функционал қўндирмалинг автомобил бензиновый экологический хоссаларига таъсири Илмий-технический журнал. Fan va technologylar tarakқққiyoti. №4/2021 Бухоро .
8. Saloydinov, A., Makhmudov, M., Usmonov, S., & Adizov, B. (2023). DETERMINATION OF THE QUANTITY OF WATER IN ETHANOL, GASOLINE AND ALCOHOL FUEL BY THE FISHER METHOD. Development of pedagogical technologies in modern sciences, 2(2), 64-67.
9. Махмудов, М. Ж., Тошев, М. С. Ў., & Салойдинов, А. А. (2021). Усовершенствование процесса региз для производства бензина соответствующего нормам Евростандарта-5. Science and Education, 2(10), 141-152.

ISSN 3030-3907

10. Махмудов, М. Ж., Тошев, М. С. Ў., & Салойдинов, А. А. (2021). Гидроизомеризация бензолсодержащих бензиновых фракций на катализаторе NiW/Al2O3 с целью доведение автомобильного бензина АИ-80 до нормам Евростандарту-5. Science and Education, 2(10), 135-140.
11. Махмудов, М. Ж., Тошев, М. С. Ў., & Салойдинов, А. А. (2021). Гидроизомеризация бензолсодержащей фракции в присутствии катализатора Ni/Al2O3 с целью доведения бензина до норм Евро-5. Science and Education, 2(10), 104-111.
12. Салойдинов, А. А., & Жасур, Ж. У. Э. (2022). Альтернативные экологически чистые виды топлива для автомобилей. Science and Education, 3(4), 146-148.

ISSN 3030-3907