

N.H. NERSISYAN

## DESIGN OF A NEURAL CONTROLLER FOR AN UNMANNED AERIAL VEHICLE USING REINFORCEMENT LEARNING

A neural controller was designed for a multi-rotor unmanned aerial vehicle (UAV), the machine learning of which was accomplished using reinforcement learning. A UAV control system was designed in the Matlab Simulink environment, where a neural controller was included. An analysis of the resulting system was carried out.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, control system, artificial intelligence, controller, reinforcement learning.

ՀՏԴ 62-52

### Ձ.Գ. ԽԱՆԱՄԻՐՅԱՆ, Ե.Մ. ՏԵՐՏԵՐՅԱՆ

#### ՌՌԲՈՏ-ՄԱՆԻԳՈՒԼՅԱՏՈՐԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ LABVIEW ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ռոբոտ-մանիպուլյատորները դարձել են մեր առօրյայի անբաժան մասը: Օր օրի մեծանում է դրանց կիրառությունը արդյունաբերության, կենցաղի, բժշկության և այլ բնագավառներում: Ռոբոտ-մանիպուլյատորների մինչև արտադրական փուլին հասնելը անհրաժեշտ է կատարել դրանց սիմուլյացիոն մոդելի նախագծում և ուսումնասիրում: Այդ նպատակով LabVIEW Robotics միջավայրում մշակվել է ծրագրային հավելված, որը հնարավորություն է տալիս՝ ուսումնասիրելու տարբեր չափսերի ռոբոտ-մանիպուլյատորները և դրանց աշխատանքային տիրույթը:

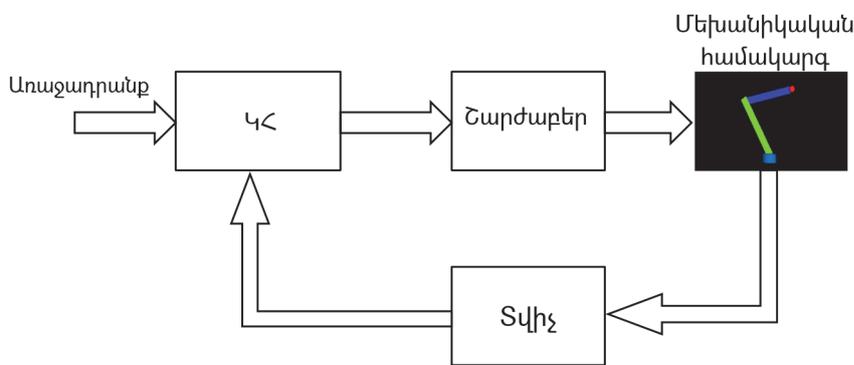
**Առանցքային բառեր.** ռոբոտ, ռոբոտատեխնիկա, կինեմատիկա, մանիպուլյատոր, LabVIEW:

**Ներածություն:** Ռոբոտաշինությունը զբաղվում է այն մեքենաների ուսումնասիրությամբ, որոնք կարող են փոխարինել մարդուն ինչպես ֆիզիկական, այնպես էլ բանական գործողություններ իրականացնելու հարցերում: Վերջին քսան տարիների ընթացքում արդյունաբերության և տեղեկատվական տեխնոլոգիաների կտրուկ աճը զարկ տվեց ռոբոտաշինության զարգացմանը, և այսօր մեր կյանքը պատկերացնել առանց ռոբոտների դարձել է անհնար: Ներկայումս ռոբոտների տեխնոլոգիական հագեցվածությունը թույլ է տալիս փոխարինել մարդկանց այնպիսի ոլորտներում, ինչպիսիք են ծանր արդյունաբերությունը, մեքենաշինությունը, տիեզերագնացությունը և այլն: Արդյունքում սովորական է դարձել տեսնել ռոբոտներ, որոնք օգտագործվում են եռակցման և հոսքագծերի վրա մեքենաների ներկման կամ ստորջրյա և ստորգետնյա միջավայրերում կառույցների ստուգման ու վերանորոգման, սենյակների մաքրության իրականացման կամ խոհանոցում սննդի պատրաստման համար [1]:

Ռոբոտների ամենատարածված տեսակներից են ռոբոտ-մանիպուլյատորները, որոնք էլեկտրոնային կառավարմամբ մեխանիզմներ են՝ նախատեսված մարդու ձեռքի շարժումները և գործառնությունները կրկնօրինակելու համար: Ռոբոտ-մանիպուլյատորները բաղկացած են մեխանիկական, էլեկտրական և ծրագրային բաղադրիչներից, և առկա խնդիրներից են համարվում այս երեք բաղադրիչների համատեղումը և ամբողջական համակարգի մշակումը: Ռոբոտ-մանիպուլյատորները ժամանակի ընթացքում իրենց լայն կիրառությունն են գտել ավտոմոբիլաշինության, գյուղատնտեսության, շինարարության, տիեզերանավերի կառուցման ոլորտներում և արդյունաբերության մեջ:

**Ռոբոտ-մանիպուլյատորիների կառուցվածքի ուսումնասիրություն:** Ռոբոտ-մանիպուլյատորների հիմնական բաղադրիչներն են՝ մեխանիկական համակարգը, շարժաբեռները, կառավարման համակարգը և տվիչները:

Նկ. 1-ում բերված է ռոբոտ-մանիպուլյատորի ֆունկցիոնալ սխեման: Օպերատորի կողմից համակարգին է տրվում մանիպուլյատորի առաջադրանքը, ըստ որի կառավարման համակարգը (ԿՀ) մշակում և փոխանցում է ղեկավարման ազդանշանը շարժաբեռներին, որոնց ամրացված է մանիպուլյատորի մեխանիկական համակարգը: Տվիչների միջոցով գրանցվում է մանիպուլյատորի դիրքը և սխալի գնահատման համար հետադարձ կապով փոխանցվում կառավարման համակարգին [2,3]:



Նկ. 1. Ռոբոտ-մանիպուլյատորի ֆունկցիոնալ սխեման

**Մանիպուլյատորի կինեմատիկան:** Տարածության մեջ մանիպուլյատորի կառավարումն ըստ դիրքի իրականացնելու համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել դրա կինեմատիկան: Դրա հիմնական նպատակն է նկարագրել մեխանիզմի շարժումը՝ հաշվի չառնելով նրա վրա ազդող ուժերն ու պտտման մոմենտները, որոնք նպաստում են շարժմանը: Մեխանիզմների շարժման համար կիրառվում են կինեմատիկայի ուղիղ և հակադարձ խնդիրների լուծման մեթոդները:

Կինեմատիկայի ուղիղ խնդրի դեպքում նպատակն է ստանալ մեխանիզմի վերջին օղակի կորդինատները՝ մեխանիզմի օղակների հայտնի հաստատուն երկրաչափական պարամետրերի և ընդհանրացված կորդինատների դեպքում: Հակադարձ կինեմատիկայի դեպքում հիմնական նպատակն է վերջին օղակի նախապես հայտնի շարժման օրենքի դեպքում որոշել մեխանիզմի ընդհանրացված կորդինատների շարժման օրենքները:

Դիտարկելով նկ. 2-ում բերված մանիպուլյատորի կինեմատիկ շղթան և պրոյեկտելով  $A$  կետը  $X, Y$  առանցքների վրա և ընդունելով  $O$  կետը՝ որպես սկզբնակետ, կստանանք  $A$  կետի կորդինատները՝

$$x_1 = l_1 \cos(\theta_1), \quad (1)$$

$$y_1 = l_1 \sin(\theta_1): \quad (2)$$

$B$  կետի կորդինատները հաշվարկելու արդյունքում սկզբնակետ է դառնում  $A$  կետը, իսկ  $B$  կետի կորդինատները  $A$  կետի նկատմամբ ստացվում են հետևյալ կերպ՝

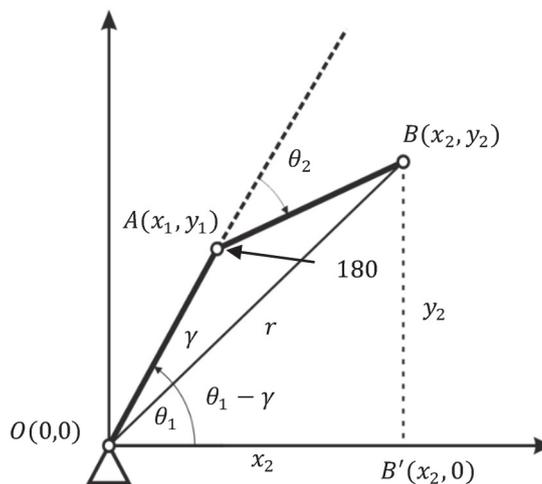
$$x_2 = l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2), \quad (3)$$

$$y_2 = l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2): \quad (4)$$

Արդյունքում  $B$  կետի կորդինատները  $O$  կետի նկատմամբ կորոշվեն՝

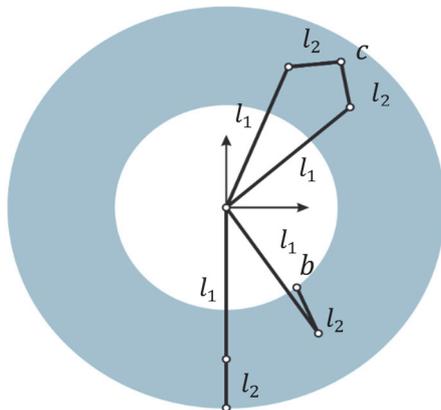
$$x_2 = x_1 + x_2 = l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2), \quad (5)$$

$$y_2 = y_1 + y_2 = l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2): \quad (6)$$



Նկ. 2. Երկհոդանի ոռոպոր - մանիպուլյատորի կինեմատիկական շղթան

Կինեմատիկայի հակադարձ խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է դիտարկել մանիպուլյատորի աշխատանքային տարածքը, որը բերված է նկ. 3-ում: Վերլուծելով նկ. 3-ում բերված մանիպուլյատորի աշխատանքային տիրույթը, կարող ենք ասել, որ մանիպուլյատորի վերջին օղակի ամենահեռու դիրքը (նկ. 3-ի  $a$  կետը) կորդինատային առանցքի սկզբնակետից սահմանափակվում է  $l_1 + l_2$  շառավղով շրջանագծով, իսկ ամենամոտ դիրքը՝  $l_1 - l_2$  շառավղով շրջանագծով (նկ.3-ի  $b$  կետը): Նկ. 3-ում բերված  $c$  կետը մեխանիզմի համար հասանելի է և գտնվում է աշխատանքային սահմանում, սակայն կարելի է նկատել, որ այդ դեպքում մեխանիզմն ունի 2 հնարավոր լուծում: Այսպիսով, հակադարձ կինեմատիկայի խնդիրը, կախված մանիպուլյատորի ցանկալի դիրքից, կարող է ունենալ առավելագույնը 2 լուծում:



Նկ. 3. Երկհոդանի ռոբոտ-մանիպուլյատորի աշխատանքային տիրույթը

Պյութագորասի թեորեմից կարող ենք ստանալ կորդինատային սկզբնակետից վերջին օղակի հեռավորությունը՝

$$r = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}, \quad (7)$$

իսկ կոսինուսների թեորեմից կստացվի հետևյալ հավասարումը՝

$$r^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 l_2 \cos(180^\circ - \theta_2): \quad (8)$$

(8) բանաձևից կարելի է ստանալ երկրորդ հոդի պտտման անկյունը՝

$$\theta_2 = 180^\circ - \cos^{-1} \left( \frac{l_1^2 + l_2^2 - r^2}{2l_1 l_2} \right): \quad (9)$$

Առաջին հոդի պտտման անկյունը ստանալու համար կոսինուսների թեորեմը կիրառենք  $\gamma$  անկյան համար՝

$$\cos(\gamma) = \frac{l_1^2 - l_2^2 + r^2}{2l_1 r} \quad (10)$$

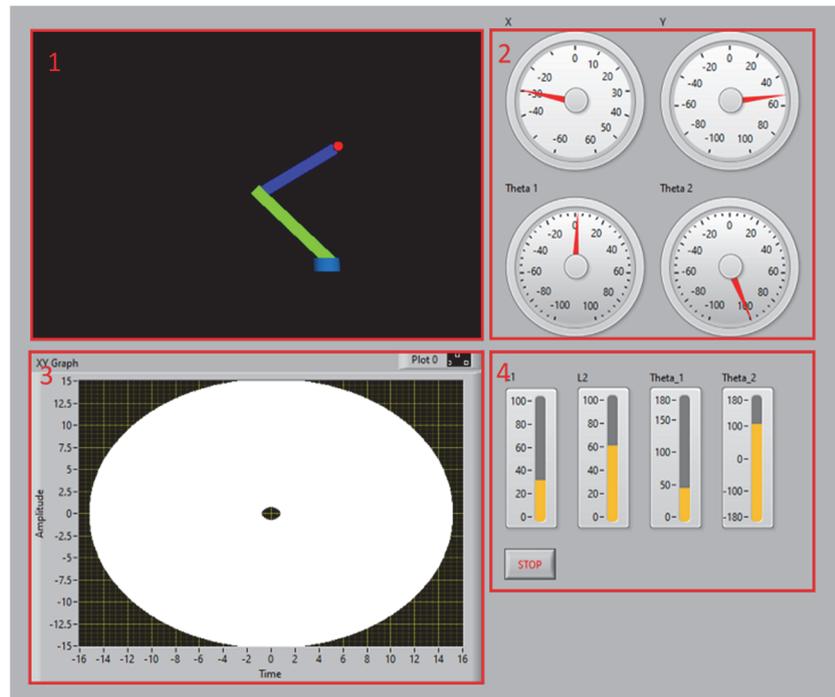
Դիտարկելով  $OBB'$  եռանկյունին՝ կստանանք.

$$\tan(\theta_1 - \gamma) = \frac{y_2}{x_2} \quad (11)$$

Տեղադրելով (10) բանաձևը (11) բանաձևի մեջ՝ կստանանք առաջին հոդի անկյունը՝

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{y_2}{x_2} + \gamma = \tan^{-1} \frac{y_2}{x_2} + \cos^{-1} \left( \frac{l_1^2 - l_2^2 + r^2}{2l_1 r} \right) \quad (12)$$

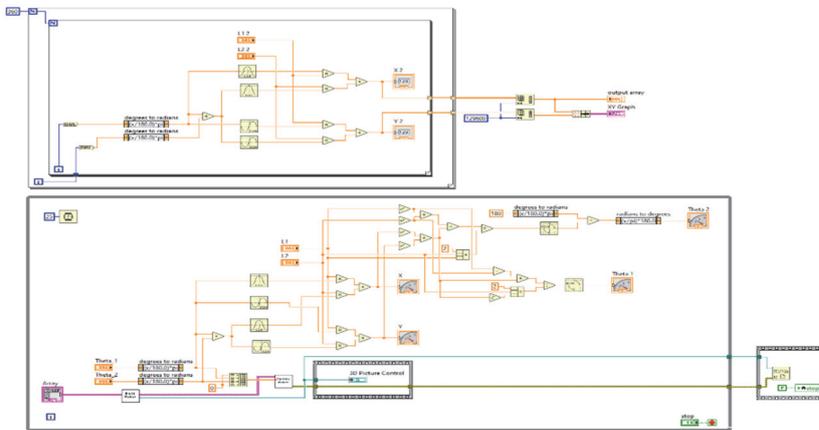
**Մանիպուլյատորի սիմուլյացիոն մոդելի մշակումը LabVIEW ծրագրային միջավայրում.** LabVIEW-ն գրաֆիկական ծրագրավորման միջավայր է, որն օգտագործվում է ավտոմատացված համակարգերի մշակման, հետազոտության, չափումների տվյալների վերլուծության և կառավարման համար: LabVIEW Robotics փաթեթի միջոցով մշակվել է ռոբոտ-մանիպուլյատորի սիմուլյացիոն մոդելը (նկ.4), որը հնարավորություն է տալիս, մուտքագրելով ռոբոտի երկրաչափական չափսերը, կատարել դրա սիմուլյացիան և ստանալ աշխատանքային տիրույթը:



Նկ. 4. Ռոբոտ-մանիպուլյատորի աշխատանքային տիրույթի հաշվարկի ծրագրի արտաքին տեսքը

LabVIEW Robotics փաթեթի միջոցով մշակվել է ռոբոտ- մանիպուլյատորի սիմուլյացիոն մոդելը (նկ.4), որը հնարավորություն է տալիս, մուտքագրելով ռոբոտի երկրաչափական չափսերը, կատարել դրա սիմուլյացիան և ստանալ աշխատանքային տիրույթը: Ծրագրի արտաքին վահանակը բաժանված է 4 մասի: 1-ին հատվածում արտապատկերվում է ռոբոտի մոդելը, 2-րդ հատվածում՝ մանիպուլյատորի վերջին օղակի կոորդինատները և հոդերի անկյունները, 3-րդ հատվածում՝ աշխատանքային տիրույթը, իսկ 4-րդ ում՝ ռոբոտի մուտքային պարամետրերը:

Նկ. 5-ում բերված է ռոբոտ-մանիպուլյատորի ծրագիրը՝ մշակված LabVIEW ծրագրային միջավայրում:



Նկ. 5. Ռոբոտ-մանիպուլյատորի ծրագիրը

**Եզրակացություն:** Դիտարկվել են ռոբոտ-մանիպուլյատորների կիրառման բնագավառները, արդի խնդիրները և կառավարման ժամանակակից մեթոդները: Ուսումնասիրելով մանիպուլյատորի կինեմատիկան՝ լուծվել են ուղիղ և հակադարձ կինեմատիկայի խնդիրները: LabVIEW Robotics գրաֆիկական ծրագրավորման միջավայրում կատարվել են ռոբոտ-մանիպուլյատորի մոդելավորում և աշխատանքային տարածքի ուսումնասիրում:

### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Frank L., Darren M., Chaouki T.** Robot Manipulator Control Theory and Practice.- Marcel Dekker, USA, 2004.- 614 p.
2. **Bruno S., Lorenzo S.** Robotics Modelling Planning and Control.- Springer, UK, 2010.- 632p.
3. **Richard M.** A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation.- CRC Press, USA, 1994.- 456 p.

**З.Г. ХАНАМИРЯН, Е.М. ТЕРТЕРЯН**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА В ПРОГРАММНОЙ  
СРЕДЕ LABVIEW**

Роботы-манипуляторы стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. С каждым днем растет их применение в промышленности, быту, медицине и других сферах. До производственного этапа роботов-манипуляторов необходимо разработать и изучить их симуляционную модель. Поэтому в среде LabVIEW Robotics было разработано программное приложение, которое позволяет изучать роботы-манипуляторы разных размеров и их рабочее пространство.

*Ключевые слова:* робот, робототехника, кинематика, манипулятор, LabVIEW.

**Z.G. KHANAMIRYAN, E.M. TERTERYAN**

**SIMULATION OF A ROBOT MANIPULATOR IN THE LABVIEW  
SOFTWARE ENVIRONMENT**

Robot manipulators have become an integral part of our daily life. Their use in industry, everyday life, medicine, and other fields is growing every day. Before the production stage of robot manipulators, it is necessary to develop and study their simulation model. Therefore, a software application has been developed in the LabVIEW Robotics environment which allows to study robot manipulators of different sizes, and their workspace.

*Keywords:* robot, robotics, kinematics, manipulator, LabVIEW.

UDC 004.832

**K.H. NIKOGHOSYAN, T.B. KHACHATRYAN, E.A. HARUTYUNYAN,  
D.M. GALSTYAN**

**EVALUATING OPEN-SOURCE IMAGE CAPTIONING MODELS WITH  
MULTIPLE METRICS ON THE IAPR TC-12 DATASET**

In recent years, the development of image captioning AI models has been a focal point in the fields of computer vision and natural language processing (NLP). The paper presents a thorough comparative analysis of several state-of-the-art image captioning AI models, employing a diverse array of evaluation metrics, including CIDEr-D, BLEU-4, METEOR, ROUGE-L, SPICE, and Wu-Palmer similarity. The study is centered on the evaluation of image captioning models using the IAPR TC-12 dataset, a well-established benchmark for assessing visual content understanding. By leveraging multiple evaluation metrics, it was possible to gain a multifaceted understanding of the models' performance, encompassing both syntactic and semantic dimensions of generated captions. Comparative