

**Davlat qimmatli qog'ozlari daromadlilik
egri chizig'ini hisoblashning nazariy
METODOLOGIYASI**

Davlat qimmatli qog'ozlari daromadlilik egri chizig'ini shakllantirish uchun quyidagi nazariya va formulalardan foydalaniladi:

Ma'lum bir t kun uchun davlat qimmatli qog'ozlari daromadlilik egri chizig'ini shakllantirishda Nelson-Sigel parametrik modelidan foydalaniladi. Ushbu model $\beta_{0,t}$, $\beta_{1,t}$, $\beta_{2,t}$ o'zgaruvchi parametrlar hamda λ o'zgarmas parametrdan tashkil topgan. Ma'lum bir t kun hamda τ davrli qimmatli qog'oz uchun kuponsiz davomiy murakkab foiz stavkasidagi daromadlilik egri chizig'i quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$y_{t,\tau} = \beta_{0,t} + \beta_{1,t} \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} + \beta_{2,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) \quad (1)$$

Ushbu formulada model parametrlari hamda ma'lum bir instrument bo'yicha pul oqimlari hisoblanishi kunlik amalga oshiriladi. Bunda bir yildagi kunlar soni Actual/365L standardi bo'yicha amalga oshiriladi (ya'ni yillar 365 yoki 366 kundan iborat bo'ladi).

Biroq ma'lumotlar yetarli bo'lmagan sharoitda ushbu parametrlarni baholash statistik nobarqaror natijalarga olib kelishi mumkin. Shuning uchun baholash jarayonida β_{i,t_1} va β_{i,t_2} o'zaro bog'liq, deb faraz qilinadi, ya'ni ular davrdan davrga o'tganda unchalik o'zgarmaydi. t davr davomida $\beta_{i,t}$ ning qanday o'zgarishi keyin keluvchi stoxastik model yordamida aniqlanadi.

Shu bilan birga, vaqt davomida o'zgaruvchan uchta β parametrli 120 kunlik hisoblash intervalidan iborat bo'lgan modelni baholash juda ko'p parametrlar to'plamini baholashni taqozo etib, bunday baholash jarayoni uzoq vaqtni talab etsa-da, bizga bugungi egri chiziq qiymatini aniqlash uchun faqat oxirgi davrdagi parametrlar qiymati kerak bo'ladi (matn davomida bu t^{max} orqali belgilangan). Keyingi hafta uchun yangi 120 kunlik hisoblash intervalidan foydalaniladi.

Davlat qimmatli qog'ozlari daromadlilik egri chizig'ini kunlik intervalda hisoblash optimallashtirish nuqtai nazardan samarasiz ekanligini inobatga olib, $s_1, s_2, \dots, s_N$ kunlar to'plami belgilanadi va ular 120 kunlik hisoblash intervalini qoplash uchun teng taqsimlanadi.

Mazkur metodologiyada $s_1 \leq t^{\min}$ va $s_N \geq t^{\max}$ etib belgilanadi va bazaviy hisoblashda 28-kunlik intervaldan foydalanib, har bir $s_k - s_{k-1}$ intervalni barcha k lar uchun 28 kunga teng bo'ladi. Natijada Nelson-Sigel parametrik modeli bo'yicha 120 ta parametrlar to'plamidan farqli ravishda $N = 6$ parametrlar to'plami hisoblanadi. Bunda, s_N so'nggi intervalning qariyb o'rtasidan joy oladi va ma'lumotlar bazasidagi barcha mavjud operatsiyalarning oxirgi hisob-kitob sanasini (odatda $T + 0$, $T + 1$ va $T + 2$) o'z ichiga oladi.

Egri chiziq qiymatlarini hisoblayotganda s_N shunday tanlanadiki, u ma'lumotlar to'plamida mavjud eng oxirgi hisob-kitob kuniga mos kelib (odatda, bugunga bir yoki ikki kun qo'shiladi), oxirgi kesmaning o'rtasiga joylashtiriladi. Shu tarzda qolgan $s_1, s_2, \dots, s_{N-1}$ kunlar butun hisoblash davrni qoplaydigan qilib tanlanadi.

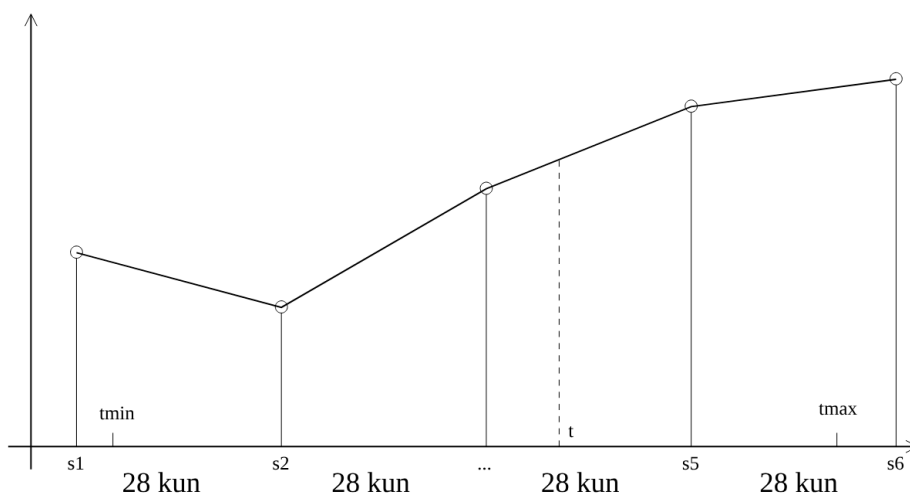
Tanlangan davrdagi barcha β_{i,s_k} parametrlar tasodifiy avtoregressiv jarayon yordamida modellashtiriladi:

$$\beta_{i,s_k} = \beta_{i,s_{k-1}} + \varepsilon_{i,k}, \quad \text{bunda } i = 0, \dots, 2, k = 2, \dots, N, \quad (2)$$

bu yerda $\varepsilon_{i,k} \sim N(0, \sigma(\beta_i)^2)$ bo'lib, $\sigma(\beta_i)$ – shoklarning davr davomida o'zgarmaydigan standart xatoliliklari.

Holat chizmasi 1-rasmda keltirilgan. Rasman $\beta_{i,t}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$\beta_{i,t} = \begin{cases} \beta_{i,s_k} & \text{agar } s_k = t \text{ bo'lsa} \\ \frac{s_k - t}{s_k - s_{k-1}} \beta_{i,s_{k-1}} + \frac{t - s_{k-1}}{s_k - s_{k-1}} \beta_{i,s_k} & \text{agar } s_{k-1} < t < s_k \text{ bo'lsa} \end{cases} \quad (3)$$



1-rasm. Betalar interpolatsiyasi

(1) tenglikdagi davomiy murakkab foiz stavkasini o'tgan davrlarda kuzatilgan narxlarga bog'lashning ikkita yo'li mavjud. Biz tanlagan yondashuvda $y_{t,\tau}$ ning nol qiymatlari instrument pul oqimlarining diskontlangan summasi orqali kuzatilgan operatsiyaga bog'lanadi. Daromadlilik egri chizig'ini baholashning amaliy modellarida muqobil yondashuv sifatida $y_{t,\tau}$ nol darajalari oldingi amaliyotlardagi jami daromadlilik kvotalariga bevosita bog'lab qo'yiladi (tegishli ma'lumot to'g'rilanishlaridan keyin). Biroq bu qat'iy daromadli instrumentlar balandroq kupon stavkalariga ega bo'lgan bozorlarni ifodalovchi modelda ichki nobarqarorliklarga sabab bo'ladi.

Biror i qimmatli qog'ozning¹ t davrdagi yalpi narxi $P_{i,t}$ bo'lsin. Narx pul oqimlari va

¹ Umumiy qimmatli qog'oz atamasidan har qanday qat'iy daromadli qarz instrumentlari, pul bozori instrumentlari, REPO auksionlari va boshqalarni nazarda tutish uchun foydalaniladi.

noma'lum diskont stavkasi orqali hisoblanishi mumkin:

$$P_{i,t} = \sum_j c_{i,j} d_{t,\tau_j}, \quad (4)$$

bunda j — i qimmatli qog'ozning kelesidagi barcha pul oqimlari indeksi, $c_{i,j}$ — j -chi pul oqimi, d_{t,τ_j} — pul oqimlari sodir bo'luvchi t va $t + \tau_j$ davrlar orasidagi diskont stavkasi. Diskont stavkalari yillik foizlarda $y_{t,\tau}$ uzluksiz hisoblanuvchi murakkab foiz stavkasida ifodalanuvchi daromadlilik egri chizig'i orqali aniqlanadi:

$$y_{t,\tau} = -\frac{100 \cdot M}{\tau} \log(d_{t,\tau}), \quad (5)$$

bunda M bir yildagi kunlar sonini bildirib, 365 sifatida o'rnatilgan model parametri.

Nazariy yalpi narx $P_{i,t}$ ni hisoblash yo'li ma'lum bo'ldi. Biroq amalda yalpi narx biror xatolik bilan qayd etiladi:

$$P_{i,t}^{obs} = P_{i,t} \exp(\eta_{i,t}/100), \quad (6)$$

bunda $\eta_{i,t}$ foizdagi o'lchash xatoligini anglatib, $\eta_{i,t} \sim N(0, \sigma(\eta_{i,t})^2)$ kabi modellashtiriladi. $\sigma(\eta_{i,t})$ parametri bir qancha omillarga bog'liq bo'ladi.

Odatiy qimmatli qog'ozlarni ifodalamaydigan (misol uchun UZONIA) r_t stavkasi uchun kuzatilgan narxi 1 va nominal narxi $1 + \tau r_t / (100 \cdot M)$ ga teng bo'lgan sun'iy kuponsiz obligatsiya hosil qilinadi va bunda τ instrumentning kunlardagi muddati, M bir yildagi kunlar soni (365ga teng) va r_t yillik foiz stavkasini bildiradi.

(6) tenglikdagi o'lchash xatoligini aniqlash yo'lidan tashqari, model to'liq tavsiflanib bo'ldi. Quyidagi jadval model parametrlari qiymatini ko'rsatadi:

Parametrlar	Baholanadimi?	Izoh
β_{i,s_k}	ha	$i = 0, 1, 2$ uchun va $k = 1, \dots, N$
λ	yo'q	Kritik nuqta o'rni
$\sigma(\beta_i)$	yo'q	β_{i,s_k} jarayonining standart xatoligi
$\sigma(\eta_{i,t})$	yo'q	t davrdagi i qimmatli qog'ozning o'lchash xatoligi

Model parametrlari va ularning qisqacha tavsifi

Ushbu metodologiyaning qolgan qismida β_{i,s_k} larning baholanishi va $\sigma(\eta_{i,t})$ o'lchash xatolilari qanday modellashtirilishi ko'rib chiqiladi.

β_{i,s_k} parametrlar quyidagi metodlar yordamida baholanadi:

Barcha β_{i,s_k} parametrlar bahosidan tuzilgan vektor B ; boshqa barcha (kalibratsiya qilinuvchi) parametrlar vektori Θ ; $t^{min} \leq t \leq t^{max}$ kunlar uchun barcha mavjud i qimmatli qog'ozlarning kuzatilmalari to'plami Y bo'lsin. U holda modeldagi mu'lumot ehtimolligi $L(Y|B, \Theta)$ bo'ladi. Θ o'zgarmas bo'lgani uchun modelni ma'lumotga mosligi (zichligini) maksimallashtiruvchi B matritsani aniqlashimiz zarur:

$$p(B|Y, \Theta) \propto p(B|\Theta)L(Y|B, \Theta) \quad (7)$$

Bu quyidagiga erishish uchun B ni optimallashtirishimizni anglatadi:

$$\max_B p(B|\Theta)L(Y|B, \Theta) \quad (8)$$

B parametrlarning ma'lumot ehtimolligi va zichligi o'zaro ekvivalentdir. Zichlik mos erkli taqsimotlarning shoklari zichligiga teng:

$$p(B|\Theta) = \prod_{i=1}^3 \prod_{k=2}^N \frac{1}{\sigma(\beta_i)\sqrt{2\pi}} e^{-\widehat{\varepsilon}_{i,k}^2/(2\sigma(\beta_i)^2)}, \quad (9)$$

bunda $\widehat{\varepsilon}_{i,k}$ — B ma'lum bo'lgandagi xatoliklar qiymati.

Logarifmik ma'lumot ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\log(p(B|\Theta)) = -\frac{3(N-1)}{2} \log(2\pi) - \sum_{i=0}^2 \log(\sigma(\beta_i)) - \sum_{i=0}^2 \sum_{k=2}^N \frac{\widehat{\varepsilon}_{i,k}^2}{2\sigma(\beta_i)^2} \quad (10)$$

Kuzatilmalarning ma'lumot ehtimolligi kuzatilgan yalpi narx va ularning nazariy narxi farqining o'lchov xatoligi qiymatiga nisbati kabi aniqlanadi, ya'ni:

$$L(Y|B, \Theta) = \prod_{i,t}^{\text{all obs}} \frac{1}{\sigma(\eta_{i,t})\sqrt{2\pi}} e^{-\widehat{\eta}_{i,t}^2/(2\sigma(\eta_{i,t})^2)}, \quad (11)$$

bunda $\widehat{\eta}_{i,t}$ yalpi narx va ularning nazariy narxi farqi:

$$\widehat{\eta}_{i,t} = 100 \log(P_{i,t}^{obs}/P_{i,t}). \quad (12)$$

Demak, baholash algoritmi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

- 1) Mavjud ma'lumotlarni Y kabi mos shaklga keltirish;
- 2) Kalibratsiya qilinuvchi parametrlar Θ qiymatini aniqlash;
- 3) Betalar to'g'risida dastlabki farazlar B_0 matritsasini shakllantirish;
- 4) $\log(p(B|Y, \Theta))$ ning maksimumini topish uchun B_0 dan boshlab B ni optimallashtirish;
- 5) Takrorlanishlarni tezlashtirish uchun $\log(p(B|Y, \Theta))$ ning gradiyenti va Gessianidan foydalanish;
- 6) Optimal $\widehat{B}$ ni aniqlash;
- 7) Bu barcha $s_1 \leq t \leq s_N$ oldingi va joriy davrlar uchun $y_{t,\tau}$ daromadlilik egri chiziqlarini anglatadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, baholash algoritmi ustma-ust vaqt qatorli baholashdir (*stacked-time estimation*), ya'ni baholash barcha $s_1, \dots, s_N$ uchun bir paytda amalga oshiriladi.

(6) tenglikdagi o'lchov xatoliklarini aniqlash va kalibrlash modeli quyidagicha tavsiflanadi.

Modelni qanday kalibrlash keyinroq qisqacha tasvirlab beriladi. O'lchov xatoliklari modeli har xil turdagi kuzatuvlarga javoban model xatti-harakatlariga ta'sir qilish usulini taqdim etadi. Boshqacha qilib aytganda, o'lchash xatoliklari modeli turli kuzatuvlarga qanday vazn berishni va shuning uchun kuzatuvlar baholangan egri chiziqning shakllanishiga qanchalik ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Ma'lumotlarning vaznlarini belgilash mumkin bo'lgan quyidagi o'lchamlarni farqlaymiz: qoldiq to'lov muddati, bozor turi, joriy yoki muomaladagi obligatsiyalar va hajm. (13) tenglik ushbu o'lchamlarni aks ettiradi va t davridagi i qimmatli qog'oz uchun $\sigma(\eta_{i,t})$ o'lchov xatosini omillarga ajratadi:

$$\sigma(\eta_{i,t}) = \sigma \cdot \phi_{i,t}^{mkt} \cdot \phi_{i,t}^{rm} \cdot \phi_{i,t}^{off} \cdot \phi_{i,t}^{spr} \cdot \phi_{i,t}^{vol}, \quad (13)$$

bunda

- σ – model va ma'lumot o'rtasidagi vazn
- $\phi_{i,t}^{mkt}$ – bozor turiga bog'liq vazn
- $\phi_{i,t}^{rm}$ – qoldiq to'lov muddatiga mos vazn
- $\phi_{i,t}^{off}$ – obligatsiyalar vazni
- $\phi_{t,i}^{spr}$ – spredga mos keluvchi vazn
- $\phi_{i,t}^{vol}$ – hajmga mos vazn

Ko'paytuvchilar quyida birma-bir tavsiflanadi. Ular eksponensial shaklga ega².

σ **ko'paytuvchisi** model va ma'lumot o'rtasidagi vaznni anglatadi. Bu bizga baholangan daromadlilik egri chizig'ining ma'lumotlarga yaqinroq bo'lishi yoki

² Eksponensial shaklni tanlash parametrlarni talqin qilishni osonlik darajasidan kelib chiqib tanlanadi. Masalan, α_1 va α_2 ko'paytuvchilarning darajasi bo'lsin, ya'ni $\sigma(\eta_{i,t}) = \sigma \exp(\alpha_1 + \alpha_2)$. E'tibor bering, (11) tenglikdagi ma'lumot ehtimolligi standart xatolikka bo'lingan haqiqatdagi xatolikni qamrab oladi va bu qo'yidagicha taqriban hisoblanishi mumkin:

$$\frac{\widehat{\eta}_{i,t}}{\sigma(\eta_{i,t})} = \frac{\widehat{\eta}_{i,t}}{\sigma \exp(\alpha_1 + \alpha_2)} \approx \frac{\widehat{\eta}_{i,t}(1 - \alpha_1 - \alpha_2)}{\sigma}$$

Bu α parametrlar haqiqiy xatolik $\widehat{\eta}_{i,t}$ dagi samarali kamayib borish sifatida talqin qilinishi va bu kamayish bo'laklariga yig'indi sifatida qarash mumkinligini anglatadi.

ma'lumotlarni tekislash orqali modelga yanada yaqinroq bo'lishiga ta'sir qilish imkonini beradi. σ qo'yidagicha modellashiriladi

$$\sigma = e^{\alpha}, \quad (14)$$

bunda α — tanlangan o'zgarmas son. Agar α kattaroq bo'lsa, modelga ko'proq vazn beriladi va vaqt o'tishi bilan daromadlilik egri chizig'i silliq bo'ladi. Agar α kichikroq bo'lsa, ma'lumotlarga ko'proq vazn beriladi va daromadlilik egri chizig'i, ayniqsa tez o'zgarishlar davrida ma'lumotlarga yaqin bo'ladi.

ϕ_i^{mkt} **ko'paytuvchisi** turli bozorlardan kelayotgan ma'lumotlar vaznini bildiradi. Bunda pul bozorida bo'layotgan operatsiyalarga boshqa bozorlardan ko'ra ko'proq vazn beriladi yoki birlamchi bozorga ikkilamchi bozordan ko'proq vazn belgilanadi. Bozor ko'paytuvchisi quyidagicha:

$$\phi_{i,t}^{mkt} = \begin{cases} e^{\alpha_{pm}} & \text{birlamchi bozor uchun} \\ e^{\alpha_{sm}} & \text{ikkilamchi bozor uchun} \\ e^{\alpha_{UZONIA}} & \text{UZONIA stavkalari uchun} \\ e^{\alpha_{overnight depo}} & \text{banklararo overnayt depozit} \\ & \text{stavkalari uchun} \\ e^{\alpha_{repo}} & \text{Markaziy bankning likvidlikni taqdim} \\ & \text{etish bo'yicha REPO auksionlari} \\ & \text{uchun} \\ e^{\alpha_{rrrepo}} & \text{Markaziy bankning likvidlikni jalb} \\ & \text{qilish bo'yicha REPO auksionlari} \\ & \text{uchun} \\ e^{\alpha_{quote}} & \text{ikkilamchi bozor kotirovkalari uchun} \\ e^{\alpha_{judg}} & \text{Mulohazali kuzatuvlar uchun} \end{cases} \quad (15)$$

bunda UZONIA stavkalari va shunga o'xshash alfalar ta'sirini kamaytirish uchun α_{UZONIA} qiymati tanlanadi. Mulohazali kuzatuvlar bozori hozirda qo'llanilmaydi, lekin umuman olganda, bozorning eng yuqori vaznini talab qiluvchi har qanday mulohazali kuzatuvlar uchun ishlatilishi mumkin.

$\phi_{i,t}^{rm}$ **ko'paytuvchisi** qoldiq to'lov muddatiga mos vaznni bildiradi. Bunda asosiy maqsad agar yillik daromadlilik ifodalangan bo'lsa, bir xil o'lchash xatosini kiritishdir. Bundan tashqari, ixtiyoriy ravishda qoldiq muddati uzoq bo'lgan

qimmatli qog'ozlarga kichikroq vazn qo'yish mumkin. t davrdagi i qimmatli qog'ozning yillarda ifodalangan qoldiq muddati m bo'lsin. Ko'paytuvchi butunlay hisobga olinmasligi yoki quyidagi shaklda bo'lishi mumkin:

$$\phi_{i,t}^{rm} = \begin{cases} \left(\frac{1}{4}e^{-4m} + m\right) e^{m \cdot \alpha_{rm}} & \text{agar hisobga olinsa} \\ 1 & \text{agar hisobga olinmasa} \end{cases} \quad (16)$$

bunda $\alpha_{rm} \geq 0$ — qoldiq davrning har bir yili uchun qo'shimcha jarima miqdori. E'tibor bering, (6) tenglikdagi foizda ifodalangan yalpi narx o'lchov xatoligi $\sigma(\eta_{i,t})$ ning bo'luvchisi bu $\phi_{i,t}^{rm}$. (16) tenglikdagi m chiziqli ifodasi o'lchov xatoligini yillik daromadlilikka aylantiradi. Misol uchun, 1Y qoldiq muddatdagi 1% narx farqi yillik daromadlilikdagi ekvivalent xatolik nuqtai nazaridan qoldiq muddati m uchun $m \times 1$ farqqa ekvivalent.

Biroq chiziqli ifoda sifatida faqat m ning saqlab qolinishi qoldiq muddat m nolga intilganida narxning o'lchash xatosi nolga yaqinlashishini anglatadi. Amalda narxlarni ko'rsatishda cheklangan miqdordagi muhim raqamlardangina foydalanilganligi uchun o'lchov xatolari nolga yaqinlashmaydi. Yana bir sabab shundaki, juda qisqa muddatga ega bo'lgan instrumentlar uchun bozor deyarli mavjud emas, chunki to'lov muddati yaqin instrumentlar uchun murakkab tranzaksion xarajatlar bo'lishi mumkin. Shuning uchun, agar qoldiq muddati nolga yaqinlashsa, $\phi_{i,t}^{rm}$ ning qiymati 0,25 bo'lishini kafolatlash uchun $1/4e^{4m}$ ifodasi qo'shiladi. Va nihoyat, $e^{m \cdot \alpha_{rm}}$ ko'paytuvchi ifoda qoldiq muddatning har bir yili uchun qo'shimcha jarimani ifodalaydi, lekin agar α_{rm} manfiy bo'lsa, model uzoqroq muddatli instrumentlarga ko'proq vazn qo'yadi.

$\phi_{i,t}^{off}$ **ko'patuvchisi** oldin chiqarilgan (off-the-run) va joriy chiqarilishdagi (on-the-run) obligatsiyalar vaznini bildiradi. Bunda oldin chiqarilgan obligatsiyalar bo'yicha kuzatuvlar jarimaga tortiladi. Δm_{min} yillar sonidan tanlansin. i qimmatli qog'ozning t davrda so'ndirilishgacha qolgan muddati m bo'lsin. i obligatsiya t davrda *oldin chiqarilgan* deb qaraladi agar qoldiq muddati $m + \Delta m_{min}$ dan katta bo'lmagan yangi qimmatli qog'oz muomalaga chiqarilsa (G'aznachilik majburiyati bo'lishi shartmas). U holda oldin chiqarilgan obligatsiya ko'paytuvchisi:

$$\phi_{i,t}^{off} = \begin{cases} e^{\alpha_{off}} & \text{agar } i \text{ obligatsiya } t \text{ davrda } \textit{oldin chiqarilgan} \text{ bo'lsa} \\ 1 & \text{aks holda} \end{cases} \quad (17)$$

bunda $\alpha_{off} \geq 0$ – oldin chiqarilgan obligatsiya uchun tanlangan jarima.

$\phi_{t,i}^{spr}$ **ko'paytuvchisi** kuzatilgan spread vaznini bildiradi. Bunda kattaroq spreadli operatsiyalarga kichikroq vazn beriladi. j bozoridagi odatiy operatsiyaning spreadi

S^j bo'lsin (yillik daromadlilikning foiz bandi hisobida). Kuzatilgan ma'lumotning kuzatilgan spredi $S_{t,i}$ bo'lsin. U holda operatsiya spredi ko'paytuvchisi:

$$\phi_{t,i}^{spr} = e^{\alpha_{spr,j}(S_{t,i}-S^j)/100}, \quad (18)$$

bunda $\alpha_{spr,j} \geq 0$ bu j bozor turi uchun tanlangan elastiklik.

$\phi_{i,t}^{vol}$ **ko'paytuvchisi** operatsiya hajmi bo'yicha vaznni anglatadi. Bunda kichikroq miqdordagi operatsiyalarga kamroq vazn beriladi. j bozor turi bo'yicha odatiy operatsiya hajmi V^j bo'lsin. t davrdagi i qimmatli qog'ozning operatsiya hajmi $V_{i,t}$ bo'lsin. U holda operatsiya hajmi ko'paytuvchisi:

$$\phi_{i,t}^{vol} = \begin{cases} (V^{pm}/V_{i,t})^{\alpha_{vol,pm}} & \text{birlamchi bozor uchun} \\ (V^{sm}/V_{i,t})^{\alpha_{vol,sm}} & \text{ikkilamchi bozor uchun} \\ (V^{rrrepo}/V_{i,t})^{\alpha_{vol,rrrepo}} & \text{Markaziy bankning likvidlikni jalb qilish bo'yicha REPO auksionlari uchun} \\ (V^{repo}/V_{i,t})^{\alpha_{vol,repo}} & \text{Markaziy bankning likvidlikni taqdim etish bo'yicha REPO auksionlari uchun} \\ (V^{o/n depo}/V_{i,t})^{\alpha_{vol,o/n depo}} & \text{banklararo overnayt depozit stavkalari uchun} \\ 1 & \text{ma'lumot yo'q bo'lsa (masalan, UZONIA)} \end{cases} \quad (19)$$

bunda $\alpha_{vol,j} \geq 0$ bu j bozor turi uchun tanlangan elastiklik.