

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasini mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasini mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasini mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasini mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasini mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrasini mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasini professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini assistenti



Time series modeling and prediction

L. Sharipova¹, H. Raufov¹

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

We provide an innovative approach to time series analysis that helps automate autoregressive integrated sliding mean-value authorization model (ARIMA) modeling and greatly facilitates the reliable prediction-building process. Our approach is based on optimization modeling and the separation of the time series into defined seasonal effects, autoregressive (AR) terms, moving average (MA) terms, white noise, and any free variation outside the scope of the chosen model. Simultaneous selection of the corresponding delayed terms and evaluation of their coefficients is achieved by minimizing normalized errors subject to constraints including the limit of the number of combined AR and MA terms to achieve the desired savings through mathematical programming. The White Noise estimator device serves as a stationary benchmark signal for determining MA coefficients and is modeled using wavelet functions that facilitate the formation of integer linear constraints. We report the results of numerical testing of this methodology in several real data sets and discuss the main consequences for research and practice. Our models (i) have found that one step above other widely used interpretable methodologies, including random forests and gradient enhancement models, achieves forward forecasting accuracy, offers interpretable results, and is computationally consistent.

Keywords:

Optimization modeling, analysis of time series, prediction of waves, white noise., Error counting.

Vaqtli qatorlarni modellashtirish va bashorat qilish

Sharipova L.¹, Raufov H.¹

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya:

Biz avtoregressiv integratsiyalashgan siljuvchi o'rta qiymat avtoressiya modeli (ARIMA) modellashtirishni avtomatlashtirishga yordam beradigan va ishonchli bashorat tuzish jarayonini ancha osonlashtirilgan vaqt qatorlarini tahlil qilishning innovatsion yondashuvni taqdim etamiz. Bizning yondashuvimiz optimallashtirish modellashtirishga va vaqt qatorini belgilangan mavsumiy effektlarga, avtoregressiv (AR) hadlarga, harakatlanuvchi o'rtacha (MA) hadlarga, oq shovqinga va tanlangan modelning doirasidan tashqaridagi har qanday erkin o'zgarishlarga ajratishga asoslanadi. Tegishli kechiktirilgan hadlarni bir vaqtning o'zida tanlash va ularning koeffitsiyentlarini baholash matematik dasturlash orqali kerakli tejankorlikka erishish uchun birlashtirilgan AR va MA hadlari sonining chegarasini o'z ichiga olgan cheklolarga bo'ysunadigan normallashtirilgan xatolarni minimallashtirish orqali amalga oshiriladi. Oq shovqinni baholash qurilmasi MA koeffitsientlarini aniqlash uchun statsionar etalon signal bo'lib xizmat qiladi va butun sonli chiziqli cheklolarni shakllantirishni osonlashtiradigan veyvlet funksiyalari yordamida modellashtiriladi. Biz ushbu metodologiyani bir nechta real ma'lumotlar to'plamlarida raqamli sinovdan o'tkazish natijalari haqida xabar beramiz va tadqiqot va amaliyot uchun asosiy oqibatlarini muhokama qilamiz. Bizning modellarimiz (i) boshqa keng qo'llaniladigan talqin qilinadigan metodologiyalardan, jumladan tasodifiy o'rmonlar va gradiyentni kuchaytirish modellaridan ustun bo'lgan bir bosqich oldinga prognozlash aniqligiga erishishini, talqin qilinadigan natijalarni taklif qilishini va hisoblash jihatdan mos kelishini aniqladik.

Kalit so'zlar:

Optimallashtirish modellashtirish, Vaqt qatorlarini tahlil qilish, To'liqlar, Oq shovqinni bashorat qilish., xatoliklarni hisoblash.

1. Kirish

Matematik statistikaning asosiy masalalaridan biri – o'rganilayotgan hodisalarning makonda o'zgarish va rivojlanish jarayonini tadqiq qilishda vaqtli qatorlarni tuzish va tahlil qilish yo'li bilan hal etiladi. Vaqt qatorining qaralayotgan qiymatining avvalgi qiymatlariga chiziqli

bog'liq holda o'zgarish hodisasiga *avtoregressiya jarayoni* yoki *AR jarayon* deyiladi. Masalan, agar hozir kuzatilayotgan qiymat ana shu kuzatishdan avvalgi faqat bitta qiymatning chiziqli funksiyasi bo'lsa, u holda bunday jarayon *1-tartibli avtoregressiya jarayoni* deyiladi va AR(1) kabi belgilanadi. Xuddi shuningdek, agar qaralayotgan jarayon hozirgidan avvalgi k ta qiymatga chiziqli bog'liq

bo'lsa, u holda bu k -tartibli avtoregressiya jarayoni yoki $AR(k)$ deyiladi:

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_{t-k} X_k + \varepsilon_t.$$

Siljuvchi o'rta qiymat avtoressiya modeli (ARMA, *autoregressive moving-average model*) statistikada statsionar vaqt qatorlarini tahlil qilish va bashorat qilish uchun ishlatiladigan matematik modellardan biridir. ARMA modeli vaqt qatorlarining ikkita sodd modellari - avtoressiya modeli (AR) va siljuvchi o'rta qiymat modelini (MA) umumlashtiradi. $ARMA(p,q)$ modeli deb, quyidagi $\{X_t\}$ vaqt qatorini hosil qilish jarayoniga aytiladi:

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j X_{t-j},$$

bu yerda p va q – model tartibini belgilaydigan butun sonlar, c – o'zgarmas son, $\{\varepsilon_t\}$ – “oq shovqin”, ya'ni matematik kutilmasi nolga teng bog'liqsiz va bir xil taqsimlangan (odatda normal) tasodifiy miqdorlar ketma-ketligi, hamda $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ va $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ mos ravishda avtoregressiya va siljuvchi o'rta qiymat koeffitsientlarini ifodalovchi haqiqiy sonlar.

ARIMA (inglizcha *AutoRegressive Integrated Moving Average*) – siljuvchi o'rta qiymatli avtoregressiyaning integrallangan modeli – bu ARMA modelining nostatsionar vaqt qatorlari uchun umumlashtirilgani hisoblanadi. Bunda nastatsionar vaqt qatori biror tartibli ayirmalar usuli (integrallangan qatorlar) yordamida statsionar qatorga olib kelinadi. Demak bu modelda ayirma tartibini ifodalovchi yana bitta parametr qo'shiladi.

$ARIMA(p,d,q)$ modeli vaqt qatorining d tartibli ayirmalari $ARMA(p,q)$ modeliga bo'ysunishini anglatadi.

Statsionar bo'lmagan vaqt qatorlari uchun $ARIMA(p,d,q)$ modeli quyidagi ko'rinishga ega:

$$\Delta^d X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j},$$

bu yerda ε_t – statsionar vaqt qatori, c , a_i , b_i – model parametrlari, Δ^d – vaqt qatorining d tartibli ayirmalar operatori Avtoregressiv integral siljuvchi o'rta (ARIMA) modelashtirish vaqt qatorlarini tahlil qilishda keng qamrovli yondashuv sifatida ta'sirchan natijalarga erishdi. ARIMA vaqt qatorining tuzilishi haqida tushuncha beradigan talqin qilinadigan natijalarni taqdim etadi, “qora quti” tizimlardan farqli o'laroq, masalan, ajoyib bashorat aniqligini ta'minlashi mumkin bo'lgan, ammo talqin qilinmaydigan ba'zi mashinali o'rganish usullari. Ilovalar barcha funksional sohalarida qaror qabul qiluvchilar tomonidan foydalanish uchun talabni modelashtirish va bashorat qilishni o'z ichiga oladi. Biroq, ARIMA modelashtirish asosiy bosqichlarda subyektiv fikrlashga asoslangan ko'p bosqichli jarayondir. Muqobil sifatida biz vaqt qatorlari ma'lumotlaridan ARIMAg'a o'xshash modelni ajratib olishning innovatsion usulini taklif qilamiz, bu esa o'z navbatida kelajakdagi qiymatlarni bashorat qilish uchun ishlatiladi. Bizning yondashuvimiz an'anaviy ARIMA modelashtirishning ko'plab afzalliklarini o'z ichiga olishga

qaratilgan, ammo ARIMA modelini qurish bilan bog'liq bo'lgan subyektiv fikrlarning aksariyati obyektiv tanlovlar bilan kamaytiriladi yoki hatto yo'q qilinadi. Ushbu yondashuvning asosiy jihati mos keladigan kechikish muddatlari va koeffitsientlarini, shuningdek, belgilangan mavsumiy ta'sirlarni tanlashni avtomatlashtirish va aniq sozlash uchun matematik dasturlashdan foydalanishdir. Yondashuv, shuningdek, ma'lumotlarning taqsimlanishi yoki xatolar haqidagi taxminlarga bog'liq bo'lmagan ma'noda parametrsizlanmagandir.

Biz taklif qilgan matematik dasturlash formulalari vaqtli qatorni avtoregressiv (AR) hadlarga va siljuvchi o'rta qiymatli (MA) hadlarga ajratishga asoslangan bo'lib, har bir qoldiq had keyinchalik oq shovqin va "erkin" variatsiyaga bo'linadi, bu esa statsionar deb hisoblanmaydi. Oq shovqin freymvorkka xos bo'lib, bashorat o'zgaruvchisi unga MA atamali orqali javob beradi. Qoldiqning bo'linishi vaqt qatoridagi qoldiq shovqinlar bashoratiga noma'lum bo'lgan bir nechta manbalar tufayli yuzaga kelishi mumkinligini aks ettiradi. Ushbu manbalardan keladigan shovqinlar bir-biriga xalaqit berishi mumkinligi sababli, MA shartlarini keltirib chiqaradigan oq shovqin komponentini iloji boricha aniqroq aniqlash muhimdir, bu ma'lumotlarga eng yaxshi moslikni topish uchun optimallashtirish modellari yechish orqali amalga oshiriladi. Dekompozitsiyaga doimiy mavsumiy effektlarni ham kiritish mumkin. Opt-ARIMA deb nomlangan asosiy optimallashtirish modeli mavsumiy ta'sirlar va AR hamda MA hadlari soniga cheklovlar hamda oq shovqinni tavsiflash uchun cheklovlarga rioya qilgan holda, taklif etilgan dekompozitsiyaga asoslangan moslashuv bilan namunadagi me'yoriy xatoliklarni minimallashtirishga intiladi. Oq shovqin baholovchisi Opt-ARIMA da matematik dasturda tegishli cheklovlarni qanoatlantiruvchi qaror o'zgaruvchilari vektori sifatidagi elementar rol, aposteriori aniqlangan qoldiqlar massivi sifatidagi an'anaviy ko'rinishdan farqli o'laroq. Bu vektor o'z navbatida MA koeffitsiyentlarini aniqlash uchun statsionar etalon signal bo'lib xizmat qiladi. Erkin variatsiya optimallashtirish modellari tomonidan filtrlangan ichki oq shovqinni aniq aks ettiradigan maxsus holat ARIMA modeliga mos keladi, unda qoldiqlar vektori qarama-qarshi belgili oq shovqin vektorlarining yig'indisidan iborat va shuning uchun shovqinni bekor qiladigan model. Konstruksiyaga ko'ra, Opt-ARIMA o'zi aniqlagan har qanday ARIMA modelida shovqinni bekor qilish darajasini va qoldiq vektorning oq shovqinga yaqinligini maksimal darajada oshirishga intiladi.

ARIMA modellari qavariq bo'lmagan ikki chiziqli funksiyalarni, ya'ni berilgan vaqt qatoriga mos keladigan uzluksiz o'zgaruvchilar ko'paytmalarining karralilarini o'z ichiga oladi. Ushbu atamalarni to'g'ridan-to'g'ri matematik dasturlash ta'rifi kiritish, hatto eng zamonaviy global optimallashtirish yechimlari uchun ham jiddiy hisoblash muammolarini keltirib chiqaradi. Biroq, oq shovqinni baholash uchun veyvletlardan foydalanish bizga faqat aralash butun sonli chiziqli cheklovlardan foydalangan holda Opt-ARIMA ni shakllantirish imkonini beradi. Veyvletlar vaqt qatorlari va boshqa signallarni vaqt-chastotaviy tahlil qilish metodologiyasining markazida bo'lgan va signallarni tahlil qilish va sintez qilish uchun foydali vositalar bo'lgan

asosiy funksiyalardir. Vaqt sohasida oq shovqin xalaqit signaliga yaqinlashishni mustaqil va bir xil binomial taqsimlangan koeffitsiyentli veyvlet yoyilma sifatida sintez qilishimiz mumkinligini isbotlaymiz. So'ngra bu koeffitsiyentlarni xarakterlovchi deterministik tenglamani hosil qilamiz, uni ikkilik o'zgaruvchilar orqali ifodalash mumkin. Muqobil ravishda, biz Opt-ARIMA (fw) deb nomlangan soddalashtirilgan va osonroq yechiladigan modelni shakllantirishimiz mumkin, bu yerda "fw" oq shovqinga yaqinlashadigan o'zgarimas vektorni olish orqali o'zgarimas oq shovqinni baholashni ko'rsatadi. Buni bizni qiziqtirgan vaqt qatoriga veyvlet almashtirishni qo'llash orqali amalga oshiramiz, bu esa ketma-ket korrelyatsiyani sezilarli darajada kamaytiradi. Opt-ARIMA yoki Opt-ARIMA (fw) yechimi ARIMA yoki ARIMAGA o'xshash modelni keltirib chiqaradi, bu esa oldindan bashorat qilish uchun vaqt qatorining vaqt gorizontidan keyingi bir davrni baholashi mumkin. Adabiyotlarda bir-biri bilan bog'liq tadqiqot oqimlari mavjud bo'lsa-da, bu yerda o'rganilgan aniq muammo ilgari ko'rib chiqilmagan. Bizning ishimiz vaqt qatorlari tahlili va prognozlash natijalarining aniqligini oshirish imkoniyatiga ega. Biz matematik dasturlash va vaqt qatorining dekompozitsiyasiga yoyilmasiga asoslangan yangi, ARIMAGA o'xshash prognozlash yondashuvini ishlab chiqamiz, bu esa MA atamalarini sifatida oq shovqin va erkin o'zgarishni o'z ichiga oladi, MA atamalarining aniqligini oshirish imkoniyatiga ega bo'lgan signal, erkin o'zgarishning aniq baholanishi esa "vaqt qatorini statsionarlashtirish" uchun qo'llaniladigan nochiqli o'zgartirishlarga muqobil variantni taklif etadi.

2. Oq shovqin va to'liqlar

O'rta nola va chekli dispersiya bilan bir xil taqsimlangan mustaqil tasodifiy miqdorlar ketma-ketligi oq shovqin jarayonini o'z ichiga oladi, bu taqsimot normal bo'lsa Gauss taqsimoti deb ataladi. Oq shovqin jarayonidagi tasodifiy kattaliklar o'zaro bog'liq bo'lmaganligi sababli ketma-ket korrelyatsiyalanmaydi, ya'ni avtokorrelyatsiyalanadi. ARIMA modelashtirishda foydalanish uchun taxminiy Gauss oq shovqin signalini sintez qilish uchun ushbu bo'limda veyvletlardan foydalanamiz. Veyvletlar kvadrati bilan integrallanuvchi funksiyalar uchun ortogonal asoslarni tashkil etuvchi funksiyalar bo'lib, Fyurje tahlilining klassik usullarini to'ldiruvchi chastotali tahlil uchun asosni ta'minlaydi [1]. "Veyvlet funksiyalar vaqt va chastota bo'yicha lokallashtirish" bo'lib, vaqt sohasida signallarni tahlil va sintez qilish uchun foydalidir. Mos xususiyatlarga ega bo'lgan "ona veyvlet" funksiya ψ berilgan bo'lsa, veyvlet funksiyalarning bazasi quyidagicha qurilishi mumkin

$$\psi_{m,b}(t) = 2^{-m/2} \psi(2^m t - b); m, b \in \mathbb{Z}, t \in \mathbb{R}. \quad (1)$$

Bu yerda $t \in \{1, \dots, 2^n\}$, m masshtab yoki kengayish, k translyatsiya deb ataladi. Biz

$Q_i = \{(t, m, b) : 1 \leq t \leq 2^n, 0 \leq m \leq n-1; 0 \leq b \leq 2^m - 1, 2^m t - b = i\}$ ni shunday indekslar to'plami sifatida aniqlaymizki, (1) da ona veyvlet funksiyaning argumenti $i \in \{1, \dots, 2^n\}$ qiymatini qabul qiladi.

Ushbu to'plamlar bo'yicha yig'indilarni ko'rib chiqamiz, bunda quyidagi natija foydali bo'ladi.

Lemma. Har qanday $i \in \{1, \dots, 2^n\}$ uchun $|Q_i| = n$, ya'ni $|Q_i|$ to'plamida n ta element mavjud. Ixtiyoriy $i \in \{1, \dots, 2^n\}$ uchun $X_{t,m,b} \in \{\pm \lambda_0\}$ tasodifiy miqdorni qarab chiqamiz, bu yerda $m \in \{0, \dots, n-1\}$, $b \in \{0, \dots, 2^m-1\}$. $X_{t,m,b}$ tasodifiy miqdorlar bog'liqsiz va bir xil taqsimlangan hamda $P(X_{t,m,b} = \lambda_0) = P(X_{t,m,b} = -\lambda_0) = \frac{1}{2}$ deb faraz qilamiz. Endi quyidagi tasodifiy miqdorni aniqlaymiz

$$V_{i,n} = \sum_{(t,m,b) \in Q_i} X_{t,m,b} \psi(2^m t - b) = \sum_{(t,m,b) \in Q_i} 2^{\frac{m}{2}} X_{t,m,b} \psi_{m,b}(t), \quad \forall i \in \{1, \dots, 2^n\}$$

Har bir $i \in \{1, \dots, 2^n\}$ uchun $n \rightarrow \infty$ da $\left[\frac{1}{\sqrt{n}} V_{i,n}\right]_{n=1}^{\infty}$ tasodifiy miqdorlar ketma-ketligi o'rta qiymati 0 va dispersiyasi $[\psi(i)]^2 \lambda_0^2$ bo'lgan normal taqsimotga yaqinlashadi va $[V_{i,n}]_{n=1}^{\infty}$ to'plamdagi tasodifiy miqdorlar vaqt sohasida erkli bo'ladi. Tasodifiy miqdorning matematik kutilmasi

$$E[X_{i,m,b}] = \frac{\lambda_0}{2} - \frac{\lambda_0}{2} = 0$$

va dispersiya quyidagich

$$Var[X_{i,m,b}] = E[X_{i,m,b}^2] - (E[X_{i,m,b}])^2 = (\lambda_0^2/2 + \lambda_0^2/2) - 0 = \lambda_0^2$$

Vaqt qatorining umumiy modeli

$$X(t) = F(t) + \varepsilon(t), t = 1, 2, 3 \dots N$$

Bu yerda: $X(t)$ – kuzatilgan signal, $F(t)$ – asosiy qism, $\varepsilon(t)$ – tasodifiy xatolik va u oq shovqin tashkil qiladi, $\varepsilon(t) \sim WN(0, \sigma^2)$.

Veyvlet funksiyasi orqali shovqinni quyidagicha ajratiladi:

$$X(t) \xrightarrow{DWT} \{A_j(t), D_j(t)\}, j = 1, 2, 3 \dots J$$

$A_j(t)$ – Approksimatsiya koeffitsienti – foydali signalning past chastotali komponentalari.

$D_j(t)$ – Detal koeffitsiyenti – yuqori chastotali komponentalar, ya'ni shovqinga to'g'ri keladi.

Saralash orqali shovqinni silliqlaymiz:

$$\tilde{D}_j(t) = \text{sign}(D_j(t) * \max(|D_j(t)| - \lambda, 0))$$

Bu yerda λ – saralash qiymati $\lambda = \sigma \sqrt{2 \log N}$

Tozalangan signal $\tilde{F}_t$ uchun ARIMA(p, d, q) modeli quyidagicha yoziladi:

$$\phi(B)(1-B)^d \tilde{F}(t) = \theta(B)\eta(t)$$

Bu yerda: B – siljitish operatori, d – 1-tartibli farqlash, $\phi(B)$ – avtoregressiya operatori, $\theta(B)$ – siljishdagi o'rta qiymat operatori, $\eta(t)$ – oq shovqin operatori.

Yuqoridan moslashtirilgan model quyidagi ko'rinishda olib kelinadi:



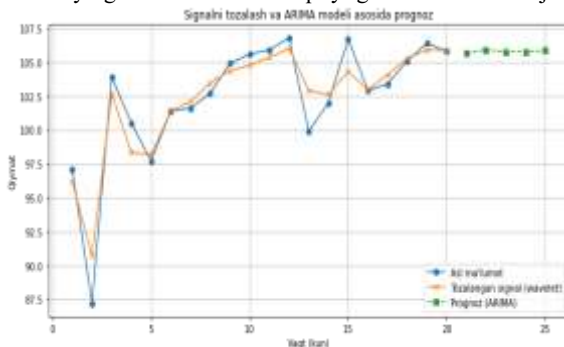
$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B)\tilde{F}(t) = (1 + \theta_1 B)\eta(t)$$

3. Sonli yechim

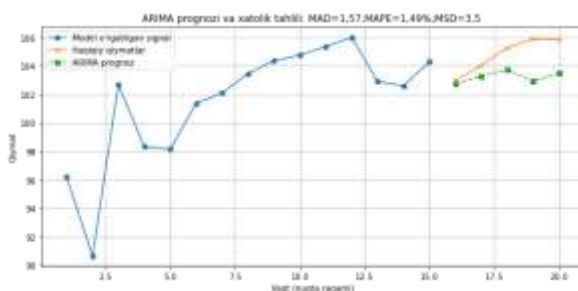
Pastdagi jadvalda 20 haftada qurilish ishida olingan ma'lumotlar (<https://stat.uz/uz/rasmiy-statistika/construction-2>) asosida yuqoridagi formulalardan foydalangan holda sonli yechimni qaraymiz va analiz qilinadi.

1	97,1
2	87,2
3	103,9
4	100,5
5	97,7
6	101,4
7	101,6
8	102,7
9	104,9
10	105,6
11	105,9
12	106,8
13	99,9
14	102
15	106,7
16	102,9
17	103,4
18	105,1
19	106,4
20	105,8

Biz python dan foydalangan holda quyidagi natijalarni olamiz. Grafikda ko'k chiziq shovqinli o'lchovlar, chiziq veyvlet funksiyasi yordamida silliqlangan chiziqlar, yashil esa keying 3 hafta uchun qo'yilgan bashorat natijasi.



Grafikdan qurilish ishlari hajmining o'sish sur'atlarining o'zgarish tendensiyasini kuzatishimiz mumkin. Grafikni yaxlit olib qaraydigan bo'lsak, u bir necha qismlarga bo'linganini ko'rish mumkin.



Vizual tahlilga ko'ra, dastlab hajm pasayish tendensiyasiga ega, keyin ikkinchi oydan boshlab o'sish boshlanadi. 6 oydan 12 oygacha o'sish kuzatiladi. 12 oydan 16 oygacha o'sish o'zgarib turadi va 16 haftadan 19 haftagacha yana o'sish kuzatiladi. Umuman olganda, aytish mumkinki, qurilish ishlari hajmi o'sish tendensiyasiga ega. Demak, trend mavjud. Shuningdek, grafikdan ma'lumotlarning mavsumiyligi va davriyligi yo'qligi haqida xulosa qilishimiz mumkin.

Asl signal statistikasi:

- N = 20
- Min = 87.20
- Max = 106.80
- O'rtacha = 102.38
- Dispersiya = 20.94
- Qiyshayish (Skewness) = -1.90
- Cho'qqilik (Kurtosis) = 4.05

Tozalangan signal statistikasi:

- N = 20
- Min = 90.69
- Max = 106.01
- O'rtacha = 102.37
- Dispersiya = 14.91
- Qiyshayish (Skewness) = -1.64
- Cho'qqilik (Kurtosis) = 2.32

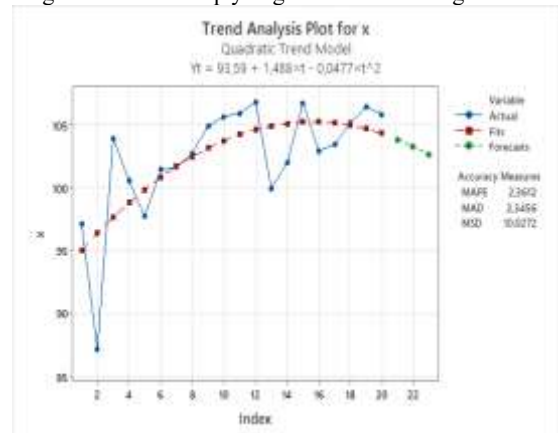
Prognoz (ARIMA) statistikasi:

- N = 5
- Min = 105.68
- Max = 105.92
- O'rtacha = 105.80
- Dispersiya = 0.01
- Qiyshayish (Skewness) = 0.00
- Cho'qqilik (Kurtosis) = -1.30

Vaqt qatori uchun modellarning har biri bo'yicha hisob-kitoblarni amalga oshirib, eng yaxshi modelni tanlash uchun hisob-kitob ma'lumotlarini jadvalda taqdim etamiz.

Model turlari	MSD
Chiziqli model	12,0239
Kvadratik model	10,0272
Eksponensial model	12,1400
Logarifmik model S – egri chiziqli	10,2338

Kvadratik model mavjud ma'lumotlarni eng aniq tavsiflaydi, chunki bu modelda o'rtacha kvadratik og'ish (MSD) eng kichik. Ushbu vaqt qatorini tavsiflovchi trend tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:



$$Y_t = 93,59 + 1,488 \times t - 0,0477 \times t^2$$

Keyingi 3 hafta uchun prognoz quyidagicha:

Period	Forecast
21	104,51
22	104,75
23	104,61

4. Natija

Ushbu ishda qurilish ishlari hajmining oylik o'sish sur'atining vaqtga bog'liqligini o'rgandik. Dastlab, O'zbekiston Respublikasida qurilish ishlarining o'sish sur'atlari bo'yicha asosiy statistik ma'lumotlarni aniqladik. Keyin hajmning vaqtga bog'liqlik grafigi tuzildi, uning asosida trend mavjudligi to'g'risida dastlabki xulosa chiqarildi. So'ngra trendning chiziqli, kvadratik (parabolik), logistik va eksponensial o'sish modellari tahlil qilindi va taqqoslandi. Har bir model uchun xatoliklar aniqlandi va shu asosda parabolik model tanlandi. Ko'rinib turibdiki olingan xatoliklarni hisobga olganda biz taklif qilgan ARIMA modeli oddiy modeldan optimallashtirish va xatoliklar yetarli darajada bartaraf qilingan. Ushbu modelni

EEG signalni shovqindan tozalash;
Rasmlardagi shovqinni kamaytirish;
Seismik signallarni filtrlash;
Kompressiyadan oldingi signal optimallashtirish;
Masalarida ham qo'llash taklif qilinadi.

Foydalanilgan adabiyotlar/ References

- [1] Liu Z.Z., Kulperger R., Yu H. (2016) The Doubly Adaptive LASSO for Vector Autoregressive Models. In: Li W., Stanford D., Yu H. (eds) *Advances in Time Series Methods and Applications*. Fields Institute Communications, vol 78. Springer, New York, NY. Griffin Jr. A. C., "Cotton Ginners' Handbook", Agricultural Handbook No. 503. Washington, D.C.: USDA, 1997.
- [2] Khandelwal, I., Adhikari, R., Verma, G., 2015. ANN Models based on DWT Decomposition. *Procedia Comput. Sci.* 48, 173–179.
- [3] Salles, R., Belloze, K., Porto, F., Gonzalez, P.H., Ogasawara, E., 2019. Nonstationary time series transformation methods: An experimental review. *ISSN 0950-7051 Knowl.-Based Syst.* 164, 274–291.
- [4] Gilbert, K., 2005. An ARIMA supply chain model. *Manag. Sci.* 51 (2), 305–310.
- [5] Miller, A. (2002) *Subset Selection in Regression*. Chapman and Hall/CRC; 2 nd ed. Nason, G.P., Savchev, D., 2014. White noise testing using wavelets. *Stat* 3 (1), 351–362.
- [6] Bergmeir, Christoph, Benítez, Jos'e M., 2012. On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. *Inf. Sci.* 191, 192–213.

Информация об авторах/ Information about the authors

Sharipova Lola Tashkent Davlat Transport Universiteti, O'zbekiston
E-mail: lolaxonr@gmail.com

Raufov Humoyun Tashkent Davlat Transport Universiteti, O'zbekiston
E-mail: humoyunraufov3334@gmail.com

D. Ibrohimova

*On the geometry of nodal sets of eigenfunctions of fractional powers of the laplace operator.....*305

A. Alimov, E. Aliev

*Leibniz algebras generated using the image of Euclidean algebras.....*308

J. Azimov, N. Namozov

*Analysis of the annual change in the volume of cargo turnover of road transport through the time series model.....*311

D. Eshmamatova, D. Khakimova, S. Zavgorodneva

*Analysis of the dynamics of the viral infection spread model.....*314

Sh. Kasimov, N. Shomurodov

*Propagation of spherical shock waves in a contiguous elastic-plastic environment.....*319

L. Sharipova, H. Raufov

*Time series modeling and prediction.....*322

M. Sadullaeva, J. Abdinabiev, S. Turdiev

*Instantaneous axis of helical motion of a rigid body.....*327

A. Artykbaev, M. Ergashaliev

Method for determining the optimal length of the transition part of a railway track plan330