



ROBOTOTEXNIK MEXANIZMLARNING MAXSUSIKLARINI TOPISH ALGORITMI

¹Uzoqbayev Azizbek Husan o'g'li

Jizzax politexnika insituti o'qituvchisi,

²Samandarov Abbos Yusuf o'g'li

Jizzax politexnika insituti talabasi,

³Ne'matov Kamoliddin Shuhrat o'g'li

Jizzax politexnika insituti talabasi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7597419>

ARTICLE INFO

Received: 22th January 2023

Accepted: 30th January 2023

Online: 31th January 2023

KEY WORDS

Tekis mexanizm, erkinlik darajasi, maxsuslik, Nyuton ko'pyoqi, qisqartma konusi.

ABSTRACT

Ushbu ishimizda, robototexnikada uchraydigan mexanizmlar o'zining harakatlanish siklida maxsus holatlarga tushadi. Ushbu ishda darajali geometriya usullari yordamida mexanizmning maxsusliklari topiladi va shu maxsuslikning lokal atrofida mexanizmning harakatlanish traektoriyasi hisoblanadi. Mexanizmlarning maxsus holatga tushishini bartaraf etish uchun ularning strukturasini to'liq o'rganishga to'g'ri keladi. Ushbu ish shu muammoni o'rganishga bag'ishlangan.

Tekis mexanizmlar maxsus holatlar haqidagi masalalar mexanizmlar nazariyasi sohasi tadqiqotchilarni oldindan qiziqtirib kelardi. Tekis mexanizmlarning holat funksiyalari masalasi bir nechta erkinlik darajalarida mexanizmlarning nazariyasida oldindan tadqiqotchilarni o'ziga jalb etadi. [1] Bu masalalarning mohiyatlari mexanizmlarning barcha bo'g'inlarining holatlarini aniqlashdan iborat bo'lib, yetakchi mexanizmlarning qismlariga bog'liq. Matematik nuqtaiy nazardan esa bu masala 2 ta bosqichga bo'linadi.

A. Berilgan mexanizmning sxemasiga asosan to'liq bog'lanish tenglamalar sistemasini tuzish;

B. Olingan tenglamalar sistemasini yechish.

Shunday qilib, ko'pchilik tekis mexanizmlar holat funksiyalari noaniq ko'rinishda beriladi, nochiziqli algebraik tenglamalar sistemasida holat funksiyalarni o'rganish va topish muammolari esa shundan iboratki, ushbu algebraik tenglamalar sistemasini yechishdir. O'zgaruvchilardan olingan yechimlar mexanizmning holat funksiyalarini lokal ifodalaydilar. O'rganilayotgan mexanizmning bog'lanishlar tenglamasi quyidagi nochiziqli algebraik tenglamalar sistemasini ko'rinishida ifodalanadi:

$$F_i(U, V) \stackrel{\text{def}}{=} F_i(x_1, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_{m+n}) = 0, \quad i = \overline{1, m} \quad n \leq m \quad (1)$$

Bunda, $U = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ va $V = (x_{m+1}, \dots, x_{m+n})$ mos holda holat va boshqaruv koordinatalari, F_i -esa ko'phadlar. Tenglamalar soni m , holat koordinatalar soni U bilan mos keladi, n esa mexanizmning erkinlik darajasi deb ataladi. Umumiy holda mexanizmning erkinlik darajasi $n = k - m$ tenglik bilan topiladi, bu yerda k -tenglamalar sistemasidagi noma'lumlar soni. Har bir V boshqaruv koordinatalarning qiymatlariga (1) sistemani qanoatlantiruvchi U ning chekli sondagi qiymatlari mos keladi. $U(V)$ ko'p qiymatli vektor funksiya deb aytiladi, ya'ni $x_i = x_i(x_{m+1}, \dots, x_{m+n})$.



Faraz qilaylik, $x_k^0 = (x_1, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_{m+n})$ nuqta (1) tenglamalar sistemasini qanoatlantirsin. Holat funksiyasining ushbu nuqta yaqinidagi holatini kuzataylik. Buning uchun $m \times k$ o'lchovli (1) sistemaning yakobi matritsasini qaraymiz:

$$J \stackrel{\text{def}}{=} \left(\frac{\partial F_i}{\partial x_k} \right), i = \overline{1, m}, k = \overline{1, m+n}. \quad (2)$$

$1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_m \leq m+n$ -qandaydir m tartiblangan butun sonlar guruhi bo'lsin, uni $I = (i_1, \dots, i_m)$ orqali belgilaymiz. M_I orqali (2) matritsaning m tartibli minorlarini belgilaymiz, ya'ni undagi $i_1, \dots, i_m$ indeksli ustunlarni tanlashdan olinadi.

Quyidagi holatni ko'rib chiqamiz:

- 1) Agar $\forall I, M_I(x_k^0) \neq 0$ bajarilsa, u holda x_k^0 nuqtani (1) sistemaning oddiy nuqtasi deb ataymiz;
- 2) Agar $\exists I', I'', M_{I'}(x_k^0) = 0, M_{I''}(x_k^0) \neq 0$ bajarilsa, u holda x_k^0 nuqtani (1) tenglamalar sistemasining birinchi tur maxsus nuqtasi deb ataymiz.
- 3) Agar $\forall I, M_I(x_k^0) = 0$ bajarilsa, u holda x_k^0 nuqtani (1) tenglamalar sistemasining ikkinchi tur maxsus nuqtasi deb ataymiz.

Oddiy nuqta atrofida (1) sistemasining yechimi oshkormas funksiyalar haqidagi Koshi teoremasiga asosan, absolut yaqinlashuvchi qatorlar ko'rinishida tasvirlash mumkin:

$$x_i - x_i^0 = \varphi_i(x_{m+j} - x_{m+j}^0), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

Bunda, φ_i -darajali qatorlar. Mos ravishda mexanizmning holati bu nuqtada oddiy bo'ladi. Birinchi va ikkinchi tur maxsus nuqtalar atrofida mexanizmning maxsus holatlari mos keladi. Maxsus nuqta atrofida $U(V)$ holat funksiyasi V boshqaruv koordinatalarining bir qiymatli analitik funksiya bo'lmay qoladi. Ikkinchi tur maxsus nuqta (o'lik holat) atrofida (1) sistemaning yechimi (3) ko'rinishda ifodalab bo'lmaydi, chunki bu holda oshkormas funksiyalar haqidagi teoremaning shartlari bajarilmaydi, lekin Nyuton ko'pyoqliklari usuli yordamida quyidagi ko'rinishdagi parametrik yechimlarni olish mumkin:

$$x_i = x_i^0 + \sum_{j=1}^{\infty} b_{ij} \tau^{p_{ij}}, i = \overline{1, m} \quad (4)$$

Yuqoridagilardan kelib chiqadiki (1) Sistema yechimlari maxsusliklarni tahlil qilish uchun barcha maxsus nuqtalarni topish va ikkinchi tur maxsus nuqtalar bo'ladigan barcha hollarni ko'rsatish kerak. O'rganilayotgan mexanizmlar bog'lanish tenglamalarining maxsusliklarini tahliliga asosan quyidagi maxsusliklarni hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan:[1]

1. Mexanizmning bog'lanish tenglamalarini algebraik shaklda yozish;

$$F_i(U, V) = 0, i = \overline{1, 2, \dots, m}.$$

2. Bog'lanish tenglamalari sistemasining yakobi matritsasini tuzish;

$$J \stackrel{\text{def}}{=} \left(\frac{\partial F_i}{\partial x_j} \right), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, m+n}$$

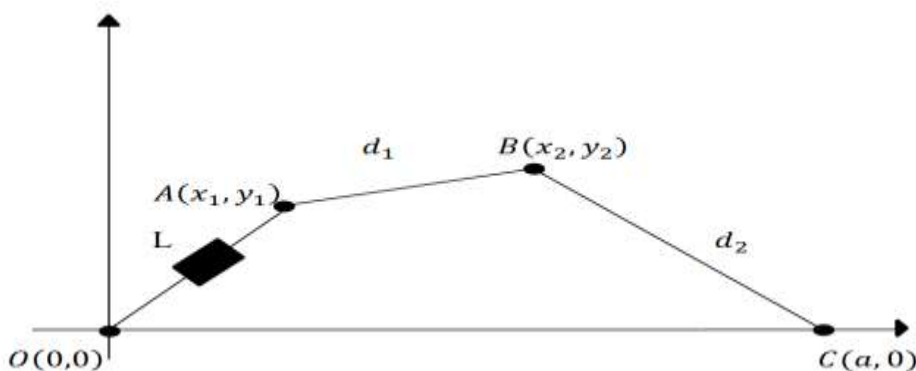
3. Yakobi J matritsa barcha M_I m -tartibli minorlarini tanlash;
4. Tanlangan minorlarni hisoblash;
5. Hisoblangan minorlarni ko'paytuvchilarga ajratish va mexanizimning shunday holatini aniqlash kerakki, unda hech bo'lmaganda bitta I' indekslar guruhi uchun $M_{I'} = 0$ shart bajarilsin;

6. Yakobi matritsasining m -tartibli barcha minorlarining bir vaqtda nolga aylanish shartlarini topish;

7. Barcha $I = (i_1, \dots, i_m)$ lar uchun $M_I = 0$ sharti bajariladigan mexanizmning holatlarini aniqlash.

Birinchii tur maxsusliklarni toppish uchun dastlabki 5 ta qadam yetarli, oxirgi ikkita, ya'ni 6 va 7 bosqichlarni aniqlash juda murakkabdir.

Misol. To'rtburchakli gidrosilindirlik mexanizimning maxsus nuqta atrofida asimtotik yechimini qaraylik. Bunda A, O, B, C nuqtalar quyidagi koordinatalarga ega: $O(0,0)$, $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(a, 0)$ va $AB = d_1$, $BC = d_2$ ($d_1, d_2 > 0$) o'zgarmas kattaliklar, L - musbat o'zgaruvchi kattalik.



Qaralayotgan mexanizmning holat funksiyalarining bog'lanish tenglamalarini quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{cases} g_1 \stackrel{\text{def}}{=} x_1^2 + y_1^2 = L^2 \\ g_2 \stackrel{\text{def}}{=} (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = d_1^2 \\ g_3 \stackrel{\text{def}}{=} (a - x_2)^2 + y_2^2 = d_2^2 \end{cases} \quad (5)$$

(5) sistemada 3 ta tenglama, 5 ta noma'lumdan iborat, bundan ko'rinadiki, $n = 2$ erkinlik darajasiga ega, ya'ni 2 erkinlik darajasiga ega bo'lgan mexanizmdan iborat.

(5) sistemaning quyidagicha 3×5 tartibli yakobi matritsasi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$J = 2 \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & -L \\ x_1 - x_2 & y_1 - y_2 & x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & 0 \\ 0 & 0 & x_2 - a & y_2 & 0 \end{pmatrix}$$

Matritsaning 3-tartibli minorlari quyidagilar:

$$\begin{aligned} M_1 &= 8 \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 0 \\ x_1 - x_2 & y_1 - y_2 & x_2 - x_1 \\ 0 & 0 & x_2 - a \end{vmatrix} & M_2 &= 8 \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 0 \\ x_1 - x_2 & y_1 - y_2 & y_2 - y_1 \\ 0 & 0 & y_2 \end{vmatrix} & M_3 &= \\ 8 \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & -L \\ x_1 - x_2 & y_1 - y_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} & M_4 &= 8 \begin{vmatrix} x_1 & 0 & 0 \\ x_1 - x_2 & x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ 0 & x_2 - a & y_2 \end{vmatrix} & & \\ M_5 &= 8 \begin{vmatrix} x_1 & 0 & -L \\ x_1 - x_2 & x_2 - x_1 & 0 \\ 0 & x_2 - a & 0 \end{vmatrix} & M_6 &= 8 \begin{vmatrix} x_1 & 0 & -L \\ x_1 - x_2 & y_2 - y_1 & 0 \\ 0 & y_2 & 0 \end{vmatrix} & & \\ M_7 &= 8 \begin{vmatrix} y_1 & 0 & 0 \\ y_1 - y_2 & x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ 0 & x_2 - a & y_2 \end{vmatrix} & M_8 &= 8 \begin{vmatrix} y_1 & 0 & -L \\ y_1 - y_2 & y_2 - y_1 & 0 \\ 0 & y_2 & 0 \end{vmatrix} & & \end{aligned}$$



$$M_9 = 8 \begin{vmatrix} y_1 & 0 & -L \\ y_1 - y_2 & x_2 - x_1 & 0 \\ 0 & x_2 - a & 0 \end{vmatrix}$$

$$M_{10} = 8 \begin{vmatrix} 0 & 0 & -L \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & 0 \\ x_2 - a & y_2 & 0 \end{vmatrix}$$

Bundan: $M_1 = 8(x_2 - a)(x_2y_1 - x_1y_2)$, $M_2 = 8y_2(x_2y_1 - x_1y_2)$, $M_3 = 0$, $M_4 = 8x_1(x_2y_1 - x_1y_2 + a(y_2 - y_1))$, $M_5 = 8L(x_2 - x_1)(x_2 - a)$, $M_6 = 8L(x_2 - x_1)y_2$, $M_7 = 8y_1(x_2y_1 - x_1y_2 + a(y_2 - y_1))$, $M_8 = 8Ly_2(y_2 - y_1)$, $M_9 = 8L(y_2 - y_1)(x_2 - a)$, $M_{10} = L(x_1y_2 - y_1x_2 + a(y_1 - y_2))$.

Misolda quydagi xulosaga kelamiz to'rtburchakli gidrosilindirlik mexanizm ikkinchi tur maxsuslikka erishmaydi.

References:

1. "ROBOTOTEXNIK MEXANIZMLARNING MAXSUSLIKLARINI IZLASHDA MATRITSAVIY USULNING QO'LLANISHI" //Barotov Adizjon Sadiyevich, Abdullayev Sarvar Anvar O'g'li // Международный научно-образовательный электронный журнал «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №15 (том 2) (июнь, 2021). Дата выхода в свет: 30.06.2021.
2. Брюно А.Д., Локальный метод нелинейного анализа дифференциальных уравнений // М.: наука, 1979.
3. "UCHBURCHAKLI GIDROSILINDIRIK MEXANIZMNI HOLAT FUNKSIYASINING MAXSUS NUQTA ATROFIDA ASIMTOTIK TASVIRLANISHI" //Baratova Mohira Abdalimovna, Abdullayev Sarvar Anvar o'g'li // Международный научно-образовательный электронный журнал «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №21 (том 2) (декабрь, 2021). Дата выхода в свет: 31.12.2021.
4. Barotov A. S., Abdullayev S. A. "ROBOTOTEXNIK MEXANIZMLARNING MAXSUSLIKLARINI IZLASHDA MATRITSAVIY USULNING QO'LLANISHI" // International scientific and practical conference on "Modern problems of applied mathematics and information technologies",
5. May 11-12, 2022, Bukhara, Uzbekistan
6. Солеев А., Баротов А.С. Локальной представление в малой окрестности особой точки функции положения робототехнических механизмов // Узб.журн. Проблемы механики, 2000, № 3,-С. 4-8.
7. Солеев А., Баротов А.С. Локальной представление функции положения плоского механизма в окрестности особой точки // Узб.журн.Проблемы механики, 2000, № 6,-С. 13-18.
8. Uzoqboyev Azizbek Husan o'g'li, Abdullayev Sarvar Anvar o'g'li,. (2023). ROBOTOTEXNIK MEXANIZMLARNING MAXSUSLIKLARINI IZLASHDA MATRITSAVIY USULNING QO'LLANISHI. EURASIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES, 3(1), 92–100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7567218>