



Հաստատում եմ

ՀՀ Մեխանիկայի ինստիտուտի տնօրեն

Ֆ.-մ.գ.թ. Լ.Լ. Դաշտոյան

« 4 » հուլիսի 2026 թ.

## ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

**Ջավեն Գեղամի Խանամիրյանի** «Արհեստական բանականության կիրառմամբ էկզոկլմախքի բազմաչափ ոչ գծային կառավարման համակարգի մշակումը և հետազոտումը» թեմայով՝ Ե.13.01 - «Կառավարում, կառավարման համակարգեր և դրանց տարրերը» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար ներկայացված ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսությունը նվիրված է ստորին վերջույթի վերականգնողական էկզոկլմախքի համար արհեստական բանականության տարրերով օժտված բազմաչափ ոչ գծային կառավարման համակարգի մշակմանը և հետազոտմանը: Աշխատանքում համատեղ դիտարկվել են էկզոկլմախքի մեխանիկական համակարգի մոդելավորումը, մարդ-էկզոկլմախք փոխազդեցությունը, դասական և ադապտիվ կառավարման մեթոդները, ամրապնդման ուսուցումը, էլեկտրոմկանաչափ ազդակների մշակումը և մշակված լուծումների համակարգչային ու փորձանմուշային ստուգումը:

**Թեմայի արդիականությունը:** Ժամանակակից ռոբոտատեխնիկայի կարևոր ուղղություններից է մարդու շարժողական հնարավորությունների վերականգնման և ընդլայնման համար նախատեսված կրելի ռոբոտային համակարգերի ստեղծումը: Ստորին վերջույթի վերականգնողական էկզոկլմախքը աշխատանքի ընթացքում անմիջականորեն փոխազդում է օգտագործողի հետ, իսկ մարդ-էկզոկլմախք միասնական համակարգի դինամիկական հատկությունները կարող են փոփոխվել օգտագործողի զանգվածից, քայլքի առանձնահատկություններից, շարժման արագությունից և արտաքին բեռից կախված: Այդ պայմաններում հաստատուն պարամետրերով դասական կարգավորիչները միշտ չէ, որ կարող են ապահովել պահանջվող ճշտությունը և հարմարվողականությունը: Հետևաբար փոփոխվող պարամետրերի և անորոշությունների պայմաններում կայուն աշխատող, արհեստական բանականության ու ադապտիվ կառավարման մեթոդները համատեղող համակարգերի մշակումը կառավարման տեսության և վերականգնողական ռոբոտատեխնիկայի արդիական գիտատեխնիկական խնդիր է:

**Հետազոտության նպատակն է** կառավարման տեսության և արհեստական բանականության ժամանակակից մեթոդների համատեղման հիման վրա մշակել և հետազոտել նոր կառավարման ալգորիթմներ, որոնք կբարձրացնեն ստորին վերջույթի

վերականգնողական էկզոկմախքի կառավարման ճշտությունն ու հարմարվողականությունը և իրագործելի կլինեն իրական սարքավորումներում:

Այդ նպատակի իրագործման համար ատենախոսությունում դրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- կատարվել է էկզոկմախքների տեսակների, կիրառությունների և ժամանակակից կառավարման համակարգերի ու մեթոդների վերլուծություն,
- ուսումնասիրվել են էկզոկմախքի կինեմատիկական և դինամիկական առանձնահատկությունները, մշակվել ու վավերացվել են համապատասխան մաթեմատիկական մոդելները,
- հետազոտվել է էկզոկմախքի բազմաչափ ոչ գծային համակարգը, նախագծվել են դասական և ժամանակակից կարգավորիչներ ու կատարվել է դրանց համեմատական վերլուծություն,
- մշակվել է էլեկտրոմկանաչափ տվիչների և մեքենայական ուսուցման կիրառմամբ օգտագործողի շարժման մտադրության կանխատեսման համակարգ,
- ձևակերպվել և լուծվել է արհեստական բանականության տարրերով կառավարման համակարգի նախագծման խնդիրը,
- իրականացվել են մշակված քայլքի կառավարման համակարգերի համակարգչային և փորձանմուշային փորձարկումներ,
- նախագծվել և լավարկվել է էկզոկմախքի փորձանմուշային նախատիպը՝ մշակված մեթոդների գործնական իրագործելիության և արդյունավետության գնահատման նպատակով:

#### **Գիտական եզրահանգումների և դրույթների հավաստիությունը:**

Ատենախոսությունում կիրառված մեթոդները հիմնված են տեսական մեխանիկայի, ռոբոտատեխնիկայի, ավտոմատ կառավարման, մաթեմատիկական մոդելավորման, արհեստական բանականության և մեքենայական ուսուցման ընդունված դրույթների վրա: Կինեմատիկական մոդելը ձևավորվել է Դենավիթ-Հարթենբերգի մեթոդով, իսկ դինամիկական հավասարումները ստացվել են Էյլեր-Լագրանժի մոտեցմամբ՝ հաշվի առնելով մարդ-էկզոկմախք փոխազդեցությունը և համակարգի հավասարակշռությունը: Մշակված կարգավորիչները համեմատվել են միասնական չափանիշներով MATLAB/Simulink և Simscape միջավայրերում, իսկ ծրագրային-ապարատային իրագործման համար կիրառվել են NI LabVIEW, NI Real-Time, NI myRIO և MyoWare EMG միջոցները: Տեսական հաշվարկների, համակարգչային մոդելավորման և փորձանմուշային փորձարկումների համադրումը բավարար հիմք է տալիս աշխատանքի հիմնական արդյունքները հավաստի համարելու համար:

#### **Ստացված արդյունքների նորույթն ու հիմնավորման աստիճանը:**

Ատենախոսությունում ներկայացվել են հետևյալ հիմնական գիտական արդյունքները.

- ստացված դինամիկական հավասարումների հիման վրա MATLAB/Simulink միջավայրում մշակվել է նեյրոնային կարգավորիչով և արհեստական բանականության տարրերով օժտված ավտոմատ կառավարման համակարգ՝

դինամիկական պարամետրական անորոշությունների և հարմարվողականության խնդիրների լուծման համար,

- մշակվել է խորը դետերմինացված գրադիենտային քաղաքականության ալգորիթմով համալրված նմուշային մոդելով ադապտիվ «DAM» (DDPG-Augmented MRAC) կարգավորիչ և կատարվել է դրա արդյունավետության, ճշտության ու հարմարվողականության համեմատական գնահատում,
- մշակվել է իրական ժամանակում իրագործելի մեքենայական ուսուցման ալգորիթմ՝ էլեկտրոմկանաչափ ազդակների հիման վրա օգտագործողի շարժման մտադրության կանխատեսման համար:

**Ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և կիրառության ոլորտներում:** Աշխատանքի արդյունքները կարող են կիրառվել վերականգնողական նշանակության էկզոկմախքների և այլ կրելի ռոբոտային համակարգերի հարմարվող կառավարման համակարգերի նախագծման, կարգավորման և փորձարկման ընթացքում: Մշակված մաթեմատիկական ու համակարգչային մոդելները թույլ են տալիս գնահատել կարգավորիչների աշխատանքը տարբեր բեռների և պարամետրական փոփոխությունների դեպքում, իսկ փորձանմուշային հարթակը և ծրագրային միջոցները հնարավորություն են տալիս ստուգել դրանց իրագործելիությունը իրական սարքավորման վրա: Ատենախոսության արդյունքները կիրառվում են ՀՀ գիտության կոմիտեի կողմից ֆինանսավորվող №21DP-2B003 նախագծի աշխատանքներում, «Քայլտեք» ՍՊԸ-ի ստորին վերջույթի վերականգնողական էկզոկմախքների կառավարման համակարգերում և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի կրթական ծրագրերում:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, հիմնական արդյունքներից և եզրահանգումներից, 102 անուն գրականության ցանկից և հավելվածից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 133 էջ է: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակված են 10 գիտական աշխատանքներում և զեկուցվել են գիտաժողովներում ու գիտական սեմինարներում: Հրապարակումների բովանդակությունը համապատասխանում է ատենախոսության հիմնական ուղղություններին, իսկ սեղմագիրն արտացոլում է աշխատանքի հիմնական բովանդակությունը:

**Աշխատանքում առկա են ստորև ներկայացված թերությունները.**

- Մարդ-էկզոկմախք փոխազդեցության մոդելում օգտագործողի ֆիզիկական պարամետրերի փոփոխությունը դիտարկված է հիմնականում զանգվածի փոփոխության միջոցով: Ցանկալի կլիներ ավելի մանրամասն գնահատել նաև հոդերի կոշտության, մարող հատկությունների և քայլքի անհատական առանձնահատկությունների ազդեցությունը մշակված կարգավորիչների աշխատանքի վրա:
- «DAM» կարգավորիչի արդյունավետությունը հիմնավորված է համեմատական մոդելավորումներով և փորձարկումներով, սակայն նպատակահարմար կլիներ լրացուցիչ ներկայացնել հիբրիդային համակարգի կայունության տեսական պայմանները, իրական ժամանակում հաշվարկային բարդությունը և նեյրոնային

կարգավորիչի ելքային գործողությունների անվտանգ սահմանափակման մեխանիզմները:

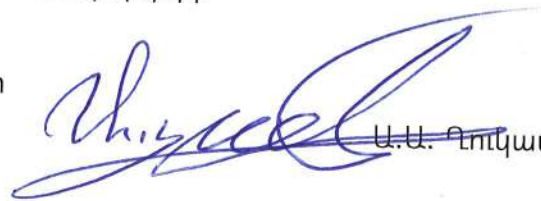
- Էլեկտրոմեկանաչափ ազդակներով շարժման մտադրության կանխատեսման համար ստացված 92 % ճշտությունը դրական արդյունք է, սակայն ցանկալի կլինեին ներկայացնել ավելի մեծ թվով օգտատերերի տվյալներով վիճակագրական գնահատում, կեղծ դրական և կեղծ բացասական որոշումների ցուցանիշները, ինչպես նաև բազմաալիք ԷՄԳ ազդակների կիրառման հնարավորությունը:

Սակայն նշված դիտողություններն առաջարկական բնույթ ունեն և չեն նվազեցնում ատենախոսության գիտական նորույթի, գործնական նշանակության և ընդհանուր դրական գնահատականի մակարդակը:

**Ամփոփ եզրակացություն:** Ելնելով վերոնշյալից՝ գտնում ենք, որ Զավեն Գեղամի Խանամիրյանի «Արհեստական բանականության կիրառմամբ էկզոկլմախքի բազմաչափ ոչ գծային կառավարման համակարգի մշակումը և հետազոտումը» թեմայով ատենախոսությունն ավարտուն գիտահետազոտական աշխատանք է: Այն ներկայացնում է բազմաչափ ոչ գծային և փոփոխվող պարամետրերով կրելի ռոբոտային համակարգի կառավարման կարևոր խնդրի լուծմանն ուղղված գիտականորեն հիմնավորված մշակում, որն ունի տեսական և կիրառական նշանակություն: Ատենախոսությունն իր բովանդակությամբ համապատասխանում է Ե.13.01 - «Կառավարում, կառավարման համակարգեր և դրանց տարրերը» մասնագիտությանը և ՀՀ-ում գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգով թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին:

Ուստի գտնում ենք, որ ատենախոսության հեղինակը՝ Զավեն Գեղամի Խանամիրյանը, արժանի է Ե.13.01 - «Կառավարում, կառավարման համակարգեր և դրանց տարրերը» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

ՀՀ Մեխանիկայի ինստիտուտի Բարակապատ Համակարգերի  
մեխանիկայի բաժնի Առաջատար Մասնագետ,  
Ֆիզ. մաթ. Գիտությունների Դոկտոր, պրոֆեսոր

 Ա.Ա. Դուկասյան

Ա.Ա. Դուկասյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ՀՀ Մեխանիկայի ինստիտուտի գիտական քարտուղար  
Ֆիզ. մաթ. Գիտ. թեկնածու

 Վահե Զաքարյան



Վ.Տ.

« 24 » 2026 թ.