# VAQTLI QATORLAR

**A.O.Abdug'aniyev**
*Ilmiy rahbar: Iqtisod fanlari bo'yicha falsafa doktor(Phd)*
**O'tanazarova Yulduz Ravshan qizi**
*Talaba: Termiz davlat universiteti Axborot texnologiyalari fakulteti talabasi*

Ma'lum bir davrdagi turli ijtimoiy – iqtisodiy hodisalarni vaqt bo'yicha (dinamikada) xarakteristikalarini ifodalash va tahlili qilish uchun bu jarayonlarni xarakterlovchi ko'rsatkichlar va usullardan foydalaniladi.

Adabiyotlarda dinamik qator va vaqtli qator tushunchalaridan foydalaniladi. "Dinamik qatorlar" tushunchasi bir qancha tor ma'noda – belgining o'sishga (pasayishga) ma'lum bir tendentsiyasi bor bo'lgan, yo'naltirilgan o'zgarishi sifatida talqin etiladi. Vaqtli qator tushunchasi ostida albatta ma'lum bir tendentsiyaga ega bo'lishi shart bo'lmagan, ya'ni qandaydir ko'rsatkichni darajasini statistik ketma-ketligi ko'rinishida bo'lgan qatorlar darajasi tushuniladi. Shunday qilib, "vaqtli qator"- bir qancha umumiy tushunchadir. Bunday qator qandaydir ko'rsatkichni ham dinamik, ham statsionar tashkil etuvchilar darajalari ketma-ketligini o'z ichiga oladi. Ammo adabiyotlarda ko'pincha "dinamik qator", yoki "qator dinamikasi" termini qo'llaniladi.

**Dinamik qator-** ketma-ket (xronologik tartibda) joylashgan statistik ko'rsatkichlar qatori, ularning o'zgarishi o'rganilayotgan hodisani ma'lum bir rivojlanish tendentsiyaga egaligi ko'rsatadi. Dinamik qator lag tashkil etuvchisini o'z ichiga oladi.

**Vaqtli qator-**vaqt bo'yicha ketma – ket tartibda joylashgan sonli ko'rsatkichlar qatori bo'lib, ular hodisa yoki jarayonni holati darajasi va o'zgarishini xarakterlaydi.

**Vaqtli qatorning asosiy elementlari:**

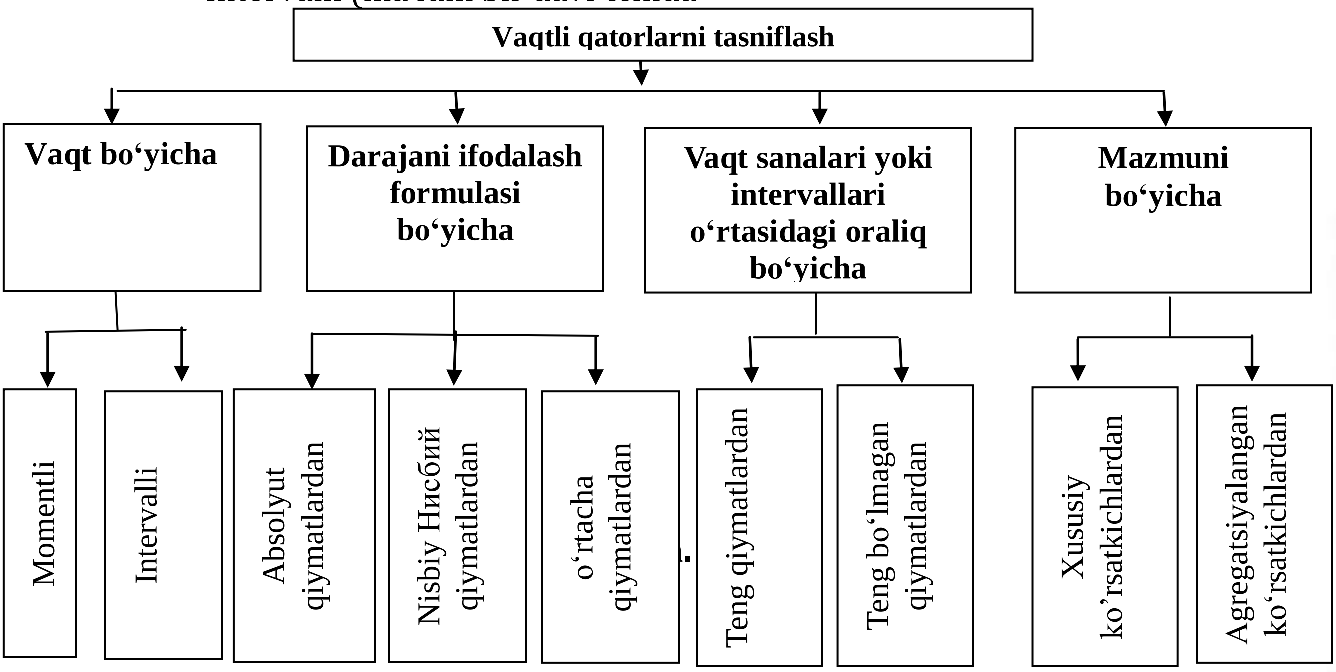
– Vaqt ko'rsatkichi $t$
– Qator darajasi $u$

Vaqt ko'rsatkichidan bog'langan holda vaqtli qatorlar momentli (ma'lum bir sanaga) va intervalliga (ma'lum bir davr ichida) tasniflanadi (klassifikatsiyalanadi) (1-rasm.)

**Vaqtli qatorlar turlari:**

– Momentli (ma’lum bir sanaga)

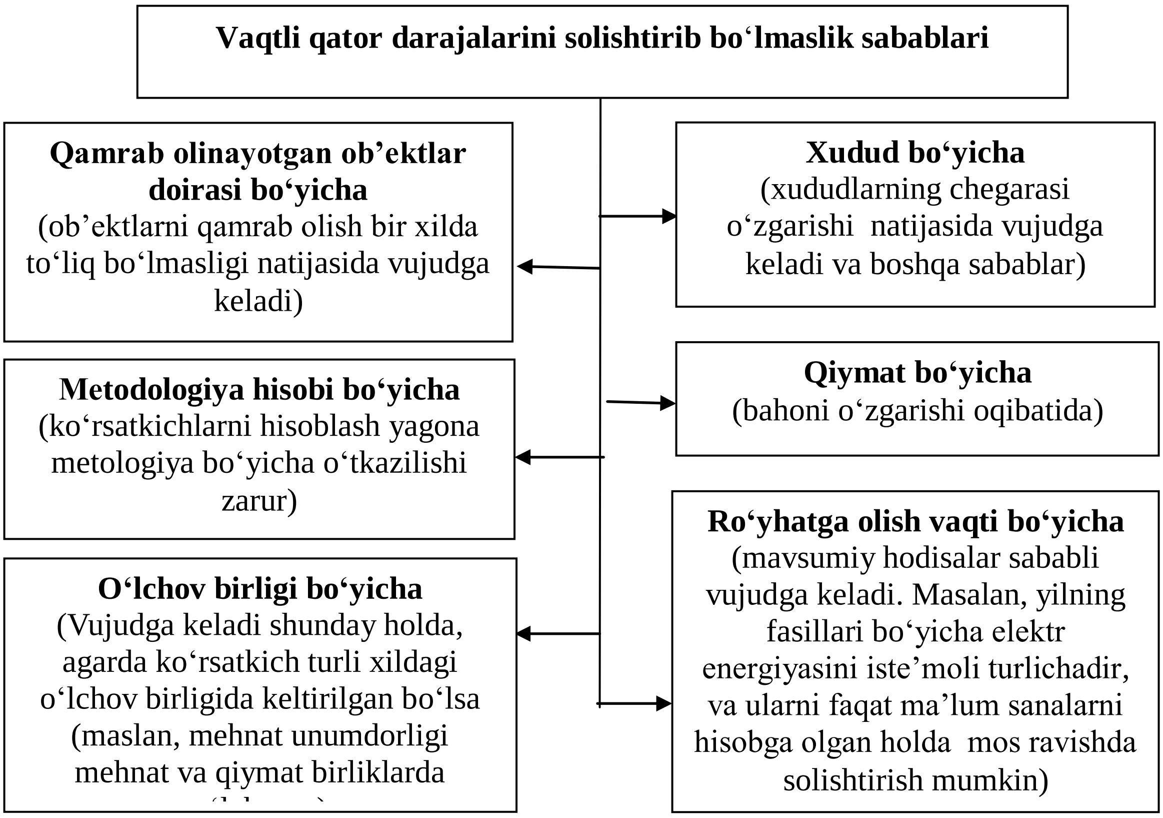
– Intervalli (ma’lum bir davr ichida




**atorlarni tasnifi**

Shuningdek, vaqtli qatorlar sanalar o‘rtasidagi **oraliq** va ko‘rsatkichlarni **mazmuni** bo‘yicha farqlanadi. **Mazmuni** bo‘yicha vaqtli qatorlar ko‘rsatkichlari **xususiy va agregatsiyalangan** ko‘rsatkichlaridan tashkil topadi. Xususiy ko‘rsatkichlar hodisa va jarayonlarni ajratib, bir tomonlama xarakterlaydi (masalan, sutkada o‘rtacha suv iste’mol qilish hajmi ko‘rsatkichining dinamikasini): agregatsiyalangan ko‘rsatkichlar hususiy ko‘rsatkichlardan hosila hisoblanadi va o‘rganilayotgan xodisa va jarayonni kompleks xarakterlaydi (masalan, iqtisodiy kon’yunkturaning ko‘rsatkichlarini dinamikasi)

Vaqtli qatorlarni tuzishda ma’lum qoidalarga rioya qilish kerak (talablarga), ular ma’lum bir shartlarni bajarmaslik oqibatida yuzaga kelishi mumkin, bu esa qatorni solishtirib bo‘lmaydigan holga olib kelishi mumkin (2-rasm).




**2-rasm. Vaqtli qator darajalarini solishtirib bo'lmaslik sabablari**

Vaqtli qatorning umumiy tashkil etuvchi komponentalari:

$$y_t = u_t + \gamma_t + \varepsilon_t \quad \text{yoki} \quad y_t = u_t * \gamma_t * \varepsilon_t$$

**bu yerda**

$u_t$–qatorning umumiy tendentsiyasini xarakterlovchi, doimiy (asosiy) komponenta;

$\gamma_t$–mavsumiy komponenta (yil ichidagi tebranishlar) umumiy ko'rinishda - tsiklik tashkil etuvchi;

$\varepsilon_t$–tasodifiy komponenta (tasodifiy chetga chiqish).

Ko'rinib turibdiki, vaqtli qatorning darajasini shakllantiruvchi barcha komponentlar uchta gruppaga bo'linadi, Asosiy tashkil etuvchi bo'lib **trend** hisoblanadi. Undan trendni tashkil etuvchini ajratib olinganidan keyin **mavsumiy** va **tasodifiy** komponentalar qiymati qoladi.

Agarda qatorning tashkil etuvchilarining barchasi aniq topilgan bo'lsa, unda tasodifiy komponentaning matematik kutilishi nolga teng bo'ladi va uning o'rtacha qiymat atrofida tebranishi doimiydir.

Vaqtli qatorni tashkil etuvchi komponentlarini modellari:

- $y_t = u_t + \gamma_t + \varepsilon_t$ – additiv
- $y_t = u_t * \gamma_t * \varepsilon_t$ – multiplikativ

Vaqtli qatorning asosiy komponentasi bo‘lib **trend** hisoblanadi. Trend –bu vaqt bo‘yicha qatorni barqaror tendentsiyasi bo‘lib, ozmi-ko‘pmi tasodifiy tebranishlardan ta’siridan ozoddir.

Murakkab ijtimoiy hodisa va jarayonlarning o‘zgarish tendentsiyalari ko‘rsatkichlarini faqat u yoki bu tenglamalar, trend chiziqlari bilan taxminiy ifodalash mumkin.

Vaqtli qatorlarda odatda uch ko‘rinishdagi tendentsiya ajratiladi (3-rasm).

**Vaqtli qatorlarda tendentsiyalar ko‘rinishi**

**O‘rta daraja tendentsiyasi odatda matematik tenglama yordamida ifodalangan to‘g‘ri chiziqning atrofida izlanayotgan hodisaning o‘zgarayotgan xaqiqiy darajasini ifodalaydi:**
$Y_t = f_t + \varepsilon_t$
**Bu funksiyaning mazmuni shundaki, trendning qiymatlari vaqtning ayrim momentlarida dinamik qatorning matematik kutilishi bo‘ladi.**

**Dispersiya tendentsiyasi qatorning emprik darajalari va determinallangan komponentasi o‘rtasidagi farqni o‘zgarish tendentsiyasini xarakterlaydi**

**Avtokorrelyatsiya tendentsiyasi dinamik qatorning alohida darajalari o‘rtasidagi aloqalarni xarakterlaydi**

kerak, va u bir nechta hildagi chiziqlardan empirik ma’lumotlarga eng yaqinini (bir qancha soddasini) tanlashdan iborat bo‘ladi. Buni shu bilan yana asoslashadiki, chiziqli trendning tenglamasi qancha murakkab bo‘lsa va u qancha ko‘p parametrlarni o‘z ichiga olsa, ularning yaqinlash darajasi teng bo‘lganida ham bu parametrlarni ishonchli baholash shuncha qiyinlashib boradi.

Amaliyotda ko‘pincha quyidagi asosiy ko‘rinishdagi vaqtli qatorlar trendlaridan foydalaniladi:

- to‘g‘ri chiziqli
- parabola
- eksponentsial
- giperbola
- logistik.

Xuddi shuningdek tendentsiyalar tiplari va trend tenglamalari ham bo‘linadi.

Ekonometrik izlanishlarda tanlangan model bo‘yicha yuqorida sanab o‘tilgan har bir komponentani miqdoriy tahlili o‘tkaziladi.

Trendni ajratib olishdan avval, uning mavjudligi to‘g‘risidagi **gipotezani** tekshirish zarur. Amalda trendning mavjudligini tekshirish uchun bir nechta mezonlar mavjud, ammo asosiy bo‘lib sxemada keltirilgan ikkita mezon hisoblanadi.

**Trendning mavjudligini tekshirish uchun mezonlar**

**Bir qatorning ikki qismini o o'rtachalari ayirmasi usuli**

**Foster – Styuart usuli**

O'rtachalarni ayirmasini mavjudligi haqidagi gipoteza tekshiriladi: buning uchun vaqtli qator ikki teng yoki deyarli teng qismlarga bo'linadi. Gipotezaning tekshirish mezoni sifatida Student mezoni qabul qilinadi.

Agarda $t \gg t_{\alpha}$ bo'lsa, bunda $t$ – Student mezonining hisoblangan qiymati; $t_{\alpha}$ – mohiyatlilik darajasi α–da jadvaldagi qiymat, unda trendning mavjud emasligi haqidagi gipoteza inkor etiladi; agarda $t < t_{\alpha}$bo'lsa u holda $(H_0)$ gipoteza qabul qilinadi.

Foster – Styuart usuli hodisaning tendentsiyasi va vaqtli qator darajalarining dispersiyasini trendini mavjudligi aniqlanadi. Ko'pincha bu usul vaqtli qatorni chuqur tahlil qilishda va uni bo'yicha prognozlarni tuzishda qo'llaniladi

Chiziqli trendning eng soddasi bo'lib to'g'ri chiziq hisoblanadi, va u chiziqli tenglama trendi bilan ifodalanadi:

$$\widehat{y}_i = a_0 + a_1 \cdot t_i,$$

bunda $\widehat{y}_i$ – $i$-nomerli yil uchun trendning tekislangan (nazariy) darajalari;

$t_i$ –vaqtli qatorning darajalari tegishli bo'lgan momentlar yoki vaqt davrlari nomerlari;

$a_1$ –trend parametrlari.

**Chiziqli trend parametrlarining xarakteristikasi**

| Parametr | Parametr mazmuni |
|---|---|
| $a_0$ | Trend koeffitsienti, sanoq boshi deb qabul qilingan moment darajasi yoki vaqt davri uchun, miqdordan o'rtacha tekislangan darajaga teng bo'ladi. |
| $a_1$ | Trend koeffitsienti, vaqt birligida qatorning darajalarini o'rtacha o'zgarishini xarakterlaydi. |

Trend parametrlari qiymatlari va eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha aniqlanadi. Buning uchun normal tenglamalar tizimi tuziladi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} y_i = na_0 + a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i \\ \sum_{i=1}^{n} y_i t_i = a_0 \sum_{i=1}^{n} t_i + a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i^2 \end{cases}$$

Ikki noma'lumli tenglamalarni yechish uchun sanoq boshini qatorning o'rtasiga o'tkaziladi. Vaqt davrlarini qatorning aniq o'rtasidan nomerlaganda nomerlarning $t_i$

yarmi manfiy qiymat bo'ladi, va yarmi – musbat, ya'ni bunday holda normal tenglamalar tizimi qisqaradi.

Chiziqli trend uchun soddalashgan normal tenglamalar tizimi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} y_i = na_0; \\ \sum_{i=1}^{n} y_i t_i = a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i^2 \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \qquad a_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i^2}$$

**Chiziqli trendning asosiy xususiyatlari**:

1) Teng vaqt oraliqlarida teng o'zgarishi

2) Agarda o'rtacha absolyut o'sish – musbat qiymat, unda nisbiy o'sish qiymati, yoki orta borish tempi, asta –sekin kamayadi

3) Agarda o'rtacha absolyut o'zgarish – manfiy qiymat, unda nisbiy o'zgarish, yoki qisqarish tempi, kamayib borayotgan oldingi darajaga nisbatan asta-sekin absolyut qiymati bo'yicha ortib boradi

4) Agarda darajani qisqarishi tendentsiyasi mavjud bo'lsa, va o'rganilayotgan qiymat aniqlanishi bo'yicha musbat, unda o'rtacha o'zgarish o'rtacha darajadan katta bo'lishi mumkin emas

5) Ketma-ket davrlar uchun absolyut o'zgarishlarning ayirmasi nolga teng.

Parabolik trend odatda II tartibli polinom orqali ifodalanadi, uning tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2$$

**Parabola tenglamasini parametrlari qiymatlari**

| Parametr | Parametr mazmuni |
|---|---|
| $a_0$ | Trend koeffitsienti hisob boshi deb qabul qilingan moment yoki davr uchun, o'rtacha tekislangan darajaga miqdordan teng, ( $t_i$ =0) |
| $a_1$ | Trend koeffitsienti, butun davr ichida yillik o'rtacha ortishni o'rtachasini xarakterlaydi, endi u konstanta hisoblanmaydi, va o'rtacha tezlanish bilan bir tekisda, 2 $a_2$teng o'zgaradi |
| $a_2$ | Tezlanishni xarakterlovchi, tenglamaning bosh parametri |

Parabola trendining asosiy xususiyatlari:

1) Teng bo'lmagan, ammo teng vaqt oralig'ida bir tekisda ortib boruvchi yoki kamayib boruvchi absolyut o'zgarishlar kuzatiladi

2) Parabola ikkita shoxga ega: belgining darajasi ortishi bilan yuqoriga yo'naltirilgan va kamayishi bilan pastga yo'naltirilgan bo'ladi

3) Tenglamaning erkin xadi ko'rsatkichning hisob boshi momentidagi qiymati sifatida odatda musbat qiymat bo'ladi, trendning xarakteri va parametrlarning ishoralari bilan aniqlanadi:

a) $a_1 > 0$ va$a_2 > 0$ bo'lganida shoh yuqoriga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni tezlashgan o'sishi kuzatiladi;

b) $a_1 < 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida shoh pastga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni tezlashgan qisqarishi kuzatiladi;

v) $a_1 > 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida shoh yuqoriga yo'naltirilgan bo'ladi, darajalarni sekinlashgan o'sishi kuzatiladi, yoki parabolaning ikkala shoxi - o'sib va pasayib boruvchi, agarda ularni yagona jarayon deb hisoblansa;

g) $a_1 < 0$ va $a_2 > 0$ bo'lganida shoh pastga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni sekinlashgan qisqarishi kuzatiladi, yoki parabolaning ikkala shoxi - pasayib va o'sib boruvchi, agarda ularni yagona jarayon deb hisoblansa;

4) Zanjirli templarning o'zgarishi yoki kamayadi, yokiba'zi vaqtda ortib boradi, ammo etarlicha uzoq vaqt davrida ertami yoki kech o'sish templari albatta pasayishni boshlaydi, darajaning qisqarish tempi esa $a_1 < 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida albatta o'sishni boshlaydi (nisbiy o'zgarishning absolyut qiymati bo'yicha).

Parabola trendining parametrlari eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha hisoblash uchun quyidagi uchta noma'lumli normal tenglamalar tizimi quriladi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} y_i = na + a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i + a_2 \sum_{i=1}^{n} t_i^2; \\ \sum_{i=1}^{n} y_i t_i = a_0 \sum_{i=1}^{n} t_i + a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^{n} t_i^3; \\ \sum_{i=1}^{n} y_i t_i^2 = a_0 \sum_{i=1}^{n} t_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^{n} t_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^{n} t_i^4 \end{cases}$$

Giperbola ko'rinishining eng sodda formasidan biri quyidagi ko'rinishdagi tenglamadir:

$$\widehat{y}_i = a_0 + \frac{a_1}{t_i}$$

**Giperbola tenglamasining parametrlari mazmuni**

| Parametr | Parametr mazmuni |
|---|---|
| $a_0$ | Giperbola erkin xadi, qatorning darajalari intilayotgan chegara |
| $a_1$ | Giperbolaning asosiy xadi:<br>• agarda $a_1 > 0$ bo'lsa, unda trend pasayib boruvchi darajalar tendentsiyasini ifodalaydi va $t \to \infty, \hat{y} \to a_0$<br>• agarda parametr $a_1 < 0$ bo'lsa, unda $t$–ning ortishi, ya'ni vaqtni o'tishi bilan. Trend darajalari ortib (o'sib) boradi va $a_0$ qiymatga intiladi $t \to \infty$ da. |

Giperbola trendining xususiyatlari:

1) $a_1 > 0$ bo‘lganida darajalar sekin asta pasayadilar va $y \to a_0$; xuddi shuningdek manfiy absolyut o‘zgarishlar va musbat tezlashishlar qiymati kamayadi; zanjirli temp o‘zgarishlari ortadi va 100% intiladi

2) $a_1 < 0$ bo‘lganida darajalar sekin asta ortib boradi va $\hat{y} \to a_0$; xuddi shuningdek musbat absolyut o‘zgarishlar va manfiy tezlashishlar qiymati kamayadi; zanjirli temp o‘zgarishlari va 100% intilib, sekin – asta kamayadi

**Vaqtli qatorlar tendentsiyasini aniqlash usullari**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ko’rsatkich davrini uzaytirish usuli | O’rtacha sirg’aluvchi usul | Adaptiv o’rtacha usul | Eksponen-tsial tekislash usuli | Trend usuli | EKK usuli |

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendentsiyasini aniqlash vaqtida ko‘pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:

$$\hat{y}(t) = \left[ a_0 + \sum_{i=1}^{k} a_i t^i \right]^u \quad (i = -1, 0, 1, \ldots, k) \quad (u = -1,\ 1)$$

va eksponentsional funksiyalar qo‘llaniladi:

$$\hat{y}(t) = \left[ e^{a_0 + \sum_{i=1}^{k} a_i t^i} \right]^u \quad (i = -1, 0, 1, \ldots, k) \quad (u = -1,\ 1) \qquad (1)$$

Shuni qayd etib o‘tish lozimki, funksiya shakli tenglashtirilayotgan qatorlar dinamikasi xarakteriga muvofiq, shuningdek, mantiqiy asoslangan bo‘lishi lozim.

Polinomning eng yuqori darajalaridan foydalanish ko‘pchilik hollarda o‘rtacha kvadrat xatolarining kamayishiga olib keladi. Lekin bunday vaqtlarda tenglashtirish bajarilmay qoladi.

Tenglashtirish parametrlari bevosita eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi. Eksponensional funksiya parametrlarini baholash uchun esa boshlang‘ich qatorlar qiymatini logarifmlash lozim.

Normal tenglamalar sistemasi quyidagicha bo‘ladi:

a) $k$ tartibli polinom uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \ldots + a_k \sum t^k = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \ldots + a_k \sum t^{k+1} = \sum yt \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \ldots + a_k \sum t^{2k} = \sum yt^k \end{cases} \qquad (2)$$

b) eksponentsional funksiya uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1\sum t + a_2\sum t^2 + \ldots + a_k\sum t^k = \sum \ln y \\ a_0\sum t + a_1\sum t^2 + a_2\sum t^3 + \ldots + a_k\sum t^{k+1} = \sum t\ln y \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_0\sum t^k + a_1\sum t^{k+1} + a_2\sum t^{k+2} + \ldots + a_k\sum t^{2k} = \sum t^k \ln y \end{cases} \quad (3)$$

Agar tendentsiya ko'rsatkichli funksiyaga ega bo'lsa, ya'ni

$$y_t = a_0 a_1^t$$

bo'lsa, ushbu funksiyani logarifmlab, parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Ushbu funksiya uchun normal tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} n\ln a_0 + \ln a_1\sum t = \sum \ln y \\ \ln a_0\sum t + \ln a_1\sum t^2 = \sum t\ln y \end{cases} \quad (4)$$

Ko'pincha boshlang'ich ma'lumotlar asosida qatorlar dinamikasining rivojlantirish tendentsiyasini tavsiya etish uchun eng qulay funksiya qaysi biri ekanligini hal qilish masalasi murakkab bo'ladi. Bunday hollarda funksiya shakllarini aniqlashning quyidagi ikki xil usulidan foydalanish mumkin: o'rta kvadratik xatolar minimumi usuli bilan funksiya tanlash; dispersion tahlil usulini qo'llash orqali funksiya tanlash.

Mantiqiy tahlil hamda tadqiqot tufayli qo'lga kiritilgan shaxsiy tajriba asosida qator turli xil funksiyalar tanlab olinadi va ularning parametrlari baholanadi. Shundan so'ng har bir funksiya uchun quyidagi formula asosida o'rta kvadratik xatolar aniqlanadi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum\left(y_t - \hat{y}_t\right)^2}{n-k-1}}, \quad (5)$$

bu yerda: $y_t$ □ qatorlar dinamikasining qiymati;

$\hat{y}_t$ □ qatorlar dinamikasi qiymatlarini tenglashtirish;

$k$□ funksiya parametrlari soni.

Mazkur usul faqat tenglama parametrlarining teng sonida natijalar beradi.

Ikkinchi usul dispersiyalarni taqqoslashdan iborat. O'rganilayotgan qatorlar dinamikasi umumiy variatsiyasini ikki qismga, ya'ni tendentsiyalar tufayli sodir bo'ladigan variatsiyalar va tasodifiy variatsiyalar yoki $V = V_1 + V_2$ bo'lishi mumkin.

Umumiy variatsiya quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$V = \sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2, \quad (6)$$

bu yerda, $\bar{y}$ □ qatorlar dinamikasining o'rtacha darajasi.

Tasodifiy variatsiyalar quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$V_2 = \sum_{t=1}^{n}\left(y_t - \hat{y}_t\right)^2. \quad (7)$$

Umumiy va tasodifiy variatsiyalarning farqi tendentsiyalar variatsiyasi hisoblanadi:

$$V_1 = V - V_2. \quad (8)$$

Tegishli dispersiyalarni aniqlashda daraja erkinligi quyidagicha bo‘ladi:

1. Tendentsiyalar tufayli dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni tekislash tenglamasi parametrlari sonidan bitta kam bo‘ladi.

2. Qatorlar dinamikasi darajasi soni bilan tekislash tenglamasi parametrlari soni o‘rtasidagi farq tasodifiy tendentsiyalar uchun daraja erkinligi soniga teng bo‘ladi.

3. Umumiy dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni qatorlar dinamikasi darajasi sonidan bitta kam bo‘ladi. Chiziqli funktsiya uchun dispersiyalar quyidagicha hisoblanadi:

$$S^2 = \frac{V}{n-1}, \quad (9)$$

$$S_1^2 = V_1, \quad (10)$$

$$S_2^2 = \frac{V_2}{n-2}. \quad (11)$$

Dispersiyalar aniqlangandan so‘ng $F$ - mezonning empirik qiymati hisoblanadi:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}. \quad (12)$$

Olingan qiymatni erkinlik va ehtimollik darajasiga muvofiq aniqlangan jadval qiymati bilan taqqoslanadi.

Agar $F > F_\alpha$ ko‘rinishidagi tengsizlik bajarilsa, u holda tahlil qilinayotgan tenglama ifodalanayotgan tendentsiya uchun to‘g‘ri keladi. Bunday hollarda tahlil qilishni mantiqiy tushunchalarga mos keladigan oddiy tenglamalardan boshlab, asta-sekin kerakli daraja aniqlanguncha qadar murakkabroq darajalarga o‘tib borish lozim.

Trend aniqlangandan keyin boshlang‘ich qatorlar dinamikasiga tegishli darajada trendning qiymati olinadi. Tahlil bundan keyin trenddan chetga chiqishi mumkin.

$$z(t) = y(t) - \hat{y}(t) \quad (13)$$

$z(t)$ chetga chiqishi $\sigma^2$ arifmetik dispersiyali o‘rtacha nolga teng bo‘ladi.

Tenglama parametrlarini aniqlash zarur:

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t, \quad (14)$$

$$\hat{y}'(t) = a_0' + a_1' t \quad (15)$$

Normal tenglamalar sistemasi to‘g‘ri chiziqli tenglamalar uchun quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum ty \end{cases} \quad (16)$$

Dinamika tendentsiyasini aniqlashning eng sodda usuli **qator darajalari davrini uzaytirish usulidir**. Bu usulda ketma-ket joylashgan qator darajalari teng sonda olib qo'shiladi, natijada uzunroq davrlarga tegishli darajalardan tuzilgan yangi ixchamlashgan qator hosil bo'ladi.

**O'rtacha sirg'aluvchi usul** - bu qator darajalarini birin-ketin ma'lum tartibda surish yo'li bilan hisoblangan o'rtacha darajadir. O'rtacha sirg'aluvchi usulda qator ko'rsatkichlaridan doimo teng sonda olib, ulardan oddiy arifmetik o'rtacha hisoblash yo'li bilan aniqlanadi. Ularni toq yoki juft sonda olinadigan qator ko'rsatkichlari asosida hisobalash mumkin.

O'rtacha sirg'aluvchi usul o'rtacha qiymatni aniqlash vaqtida tasodifiy chetlanishlarning o'sish holatiga asoslanadi. O'rtacha haqiqiy qiymatlar qatorlari dinamikasi tekislanayotgan vaqtda sirg'anishning o'rtacha nuqta davrini ko'rsatadigan o'rtacha qiymatlar bilan almashinadi. Odatda o'rtacha sirg'aluvchi usulning ikki modifikatsiyasidan, ya'ni oddiy va vaznli tekislashdan foydalaniladi.

Oddiy tenglashtirish o'rtalikdagi $p$ uzunlikdagi vaqt uchun oddiy o'rta arifmetik hisoblashdan tuzilgan yangi qator tuzishga asoslanadi:

$$y_k = \frac{\sum_{t=k}^{p+k} y_t}{p} \quad (k = 1,\ 2, \dots,\ N - p + 1), \qquad (17)$$

bu yerda, $p$ – tenglashtirish davri uzunligi vaqtli qatorlar xarakteriga bog'liq bo'ladi; $k$ – o'rtacha qiymatning tartib nomeri.

Vaznli tenglashtirish turli nuqtadagi qatorlar dinamikasi uchun vaznli o'rtacha qiymatlarni o'rtachalashtirishdan iborat.

Birinchi $2p+1$ qatorlar dinamikasini olib ko'raylik ( $p$ odatda 1 yoki 2 ga teng). Tendentsiyalar funksiyasi sifatida qandaydir:

$$y_t = \sum_{i=0}^{k} a_i t^i \qquad (18)$$

(18) to'la darajasini olaylik.

Uning parametrlari

$$a_0 \sum_{-p+1}^{p+1} t^i + a_1 \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+1} + \ldots + a_k \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+k} = \sum_{-p+1}^{p+1} y_i t^i \qquad (19)$$

tenglamasi yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi.

Ko'phad (polinom) o'rtacha darajasi $p+1$ nuqtasiga joylashgan. $a_0$ ga nisbatan tenglamani yechsak:

$$a_0 = b_1 y_1 + b_2 y_2 + \ldots + b_{2p+1} y_{2p+1} \qquad (20)$$

hosil qilamiz. Bu yerdagi $b_1$ qiymati $p$ va $k$ mohiyatiga bog'liq bo'ladi. Hosil bo'lgan tenglama dastlab $2p+1$ qatorlar dinamikasi qiymatining vaznli o'rtacha qiymat arifmetikasi hisoblanadi.

Eksponentsial usuli hozirgi paytda, dinamik qatorlarga asoslangan usullardan eng muhim usul deb hisoblanadi. Dinamik qatorlarni bashoratlashda ma'lumotlarni yildan yilga o'zgartirishini e'tiborga olish zarur. Oxirgi yillardagi o'zgarish tendentsiyasini ahamiyatini oshirib, dinamik qatorni birinchi yillardagi o'zgarish tendentsiyasini ahamiyatini kamaytirish zarur.

Bashoratlashtirishning oddiy modellaridan biri bo'lgan vaqtli funksiyasini ko'rib o'tamiz. Umumiy holda vaqt bo'yicha olingan funksiyasini

$$u_t = f(t) \tag{21}$$

$$y_t = a_0 + a_1 t \tag{22}$$

ko'rinishida ifodalash mumkin.

Ayrim hollarda vaqtli qator parametrlari ma'lum bir oraliqda o'zgarishi mumkin.

Bu muammoni yechish uchun Braun tomonidan yaratilgan eksponentsial usulidan foydalanamiz. Bu usulni mohiyati shundan iboratki, vaqt bo'yicha olingan qator eksponentsial qonuniyatiga bo'ysunib bashorat qilinadi.

Faraz qilaylik:

$$y = a_0 + a_1 t \tag{23}$$

ko'rinishidagi chiziqli funksiya berilgan bo'lsin. Bu yerdagi $a_0$ va $a_1$ parametrlarni topish uchun o'rtacha eksponentsial $S_{t1}(y)$ va $S_{t2}(y)$ miqdorlarni topamiz.

$$S_{t1}(y) = a_0 + \frac{1-\alpha}{\alpha \times a_1} \tag{24}$$

$$S_{t2}(y) = a_0 + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha \times a_1} \tag{25}$$

Agar bu sistemani $a_0$ va $a_1$ ga nisbatan yechsak, quyidagilarni xosil qilamiz:

$$a_0 = 2S_{t1}(y) - S_{t2}(y) \tag{26}$$

$$a_1 = \frac{1}{1-\alpha}\left[S_{t1}(y) - S_{t2}(y)\right] \tag{27}$$

$k$ darajadagi eksponenta rekkurent formulasi orqali topiladi.

$$S_{tk}(y) = \alpha S_{tk-1}(y) + (1-\alpha)S_{t-1k}(y) \tag{28}$$

bu yerda $\alpha = \frac{2}{m}$, $m$-kuzatuvlar soni. Umuman olganda $0 < \alpha < 1$ bo'ladi.

Agar $\alpha$ parametr 1 ga yaqin bo'lsa, prognozlashtirish uchun keyingi holatlar hisobga olinadi. Agar $\alpha \to 0$ bo'lsa prognozda ilgari holat nazarda tutiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Введение в математическое моделирование: Учеб. пос. –М.: Логос, 2004
2. Громенко В.М., Громенко В.М. Методы и модели в экономике: Учеб. пос. –М.: МГОУ, 2006
3. Доугерти К. Введение в эконометрику. Учебник. -М.: ЮНИТИ, 2001.

4. Забудский Г.Г. Математическое моделирование в экономике. Учеб. пос. –Омск.: ОмГУ, 2008

5. Замков О.О. Математические методы и модели. -М.: ДиС, 2000.

6. Карманов В.Г. Математическое программирование. Учеб пос. –М.: Физматлит, 2011.

7. Козин Р.Г. Математическое моделирование. Учеб. пос. –М.: МИФИ, 2008.

8. Конюховский П. Математические методы исследования операций в экономике: Учеб. пос. -СПб.: Питер, 2000.

9. Кугаенко А.А. Методы динамического моделирования в управлении экономикой: Учеб. пос. - М.: Университетская книга, 2005.

10. Магнус Я.Р. Эконометрика: Начальный курс. Учебник. -М.: Дело, 2001.

11. Моделирование экономических процессов. /М.П. Власов, П.Д. Щикко. - Ростов н/Д: Феникс, 2005.

12. Портер М.Э. Конкуренция. /Пер. с англ. - М.: Изд. дом Вильямс, 2003.

13. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. -М.: Физматлит, 2001.

14. Сеславина Е.А. Математическое моделирование экономических процессов на транспорте. Учеб. пос. –М.: РГОТУПС, 2006.