

ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Արսեն Արամայիսի Հովհաննիսյանի

«Էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծումը մեքենայական ուսուցման կիրառմամբ» թեմայով

Ե.09.01 – «Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա, էլեկտրատեխնոլոգիաներ»
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Էլեկտրամագնիսական (ԷՄ) սարքերը կերպափոխում են էլեկտրական էներգիան մագնիսականի, իսկ մագնիսականը՝ մեխանիկականի: Էլեկտրամագնիսական ուժի շնորհիվ դրանք կատարում են տարատեսակ գործողություններ՝ հրում/ձգում, բռնում, պտտում, տեղափոխում և այլն: ԷՄ սարքերը կիրառվում են բազմաթիվ բնագավառներում՝ ոռոգոտատեխնիկա, արդյունաբերություն, բժշկություն և այլն: ԷՄ սարքերի նախագծման փուլում առաջանում են որոշակի պահանջներ՝ ապահովելու ընդունելի կառուցվածք և չափեր, հնարավորինս փոքր կշիռ, էլեկտրաէներգիայի ոչ մեծ ծախս, հնարավոր բարձր աշխատանքային ջերմաստիճան և այլն: Այս տեսանկյունից կարևորվում է պարամետրերի արժեքների օպտիմալացման խնդիրների ձևակերպումն ու լուծումը, ուստի ԷՄ սարքերի նախագծման գործընթացում արդիական գիտատեխնիկական խնդիր է դառնում մեքենայական ուսուցման ժամանակակից մեթոդների կիրառումը:

Ատենախոսական աշխատանքի նպատակը և հիմնական խնդիրները

Աշխատանքի նպատակը Էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում մեքենայական ուսուցման կիրառումն է: Այս նպատակն իրագործելու համար դիտարկվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Ուսումնասիրվել են մեքենայական ուսուցման մեթոդները և վերլուծվել դրանց կիրառման հնարավորություններն էլեկտրամագնիսական համակարգերի

նախագծման գործընթացում, ընտրվել են հետազոտության օբյեկտ էլեկտրամագնիսները:

2. Ուսումնասիրվել են ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և մագնիսառեոլոգիական (ՄՌ) հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի մաթեմատիկական մոդելները, ձևավորվել են այդ համակարգերի նախագծային տվյալների շտեմարանները:

3. Կազմվել է վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելը, առաջարկվել է մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծման եղանակը, ձևավորվել է վերամբարձ էլեկտրամագնիսի նախագծային տվյալների շտեմարանը:

4. Մեքենայական ուսուցման դասակարգման մեթոդներով ուսուցանվել են հետազոտության օբյեկտ էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծային տվյալների շտեմարանները, լուծվել են այդ համակարգերի պարամետրերի արժեքների դասակարգման և կանխատեսման նախագծային խնդիրները:

5. էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում լուծվել են այդ համակարգերի պարամետրերի արժեքների միաչափանիշային և բազմաչափանիշային օպտիմալացման խնդիրները՝ օպտիմալացման և մեքենայական ուսուցման եղանակների համակցմամբ (հիբրիդ մեթոդներ):

Հետազոտության մեթոդները

Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելը կազմելու համար կիրառվել է մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեմայի մեթոդը, իսկ այդ շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգը լուծվել է Նյուտոնի մեթոդի հիման վրա առաջարկված եղանակով: Հետազոտության օբյեկտների՝ ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսների, ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի նախագծային տվյալների շտեմարանների ուսուցման, ինչպես նաև նախագծային խնդիրների լուծման համար կիրառվել են մեքենայական ուսուցման դասակարգման և կանխատեսման մեթոդները: էլեկտրամագնիսական համակարգերի պարամետրերի օպտիմալացման

խնդիրները լուծվել են հիբրիդ մեթոդով՝ դասական և մեքենայական ուսուցման եղանակների համակցմամբ:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

1. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելի մշակումը, մագնիսական շղթայի ուղիղ և հակադարձ խնդիրների համար մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծումը:

2. Նախագծային տվյալների ուսուցանված շտեմարանները, մեքենայական ուսուցման դասակարգման ու կանխատեսման մեթոդներով նախագծային խնդիրների լուծման եղանակները հետազոտվող էլեկտրամագնիսական համակարգերի համար:

3. էլեկտրամագնիսական համակարգերի բնութագրական պարամետրերի օպտիմալացման միաչափանիշային և բազմաչափանիշային խնդիրների լուծման մեթոդներն օպտիմալացման և մեքենայական ուսուցման եղանակների զուգակցմամբ:

Աշխատանքի արդյունքների հրապարակումը

Հետազոտությունների արդյունքներն արտացոլվել են 6 տպագիր աշխատություններում (երեքը՝ Scopus գիտատեղեկատվական շտեմարանում ընդգրկված հանդեսներում): Արդյունքները ներկայացվել են ՀԱՊՀ 2021-2024թթ. տարեկան գիտաժողովներում, ՀԱՊՀ «Էլեկտրական մեքենաներ և ապարատներ» ամբիոնի և «Ավտոմատացում և էլեկտրամագնիսական համակարգեր» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի գիտական սեմինարներում:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելի կազմում և մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծում:

2. Հետազոտության օբյեկտ էՄ համակարգերի (ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսներ, ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակ) նախագծային տվյալների շտեմարանների կազմում և ուսուցում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

3. ԷՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների դասակարգում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

4. ԷՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների կանխատեսում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

5. ԷՄ համակարգերի նախագծման փուլում պարամետրերի օպտիմալացման միաչափանիշային և բազմաչափանիշային խնդիրների լուծում մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառմամբ (հիբրիդ մեթոդներով):

Ատենախոսության կառուցվածքը և բովանդակությունը

Աշխատանքը կազմված է ներածությունից, 4 գլխից, եզրահանգումից և օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 125 էջում, պարունակում է 61 նկար, 21 աղյուսակ և 105 անուն ընդգրկող գրականության ցանկ:

Ատենախոսության **ներածական** մասում շարադրված են թեմայի արդիականությունը, ատենախոսության հիմնական նպատակն ու հետազոտությունների խնդիրները, բերված են աշխատանքի գիտական նորույթը, ստացված արդյունքների գործնական արժեքն ու կիրառությունները, ձևակերպված են պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Կան նաև անհրաժեշտ տեղեկություններ աշխատանքի արդյունքների փորձարարական գնահատման, ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատությունների, ատենախոսության կառուցվածքի ու ծավալի վերաբերյալ:

Առաջին գլխում վերլուծվել են մեքենայական ուսուցման երեք հիմնական ուղղությունները՝ ուսուցում ուսուցչով, ուսուցում առանց ուսուցչի և խրախուսմամբ ուսուցում, հիմնավորվել է դրանց կիրառելիությունը բարդ գործընթացների ավտոմատացման, նախագծման և տեխնիկական համակարգերի օպտիմալացման խնդիրներում: Ուսումնասիրվել և ներկայացվել են էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման դասական մեթոդների հիմնական սահմանափակումներն ու բարդությունները, ինչպես նաև հիմնավորվել է մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառման արդյունավետությունն ու անհրաժեշտությունը նախագծման և օպտիմալացման խնդիրների լուծման համար:

Որպես հետազոտության օբյեկտներ ընտրվել են ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ դասական էլեկտրամագնիսները, մագնիսառեոլոգիական (ՄՌ) հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակը:

Երկրորդ գլխում ներկայացվել են հետազոտության օբյեկտների՝ ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի մաթեմատիկական մոդելները, ինչպես նաև վերլուծվել են դրանց նախագծման ավտոմատացված համակարգերի աշխատանքային առանձնահատկությունները: Կառուցվել է վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման, կազմվել է դրա մաթեմատիկական մոդելը լուծվել է բազմաթիվ անհայտներով ոչ գծային հավասարումների համակարգը և փորձարարական հետազոտությունների միջոցով ստացվել է առաջարկված եղանակի ճշտությունը: Ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսների, ինչպես նաև ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի համար ձևավորվել են նախագծային տվյալների շտեմարաններ, որոնք հիմք են հանդիսացել մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառման համար էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում:

Երրորդ գլխում ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի նախագծային տվյալների շտեմարանները ուսուցանվել են մեքենայական ուսուցման դասակարգման և կանխատեսման ալգորիթմներով, վերլուծվել են ստացված արդյունքները և ընտրվել առավել բարձր ճշտություն ապահոված մեթոդները: Առաջարկված եղանակով հնարավոր է դարձել նախագծման սկզբնական փուլում գնահատել հետազոտվող էլեկտրամագնիսների աշխատունակությունը, բացառել ոչ աշխատունակ նախագծային տարբերակները և առանց ամբողջական նախագծային հաշվարկների կանխատեսել դրանց նախագծային պարամետրերը բարձր ճշտությամբ և մեծ արագությամբ: Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի համար մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառմամբ նախագծման փուլում կատարվել է կախոց-էլեկտրամագնիսի կայունության տիրույթի գնահատումը և դրա բնութագրական կետերի համար որոշվել են կառավարման կոճի մագնիսաշարժ ուժի արժեքները: Առաջարկված

դասակարգման և կանխատեսման մեթոդները կարող են կիրառվել նաև այլ նմանատիպ էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացներում:

Չորրորդ գլխում առաջարկվել է օպտիմալացման խնդիրների լուծման հիբրիդային եղանակ, որը հիմնված է օպտիմալացման ալգորիթմների և մեքենայական ուսուցման մեթոդների համատեղ կիրառման վրա: Այստեղ նպատակային ֆունկցիաների արժեքները կանխատեսվում են նախապես ուսուցանված տվյալների շտեմարաններից, իսկ փոփոխականների սահմանափակումների բավարարումը ստուգվում է դասակարգման մեթոդներով ուսուցանված շտեմարանների կիրառմամբ: Առաջարկված մեթոդով լուծվել են ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և մագնիսառեոլոգիական հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի միաչափանիշային և բազմաչափանիշային օպտիմալ նախագծման խնդիրները՝ կիրառելով գենետիկ ալգորիթմներ, ինչպես նաև MLP Regressor, Gradient Boosting Regressor, Decision Tree Classifier և Random Forest Classifier ալգորիթմներով ուսուցանված տվյալների շտեմարանները: Ստացված արդյունքները հաստատել են առաջարկված եղանակի արդյունավետությունը և դրա կիրառելիությունը բարդ էլեկտրամագնիսական համակարգերի օպտիմալ նախագծման գործընթացներում:

Եզրահանգման բաժնում ներկայացվել են կատարված հետազոտությունների հիմնական արդյունքները:

Ատենախոսական աշխատանքն, ավարտուն գիտական հետազոտություն է, որտեղ առաջադրվում են էլեկտրամագնիսների հետազոտման, նախագծման և օպտիմալացման արդիական խնդիրների լուծման նոր եղանակներ՝ մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառմամբ: Աշխատանքը կատարվել է պատշաճ գիտատեխնիկական մակարդակով, ունի գիտական և կիրառական նշանակալի նորույթ ու արժեք, իսկ ստացված արդյունքները հիմնավորված են տեսական ուսումնասիրություններով ու փորձարարական հետազոտություններով: Առաջարկված նախագծման և հետազոտման եղանակները կարող են կիրառվել նաև այլ նշանակության էլեկտրամագնիսական սարքերի և համակարգերի

մշակման գործընթացներում: Ատենախոսությունը շարադրված է գրագետ, տրամաբանական հաջորդականությամբ, իսկ սեղմագիրն ու հեղինակի հրատարակած աշխատանքները լիարժեքորեն արտացոլում են ատենախոսության հիմնական բովանդակությունն ու ստացված արդյունքները:

Դիտողություններ

1. Մեքենայական ուսուցման դասակարգման մեթոդների արդյունքները ներկայացնող աղյուսակներում (աղյուսակներ 3.1, 3.5, 3.8) բացակայում են մի շարք բնութագրիչներ, մասնավորապես՝ Accuracy, Precision, Recall, F1-score, Balanced Accuracy և դասերի բաշխման (Class Distribution) վերաբերյալ տվյալները, որոնց առկայությունը հնարավորություն կտար առավել ամբողջական գնահատելու կիրառված մեթոդների արդյունավետությունն ու համեմատական առավելությունները:

2. Մեքենայական ուսուցման կանխատեսման մեթոդների արդյունքները ներկայացնող աղյուսակներում (աղյուսակներ 3.2, 3.6, 3.10) չեն արտացոլվել գնահատման մի քանի ցուցանիշներ, մասնավորապես, միջին բացարձակ սխալը (MAE), միջին քառակուսային սխալի արմատը (RMSE), միջին բացարձակ տոկոսային սխալը (MAPE) և առավելագույն սխալը (Maximum Error), որոնց առկայությունը հնարավորություն կտար առավել ամբողջական և օբյեկտիվ գնահատելու կիրառված կանխատեսման մեթոդների ճշգրտությունն ու արդյունավետությունը:

3. Ցանկալի կլիներ, որ հեղինակն անդրադառնար կանխատեսման և դասակարգման խնդիրներում խաչաձև վավերացման կիրառմանը (k-fold) և ներկայացներ դրա իրականացման վերաբերյալ տեղեկություններ:

4. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի ստատիկ կայունության խնդրի լուծմանը զուգահեռ ցանկալի կլիներ նաև անդրադառնալ դրա դինամիկական կայունության խնդրի լուծմանը՝ մասնավորապես ուսումնասիրելով ամրապնդմամբ ուսուցման (Reinforcement Learning) մեթոդների կիրառման հնարավորությունները:

