# VALIKLI SIQISH JARAYONI UCHUN INFORMATIV BELGILARNI SHAKLLANTIRISH VA HOSILAVIY XUSUSIYATLARNI YARATISH

**Xusainova Xusnidaxon Saloyidinovna**
Namangan davlat texnika universiteti,oliy matematika kafedrasi katta o'qituvchisi.
https://doi.org/10.5281/zenodo.23213172

**Annotatsiya**
Ushbu maqolada tayyorlangan sensor ma'lumotlari va fizik model parametrlaridan mashinaviy o'qitish uchun yangi, informativ va fizik jihatdan mazmunli belgilarni shakllantirish usullari ishlab chiqiladi. Sensor qiymatlarining o'zgarish tezligi, gradienti, farqi, nisbati, vaqt bo'yicha siljigan qiymatlari va yig'ma statistik ko'rsatkichlari asosida hosilaviy belgilar yaratish masalalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, kontakt bosimi, siqish kuchi, valik tezligi, material qalinligi va namlik kabi parametrlarning o'zaro nisbatlari asosida fizik mazmunli kombinatsiyalangan belgilarni shakllantirish usullari ishlab chiqiladi. Natijada xom o'lchovlardan texnologik jarayonning dinamik va fizik holatini yaxshiroq ifodalovchi kengaytirilgan Feature Space shakllantiriladi.

**Kalit so'zlar:** valikli siqish, sensor ma'lumotlari, axborot-holat modeli, vaqt bo'yicha sinxronlashtirish, raqamli boshqarish, mashinaviy o'qitish.

## Kirish

Zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlarida texnologik parametrlarni real vaqt rejimida kuzatish, qayta ishlash va boshqarish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, valikli siqish kabi murakkab texnologik jarayonlarda bir nechta sensorlardan olinadigan ma'lumotlarni yagona axborot muhitida birlashtirish va mashinaning joriy holatini raqamli ko'rinishda ifodalash zarurati tug'iladi.

Valikli siqish jarayonida turli xil sensorlar (siqish kuchi, valik tezligi, material qalinligi, namlik, kontakt bosimi, harorat, vibratsiya) bir vaqtning o'zida o'lchovlar amalga oshiradi. Biroq, bu sensorlarning ishlash chastotasi, namuna olish qadami va uzatish kechikishlari turlicha bo'lganligi sababli, olingan ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri qo'shib ishlatish mumkin emas. Shu bois ularni yagona vaqt koordinatasiga keltirish, o'lchovlar orasidagi moslikni ta'minlash va jarayonning joriy holatini aks ettiruvchi axborot vektorini shakllantirish masalasi dolzarb hisoblanadi.

## Valikli siqish jarayoni uchun informativ belgilarni shakllantirish va hosilaviy xususiyatlarni yaratish

Ushbu maqolada tayyorlangan sensor ma'lumotlari va fizik model parametrlaridan mashinaviy o'qitish uchun yangi, informativ va fizik jihatdan mazmunli belgilarni shakllantirish usullari ishlab chiqiladi. Sensor qiymatlarining o'zgarish tezligi, gradienti, farqi, nisbati, vaqt bo'yicha siljigan qiymatlari va yig'ma statistik ko'rsatkichlari asosida hosilaviy belgilar yaratish masalalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, kontakt bosimi, siqish kuchi, valik tezligi, material qalinligi va namlik kabi parametrlarning o'zaro nisbatlari asosida fizik mazmunli kombinatsiyalangan belgilarni shakllantirish usullari ishlab chiqiladi. Natijada xom o'lchovlardan texnologik jarayonning dinamik va fizik holatini yaxshiroq ifodalovchi kengaytirilgan Feature Space shakllantiriladi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Bu yerda **tayyorlangan tozalangan (\mathcal{D}{clean}) yoki (\mathcal{D}{ML})** ma'lumotlarni takrorlamaymiz. Asosiy vazifasi — **mavjud fizik va sensor o'zgaruvchilardan yangi, mazmunli va ML uchun informativ belgilarni hosil qilish**. Turg'unov ishida yuklama intensivligi, valik radiusi, valik tezligi va qoldiq namlik asosiy texnologik bog'lanishlar sifatida o'rganilgan; quyidagi Feature Engineering qismi esa shu fizik parametrlarni ML yondashuvi uchun kengaytiruvchi **bizning taklifimiz** hisoblanadi.

**Valikli siqish jarayoni uchun informativ belgilarni shakllantirish va hosilaviy xususiyatlarni yaratish**

Valikli siqish jarayonining sensor ma'lumotlari dastlabki qayta ishlashdan o'tkazilgandan so'ng ularni bevosita mashinaviy o'qitish modeliga uzatish har doim ham yetarli informatsionlikni ta'minlamaydi. Sababi, alohida sensor qiymati texnologik jarayonning faqat ma'lum bir momentdagi holatini ifodalaydi, jarayonning o'zgarish tezligi, parametrlarning o'zaro nisbatlari va vaqt bo'yicha to'planadigan xususiyatlarni esa to'liq aks ettirmaydi. Shu sababli shakllantirilgan tozalangan ma'lumotlardan **hosilaviy va fizik mazmunli belgilarni yaratish** orqali dastlabki feature space kengaytiriladi.

Birinchi navbatda sensor parametrlarining vaqt bo'yicha o'zgarish tezligini ifodalovchi dinamik belgilar shakllantiriladi. $x_i(k)$ parametrning $k$-vaqt momentidagi qiymati bo'lsa, uning birinchi tartibli farqi: $\Delta x_i(k) = x_i(k) - x_i(k-1)$

ko'rinishida aniqlanadi. Ushbu belgi parametrning mutlaq qiymatidan ko'ra uning **qanchalik tez o'zgarayotganini** ifodalaydi. Masalan, siqish kuchining o'zgarishi, valik tezligining tezlashishi yoki bosimning keskin kamayishi texnologik holatning almashayotganidan dalolat berishi mumkin.

Vaqt bo'yicha o'zgarish tezligini yanada aniq ifodalash uchun:

$$\dot{x}_i(k) \approx \frac{x_i(k)-x_i(k-1)}{\Delta t},$$

munosabatidan foydalaniladi. Bu yerda $\Delta t$ — ketma-ket kuzatuvlar orasidagi vaqt oralig'i. Mazkur belgi sensor signallarining dinamikasini mashinaviy o'qitish modeliga uzatish imkonini beradi.

Texnologik jarayonning qisqa muddatli holatini ifodalash uchun vaqt oynasi ichidagi statistik belgilar ham shakllantirilishi mumkin. $L$ ta kuzatuvdan iborat oynada o'rtacha qiymat:

$\mu_i^L(k) = \frac{1}{L}\sum_{j=0}^{L-1} x_i(k-1)$ va dispersiya:

$\sigma_i^{2L}(k) = \frac{1}{L}\sum_{j=0}^{L-1}\left[x_i(k-j) - \mu_i^L\right]^2$

orqali aniqlanadi. Ushbu belgilar jarayonning joriy qiymatini emas, balki uning **barqarorligi va o'zgaruvchanligini** tavsiflaydi. Masalan, siqish bosimining o'rtacha qiymati bir xil bo'lsa ham, uning dispersiyasi turlicha bo'lishi mumkin. Parametrlarning fizik o'zaro ta'sirini ifodalash uchun nisbat belgilarini hosil qilish mumkin. Masalan, birlik tezlikka to'g'ri keluvchi siqish yuklamasini:

$$\phi_1 = \frac{Q}{V_m+\varepsilon_0}$$

ko'rinishida olish mumkin. Bu yerda $Q$ - siqish kuchi, $V_m$ - materialning harakat tezligi, $\varepsilon_0$ - nolga bo'lishning oldini oluvchi kichik musbat konstanta. Bunday belgi siqish yuklamasining materialning harakat rejimiga nisbatan intensivligini tavsiflaydi.

Kontakt jarayonining geometrik va mexanik holatini yaxshiroq ifodalash uchun siqish kuchi bilan materialning joriy qalinligi o'rtasidagi nisbatni:

$$\phi_2 = \frac{Q}{h+\varepsilon_0}$$



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

ko'rinishida shakllantirish mumkin. Bunda $Q/h$ nisbatining oshishi materialga birlik qalinlikka nisbatan ta'sir qilayotgan mexanik yuklamaning ortganini bildiradi.

Valiklarning kinematik parametrlaridan foydalanib, ularning chiziqli tezligi va material tezligi nisbatini:

$$\phi_3 = \frac{V_r}{V_m + \varepsilon_0}$$

ko'rinishida aniqlash mumkin. Bu yerda $V_r$ - valik sirtining chiziqli tezligi, $V_m$ - materialning uzatilish tezligi. Ushbu belgi material bilan valik orasidagi kinematik moslikni ifodalovchi hosilaviy parametr sifatida qaraladi.

Namlikning siqish sharoitiga nisbatan o'zgarishini tavsiflash uchun bosim va namlikning kombinatsiyalangan belgisi:

$$\phi_4 = p_g W$$

yoki normallashtirilgan ko'rinishda:

$$\phi_5 = \frac{p_g}{W + \varepsilon_0}$$

shaklida olinishi mumkin. Bunday belgilar gidravlik holat bilan materialning namlik holatini birgalikda ifodalash imkonini beradi. Bu yerda $p_g$ - gidravlik bosim, $W$ - material namligi.

Shuningdek, fizik model asosida deformatsiya ko'rsatkichi:

$$\varepsilon(k) = \frac{H - h(k)}{H}$$

va uning vaqt bo'yicha o'zgarish tezligi:

$$\dot{\varepsilon}(k) \approx \frac{\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)}{\Delta t}$$

(kabi hosilaviy belgilar sifatida feature spacetarkibiga kiritilishi mumkin. Bunday parametrlar fizik model va sensor axboroti o'rtasidagi bog'lanishni kuchaytiradi.

Natijada dastlabki sensor belgilar to'plami $x$ yangi hosilaviy belgilar vektori $\phi$ bilan kengaytiriladi:

$$X_{FE} = \begin{bmatrix} x \\ \phi \end{bmatrix},$$

bu yerda $\phi = [\Delta x_i, \dot{x}_i, \mu_i^L, \sigma_i^L, \phi_1, \phi_2, \dots]$ - vaqtli, statistik va fizik kombinatsiyalangan belgilar to'plami.

Shunday qilib, **Feature Engineering jarayoni sensor qiymatlarini shunchaki ko'paytirish emas**, balki valikli siqish jarayonining fizik va dinamik xususiyatlarini yanada aniqroq ifodalovchi belgilarni yaratishdan iborat bo'ladi. Turg'unov ishida o'rganilgan yuklama intensivligi, valik tezligi va valik radiusining qoldiq namlik bilan bog'lanishi bizning hosilaviy feature'larimizni tanlash uchun fizik asos bo'lib xizmat qiladi.

Shu bilan natijada kengaytirilgan:

$\mathcal{F}$={Sensor belgilar+Dinamik belgilar+Statistik belgilar+Fizik *h*osilaviy belgilar}

Sensor ma'lumotlarini sifatli tayyorlash maqsadida ularni yig'ish, vaqt bo'yicha sinxronlashtirish, shovqinlardan tozalash, anomal va yo'qolgan qiymatlarni qayta ishlash hamda ML algoritmlariga mos formatga keltirishning ketma-ket algoritmlari ishlab chiqildi. Mazkur jarayon natijasida xom sensor ma'lumotlari tozalangan va strukturaviy jihatdan tayyor (\mathcal{D}_{ML}) ma'lumotlar to'plamiga aylantirildi. Bu esa keyingi bosqichlarda modelni o'qitish va tajribaviy baholash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar sifatini ta'minlaydi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Shuningdek, Feature Engineering asosida sensor ma'lumotlari va fizik model parametrlaridan dinamik, statistik, nisbatli va fizik mazmunli hosilaviy belgilar yaratildi. Keyinchalik mutual information, Random Forest feature importance, korrelyatsion tahlil va PCA kabi yondashuvlar asosida belgilarni saralash konsepsiyasi ishlab chiqilib, mashinaviy o'qitish uchun minimal, ammo maksimal informativ xususiyatlar to'plamini shakllantirish masalasi hal qilindi. Natijada texnologik jarayonning vaqtli va fizik xususiyatlarini yaxshiroq ifodalovchi kengaytirilgan Feature Space hosil qilindi.uhim natijalaridan biri sifatida sensor va fizik ma'lumotlarni birlashtiruvchi **Physics-Informed Information Model (PIIM)** shakllantirildi. Unda sensor kuzatuvlari, fizik modeldan hosil qilingan belgilar va model–real jarayon tafovutlarini ifodalovchi fizik qoldiqlar yagona matematik tuzilishga birlashtirildi. Fizik cheklovlar va sensor kuzatuvlari o'rtasidagi nomuvofiqlikni baholovchi mezonlar ishlab chiqilib, modelning nafaqat statistik, balki fizik jihatdan ham mosligini tekshirish imkoniyati yaratildi.

**Adabiyotlar**

1. Turg'unov, Sh. (2023). Ikki valikli modulning kontakt va gidravlik jarayonlarini matematik modellashtirish. Dissertatsiya.
2. Kamilov M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A. The construction of local convex hull on the task of pattern recognition //Procedia Computer Science. -2021. –Vol. 186. Pp. 360–365.
3. Hudayberdiyev M. Kh., Khusainova Kh. S.,Ravshanov A.A.Physics-Informed Hybrid Machine Learning for Residual Moisture Prediction in Roller Pressing of Leather Semi-Finished Materials - 2026
4. Haykin, S. (2014). Neural Networks and Learning Machines. Pearson Education.
5. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
6. N. R. Yusupbekov, S. M. Gulyamov and M. Y. Doshchanova, "Neural identification of a dynamic model of a technological process," 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011912..
7. Kamilov Mirzoyan, Hudayberdiev Mirzaakbar, Khamroev Alisher. Importance of Morphological Features in Orthoptera Identification // International scientific and technical journal of Chemical technology. Control and Management. – 2020. -Vol.1(91). -Pp. 62-66.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.