

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ZSHT7059>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.,

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә. Б. *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцен;</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

FTAMP 28.23.27

<https://doi.org/10.48081/WL.YE9463>

**И. Б. Карымсакова¹, Б. Д. Бекенова², *Е. А. Оспанов¹,
Н. К. Курмангалиева³, А. К. Калиева¹**

¹Shakarim University, Республика Казахстан, г. Семей

²Turan-Astana University, Республика Казахстан, г. Астана

³Alikhan Bokeikhan University, Республика Казахстан, г. Семей

*e-mail: 78oea@mail.ru

ROBOGUIDE V 9.40 БАҒДАРЛАМАСЫНДА FANUC LR MATE 200ID РОБОТЫМЕН ИМПЛАНТТАР БЕТІН МИКРОПЛАЗМАЛЫҚ БҮРКЕУДІ МОДЕЛЬДЕУ

Мақаладағы зерттеулер Roboguide V 9.40 симуляторы арқылы Fanuc LR Mate 200id манипуляциялық роботы арқылы титан импланттарының бетіне микроплазмалық бүркеуді модельдеуді сипаттауға бағытталған. Бұл зерттеулердің нәтижелері титан импланттарын микроплазмалық бүркеу кезінде манипуляциялық роботтың қозғалыс траекториясын одан әрі құру әдістерін тәжірибеде қолдануға бағытталған. Төртінші ретті Эрмит интерполяциялық полиномды қолдану арқылы ұсынылған тәсіл белгілі бір нүктелердегі роботтың жылдамдығын ескере отырып қозғалыс траекториясын құруға мүмкіндік береді. Роботтың оңтайлы траекториясын құру үшін екінші туындының үздіксіздік шарттарын қанағаттандыру қажет. Бұл манипуляциялық роботтардың қозғалысының динамикалық сипаттамаларына байланысты. Бұл шарттарды қамтамасыз ету үшін сплайнның ретін төртіншіге дейін арттыру қажет. Төртінші ретті Эрмит сплайн құрастырылды және сплайн коэффициенттері сытыру әдісімен есептелді. Matlab ортасында берілген координаталар мен жылдамдықтармен төртінші ретті Эрмит интерполяциялық сплайнды құруға мүмкіндік беретін сценарий жазылған. Эрмиттік көпмушеліктің төртінші дәрежелі құрастырылған моделінен қозғалыстың аралық координаталары есептелді, ал Roboguide V.9.40 виртуалды симуляторында импланттардың 6 түрінің құрамдас бөліктері

үшін роботтың қозғалысы имитацияланды: жамбас буынының имплантаты, жілінішік. имплант, омыртқа имплантаты, саусақ буын имплантаты, иық буыны имплантаты, жатыр мойны имплантаты.

Кілтімі сөздер Эрмит полиномы, программалық траектория, интерполяция, траектория құру, робот, TP-программа.

Кіріспе

Медицинада импланттарды қолдану кеңінен тарауда. Импланттарды өндіру мәселесі маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Импланттардың ағзаға жақсы бекінуі үшін олардың бүркеу сапасы жоғару болу керек. Импланттарды робот көмегімен бүркеу өте ыңғайлы және оңтайлы шешімдердің бірі болып табылады. Робот көмегімен механикалық процесстерді модельдеу өте кеңінен қолданылған. Бүркеу процесінде де роботты қолданудың өте көп артықшылықтары бар: бүркеу дәлдігі, уақытты үнемдеу, жұмсалатын материал шығынын азайту және т.б. Механикалық қозғалыстарды модельдеу үшін математикалық модельдер ретінде интерполяциялық полиномдар кеңінен қолданылады. Координата және жылдамдықты беру үшін Эрмит полиномдарын қолданудың теориялық мәселелері бұрын ұсынылған.

Материалдар мен тәсілдер.

Зерттеу барысында импланттар формасы, құрылымына қатысты ғылыми материалдарға шолу жасалды. Қозғалыстың координаталырын есептеу үшін математикалық интерполяциялау әдістері қолданылды. Программалық модельдеу үшін Матлаб ортасында координаталар мен жылдамдықтар мәндері есептелді. Робот қозғалысын модельдеу үшін Roboguide V 9.40 бағдарламасында TP-программа құрылды.

Зерттеу

Роботтар көмегімен технологиялық процесстерді модельдеу өте кеңінен қолданылған. Шандату процесінде де роботты қолданудың өте көп артықшылықтары бар: бүркеу дәлдігі, уақытты үнемдеу, жұмсалатын материал шығынын азайту және т.б. Механикалық қозғалыстарды модельдеу үшін математикалық модельдер ретінде интерполяциялық полиномдар кеңінен қолданылады. Координата және жылдамдықты беру үшін Эрмит полиномдарын қолдану есептері ұсынылған. Бірақ қолданыстар үшінші дәрежелі полиноммен іске асырылған.

Біз траекторияны модельдеу үшін Эрмиттың төртінші дәрежелі полиномын қолдануды ұсынамыз.

Сплайнды келесідей интерполяциялық полином ретінде аламыз:

$$\begin{aligned} q_i(t_i) &= \theta_i; \quad q_i(t_{i+1}) = \theta_{i+1}; \\ \dot{q}_i(t_i) &= v_i; \quad \dot{q}_i(t_{i+1}) = v_{i+1}, i = \overline{1, n-1} \end{aligned} \quad (1)$$

мұнда $q_i(t)$ – полином, $\theta(t_i) = \theta_i$ – жалпыланған координаталар, $v_i = v(t_i)$ – өту жылдамдығы.

Эрмит сплайнның құратын функциялар сплайнды түйіндердегі мәндер бойынша құрады[1-3]. Біз Матлаб ортасында жалпыланған координаталар интерполяциялық функцияға, ал функцияның бірінші туындыларының мәндері жылдамдық мәніне теңестірілетіндей скрипт құрдық.

Төртінші ретті полиномға екінші туындылар үздіксіздік шарты қанағаттандырылатындай коэффициенттерін табамыз. Бастапқы коэффициенттерді келесідей есептейміз:

$$f(1,3) = (3/t(1)) * ((2 * (G(1) - G(2))/t(1)) + p(1) + p(2));$$

$$f(1,4) = (1/(t(1))^2) * ((8 * (G(2) - G(1))/t(1)) - (3 * p(2) + 5 * p(1)));$$

$$f(1,5) = (1/(t(1))^3) * ((3 * (G(1) - G(2))/t(1)) + t(2) + 2 * t(1)).$$

Полиномның басқа коэффициенттерін келесідей есептейміз:

$$f(l,3) = f(l-1,3) + (3 * (p(l+1) - p(l))/t(l)) + 6 * (G(l) - l(l+1))/(t(l))^2;$$

$$f(l,4) = -(2 * f(l-1,3)/t(l)) + (5 * (p(l+1) - p(l))/(t(l))^2) - 8 * (p(l+1) * t(l) + G(l) - G(l+1))/(t(l))^3;$$

$$f(l,5) = (f(l-1,3)/(t(l))^2) - (2 * (p(l+1) - v(l))/(t(l))^3) + 3 * (p(l+1) * t(l) + G(l) - G(l+1))/(t(l))^4;$$

$$f(l,1) = G(l+1); \quad f(l,2) = p(l+1).$$

Matlab-тағы төртінші Эрмит сплайнының mkrp-көрсетілімі келесідей болады:

$$\text{function } r = \text{spline4}(s, O, g);$$

$$d = \text{length}(s);$$

$$c = \text{zeros}(d-1, 5); \quad m(1) = s(2) - s(1);$$

$$c(1,3) = (3/m(1)) * ((2 * (O(1) - O(2))/m(1)) + g(1) + g(2));$$

$$c(1,4) = (1/(m(1))^2) * ((8 * (O(2) - O(1))/m(1)) - (3 * g(2) + 5 * g(1)));$$

```

c(1,5)=(1/(m(1))^3)*((3*(O(1)-O(2))/m(1))+g(2)+2*g(1));
for i=2:d-1
m(u) =s(u+1)-s(u);
c(u,3)=c(u-1,3)+(3*(g(u+1)-g(u))/m(u))+6*(O(u)-O(u+1))/(m(u))^2;
c(u,4)=-(2*c(u-1,3)/m(u))+(5*(g(u+1)-g(u))/(m(u))^2)-
8*(g(u+1)*m(u)+O(u)-O(u+1))/(m(u))^3;
c(u,5)=(c(u-1,3)/(m(u))^2)-(2*(g(u+1)-
g(u))/(m(u))^3)+3*(g(u+1)*m(u)+O(u)-O(u+1))/(m(u))^4;
c(u,1)=O(u+1); c(u,2)=g(u+1);
c(u,5)=c(u,5)/(s(u+1)-s(u))^4;
c(u,4)=c(u,4)/(s(u+1)-s(u))^3;
c(u,3)=c(u,3)/(s(u+1)-s(u))^2;
c(u,2)=-c(u,2)/(s(u+1)-s(u))^1;
c(u,1)=c(u,1);
end;
p=mkpp(s,c);

```

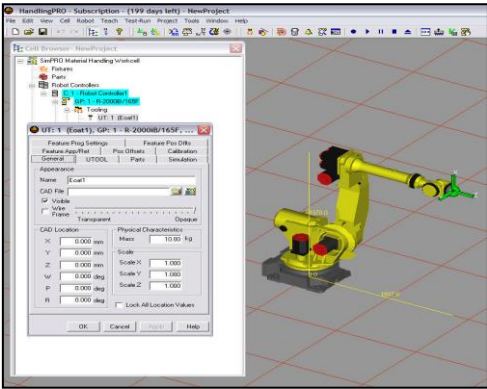
Әрбір координата, уақыт, жылдамдық мәнін қойып имплант формасына сплайнды құрамыз. Осы модельден аралық координаталардың мәнін есептеп алуға болады. Basic Fitting құралы көмегімен әрбір модель үшін жуықтау қателіктерін есептеледі. Аралық координаталардың мәні Roboguide V 9.40 бағдарламасына жіберіледі[5-8].

Таңдалған траектория бойынша робот қозғалысын құру үшін келесі этаптардан өту керек:

- Робот моделін таңдау
- Робот параметрлерін орнату
- Детальді импорттау
- Деталь қасиеттерін баптау
- Қозғалыс позицияларын беру
- Қозғалыс программасын генерациялау

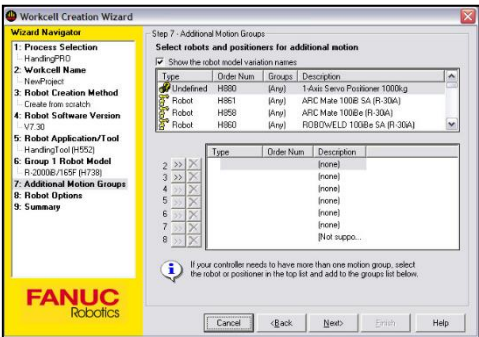
1-этап. Робот моделін таңдау

FANUC ROBOGUIDE V 9.40 программасында Fanuc LR Mate 200 id роботын таңдаймыз (1-сур).



1-сурет– Роботты тандау

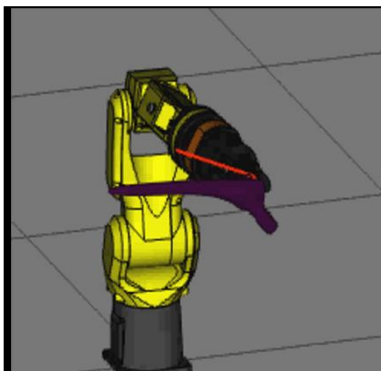
2-этап. Робот параметрлерін баптау (2-сур)



2-сурет – Параметрлерді баптау

3-этап. Детальді импорттау

*.igs форматындағы имплант моделін Geomagic Design X программасынан импорттаймыз (3-сур).



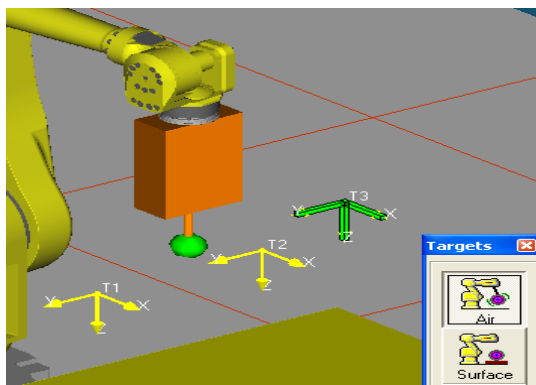
3-сурет- Импланттың 3d моделін импорттау

4-этап. Деталь қасиеттерін баптау

Бұл этапта осьтер қасиеттері бапталады, деталь өлшемдері орнатылады.

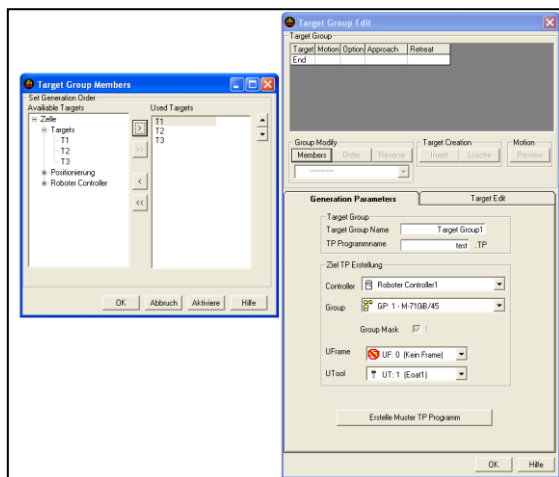
5-этап. Қозғалыс позицияларын беру

«Определение положения» опциясын қолданып робот қозғалысы орнатылады (4-сур).



4-сурет- Робот позициясын орнату

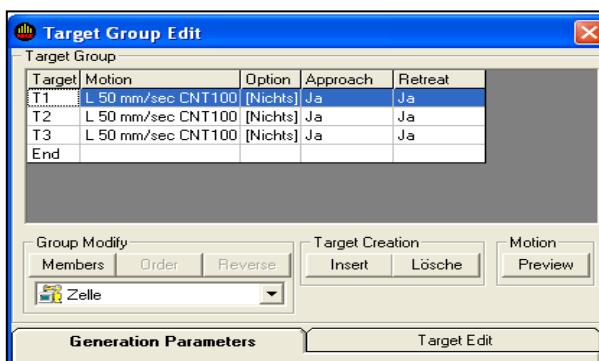
Берілген координаталар және жылдамдық мәндері бойынша құрылған мақсат нүктелері мақсат топтарына біріктіріледі (5-сур).



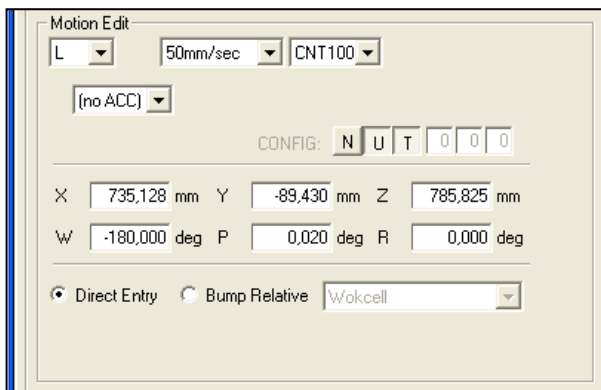
5-сурет – Мақсаттар тобын құру

6-этап. Қозғалыс программасын генерациялау

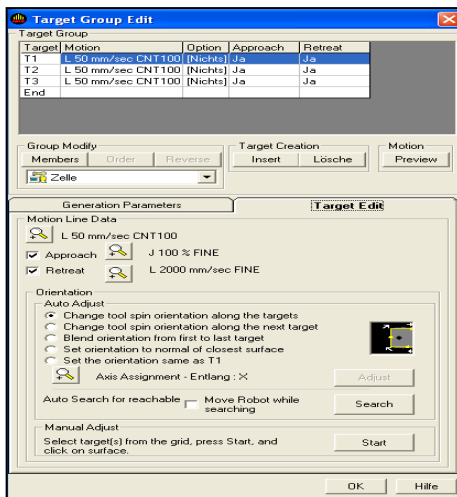
Мақсаттар тобы бойынша қозғалыс программасының симуляциясы кұралады (6,7,8-сур).



6-сурет- Позиция қасиеттерін баптау

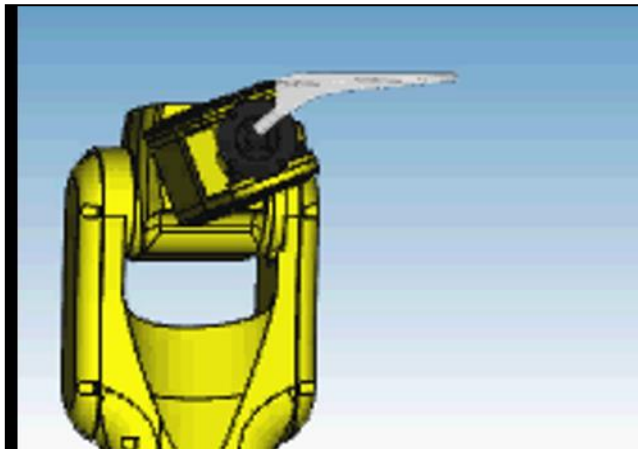


7-сурет- Қозғалыс қасиеттерін баптау

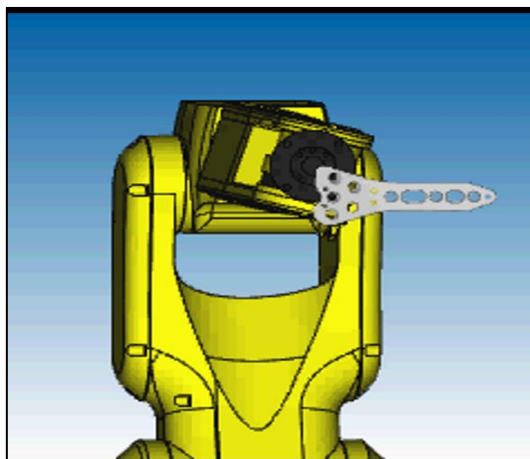


8-сурет- TP-программа қасиеттерін баптау

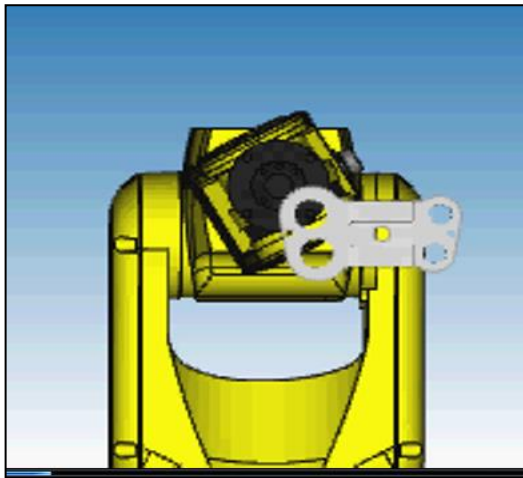
TP-программаның барлық қасиеттері орнатылғаннан кейін белгіленген позициялар бойынша әртүрлі импланттарға робот қозғалысы генерацияланады (9,10,11,12,13,14-сур)[9-12].



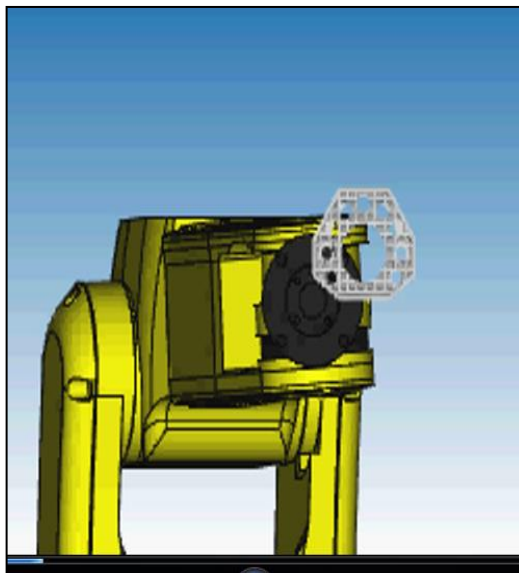
9-сурет – Жамбас буыны имплантының құраушысын бүркеу үшін TP-программаны генерациялау



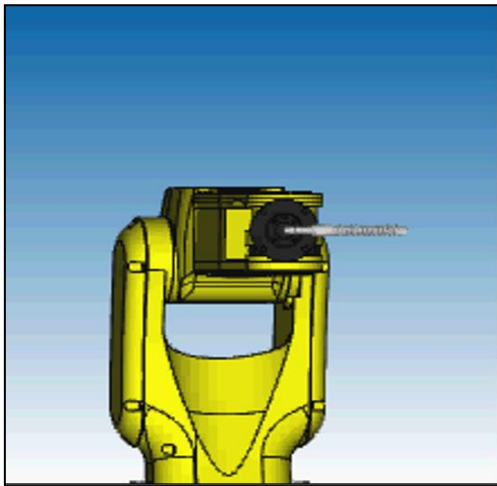
10-сурет – Жіліншек имплантының құраушысын бүркеу үшін TP-программаны генерациялау



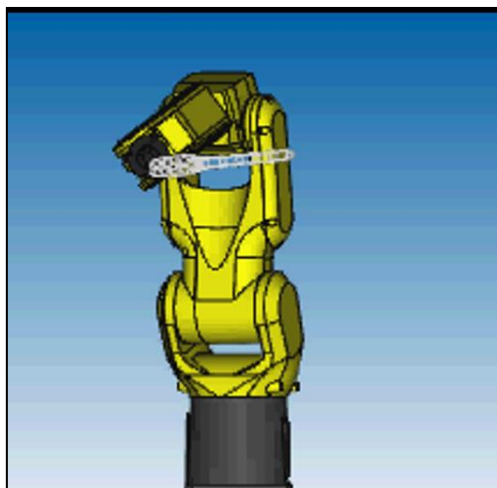
11-сурет – Омыртқа имплантының құраушысын бұркеу үшін TP-программаны генерациялау



12-сурет – Мойын имплантының құраушысын бұркеу үшін TP-программаны генерациялау



13-сурет - Саусақ буыны имплантының құраушысын бүркеу үшін ТР-программаны генерациялау



14-сурет - Иық буыны имплантының құраушысын бүркеу үшін ТР-программаны генерациялау

Талқылау

Механикалық қозғалыстарды сплайндар көмегімен модельдеу алдында ұсынылған. Әрбір координата, уақыт, жылдамдық мәнін қойып имплант формасына төртінші дәрежелі сплайн құрылды. Осы модельден аралық координаталардың мәнін есептеп алуға болады. Аралық координаталардың мәні Roboguide V 9.40 бағдарламасына жіберіледі. Осы бағдарламада 6 түрлі имплантқа бүркеу процесін робот көмегімен модельдеу жасалды.

Қорытынды

Медицинада импланттарды қолдану кеңінен тарауда. Импланттарды өндіру мәселесі маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Импланттардың ағзаға жақсы бекінуі үшін олардың бүркеу сапасы жоғару болу керек. Импланттарды робот көмегімен бүркеу өте ыңғайлы және оңтайлы шешімдердің бірі болып табылады. Бүркеу траекториясын модельдеу процесі сипатталды. Әрбір координата, уақыт, жылдамдық мәнін қойып имплант формасына төртінші дәрежелі сплайнды құрамыз. Осы модельден аралық координаталардың мәнін есептеп алуға болады. Basic Fitting құралы көмегімен әрбір модель үшін жуықтау қателіктерін есептеледі. Аралық координаталардың мәні Roboguide V 9.40 бағдарламасына жіберіледі. Осы бағдарламада 6 түрлі имплантқа бүркеу процесін робот көмегімен модельдеу жасалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Завьялов, У. С., Квасов, Б. И., Мирошниченко, В. Л.** Методы сплайн- функций. М., Наука, 1980.

2 **Кириченко, Н. Ф., Сорока, Р. А., Крак, Ю. В.** «Манипуляционные роботы. Алгоритмическое и программное обеспечение средств управления движением», учебное пособие, Киев КГУ, 1987.

3.Интерполяция. 20.08.2020. URL: – <https://refdb.ru/look/1629442-pall.html>

4 **Золотых, Н. Ю.** Matlab в научных исследованиях. Нижегородск, 2004

5 Методы интерполяции в Матлаб. 15.05.2020. URL: <http://geum.ru/next/art-295114.php>

6 **Karymsakova, I. B., Krak, Yu. V., Denisova, N. F.** Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P.44–52.

7 **Karymsakova, I. B., Denisova, N. F., Kumargazhanova, S. K., Krak Ju. V.** Robotic plasma spraying system for implants of complex structure: methods and solutions, International Journal of Computing, 19(2) 2020, 1-2

8 **Карымсакова, И. Б., Денисова, Н. Ф., Крак, Ю. В.** Усовершенствование методов построения систем создания имплантов с использованием современных производственных решений // Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2017)». 22–26 мая 2017. Материалы международной научной конференции. – Зализный порт. Украина. Херсон: Издательство ПП Вишемирський В.С., 2017. – С. 69-70.

9 **Karymsakova, I. B., Krak, Yu. V., Denisova, N. F.** Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P.44–52.

10. Решение математических задач в системе компьютерной математики в пакете Matlab. 04.11.2022. URL: <https://sites.google.com/site/vpaketematlab/3-realizacia-cislennyyh-metodov/03-3-realizacia-splajnov-v-matlab>.

11 Сплаины. 04.11.2022

[URL:https://ozlib.com/823878/informatika/splayny](https://ozlib.com/823878/informatika/splayny).

12 Эрмитовая многоинтервальная интерполяция MatLab. 04.11.2022. URL: <https://radiomaster.ru/cad/matlab/glava17/index36.php>.

REFERENCES

1 **Zav'jalov, U. S., Kvasov, B. I., Miroshnichenko, V. L.** Metody splajn-funkcij [Methods of spline functions] Moscow., Nauka, 1980.

2 **Kirichenko, N. F., Soroka, R. A., Krak ,Ju. V.** Manipuljacionnye roboty. Algoritmicheskoe i programmnoe obespechenie sredstv upravlenija

dvizheniem [Manipulative robots. Algorithmic and software of motion controls] uchebnoe posobie, Kiev KGU, 1987.

3 Interpoljacija [Interpolation] 20.08.2020. URL: <https://refdb.ru/look/1629442-pall.html>.

4 **Zolotyh, N. Ju.** Matlab v nauchnyh issledovanijah [Matlab in scientific research] Nizhegorodsk, 2004.

5 Metody interpoljicii v Matlab [Interpolation methods in Matlab] 15.05.2020. URL: <http://geum.ru/next/art-295114.php>.

6 **Karymsakova, I. B., Krak, Yu. V., Denisova, N. F.** Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex [Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex] Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P. 44–52.

7 **Karymsakova, I. B., Denisova, N. F., Kumargazhanova, S. K, Krak, Ju. V.** Robotic plasma spraying system for implants of complex structure: methods and solutions [V. Robotic plasma spraying system for implants of complex structure: methods and solutions] International Journal of Computing, 19(2) 2020, 1-2.

8 **Karymsakova I. B., Denisova N. F., Krak Ju. V.** Usovershenstvovanie metodov postroeniya sistem sozdaniya implantov s ispol'zovaniem sovremennyh proizvodstvennyh reshenij [Improvement of methods for building implant creation systems using modern manufacturing solutions] Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Intel'lektual'nye sistemy prinjatija reshenij i problemy vychislitel'nogo intellekta (ISDMCI'2017)». 22–26 maja 2017. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – Zaliznyj port. Ukraina. Herson: Izdatel'stvo PP Vishemir'skij V.S., 2017. – P. 69–70.

9 **Karymsakova I. B., Krak, Yu. V., Denisova, N. F.** Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex [Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex] Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P.44–52.

10 Reshenie matematicheskikh zadach v sisteme komp'yuternoj matematiki v pakete Matlab [Solving mathematical problems in a computer mathematics system in the Matlab package]. 04.11.2022. . URL:

<https://sites.google.com/site/vpaketematlab/3-realizacia-cislennyh-metodov/03-3-realizacia-splajnov-v-matlab>.

11 Splajny[Splines]. 04.11.2022. URL:
<https://ozlib.com/823878/informatika/splayny>.

12 Jermitovaja mnogointerval'naja interpoljacija MatLab [Hermitian multiinterval interpolation of MatLab]. 04.11.2022. URL:
<https://radiomaster.ru/cad/matlab/glava17/index36.php>.

И. Б. Карымсакова¹, Б. Д. Бекенова², *Е. А. Оспанов¹,
Н. К. Курмангалиева³, А. К. Калиева¹

¹Shakarim University, Республика Казахстан, Семей

²Turan-Astana University, Республика Казахстан, Астана

³Alikhan Bokeikhan University, Республика Казахстан, Семей

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИМПЛАНТОВ РОБОТОМ FANUC LR MATE 200ID В ПРОГРАММЕ

В статье поставлена цель описать моделирование микроплазменного напыления поверхности титановых имплантатов манипуляционным роботом Fanuc LR Mate 200id с использованием симулятора Roboguide V 9.40. Результаты этих исследований направлены на практическое применение методов дальнейшего построения траектории движения манипуляционного робота при микроплазменном напылении титановых имплантатов. Предложенный подход с использованием интерполяционного полинома Эрмита четвертого порядка позволяет построить траекторию движения с учетом скорости движения робота по определенным точкам. Для построения оптимальной траектории движения робота необходимо выполнение условий непрерывности второй производной. Это связано с динамическими характеристиками движения манипуляционных роботов. Для обеспечения этих условий необходимо повысить порядок сплайна до четвертого. Был построен сплайн Эрмита четвертого порядка,

коэффициента сплайна были рассчитаны методом прогонки. В среде матлаб был написан скрипт, позволяющий построить интерполяционный сплайн Эрмита четвертого порядка с заданными координатами и скоростями. Из построенной модели четвертой степени полинома Эрмита были рассчитаны промежуточные координаты движения, а в виртуальном симуляторе Roboguide V.9.40 было смоделировано движение робота для составляющих 6 видов имплантов: имплант тазобедренного сустава, имплант голени, позвоночный имплант, имплант суставов пальцев, имплант плечевого сустава, шейный имплант.

Ключевые слова. Полином Эрмита, программная траектория, интерполяция, построение траектории, робот, TP-программа.

I. Karymsakova¹, D. Bekenova², *Y. Ospanov³,

N. Kurmangaliyeva³, A. Kaliyeva⁵

¹Shakarim University, Republic of Kazakhstan, Semey

²Turan-Astana University, Republic of Kazakhstan, Astana

³Alikhan Bokeikhan University, Republic of Kazakhstan, Semey

MODELING OF MICROPLASMA SPUTTERING OF THE IMPLANT SURFACE BY THE FANUC LR MATE 200ID ROBOT IN THE PROGRAM

The article aims to describe the modeling of microplasma spraying of the surface of titanium implants using a Fanuc LR Mate 200id manipulation robot using the Roboguide V 9.40 simulator. The results of these studies are aimed at the practical application of methods for further constructing the trajectory of movement of a manipulation robot during microplasma spraying of titanium implants. The proposed approach using a fourth-order Hermite interpolation polynomial makes it possible to construct a motion trajectory taking into account the speed of the robot at certain points. To construct the optimal trajectory of the robot, it is necessary to satisfy the conditions of continuity of the second derivative. This is due to the dynamic characteristics of the movement of

manipulation robots. To ensure these conditions, it is necessary to increase the order of the spline to the fourth. A fourth-order Hermite spline was constructed, and the spline coefficients were calculated by the sweep method. A script was written in the Matlab environment that allows one to construct a fourth-order Hermite interpolation spline with given coordinates and velocities. From the constructed model of the fourth degree of the Hermite polynomial, intermediate coordinates of movement were calculated, and in the virtual simulator Roboguide V.9.40 the movement of the robot was simulated for the components of 6 types of implants: hip joint implant, shin implant, spinal implant, finger joint implant, shoulder joint implant, cervical implant.

Keywords. Hermite polynomial, software trajectory, interpolation, trajectory construction, robot, TR program.

Теруге 03.06.2024 ж. жіберілді. Басуға 28.06.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4248

Сдано в набор 03.06.2024 г. Подписано в печать 28.06.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4248

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz