

ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Ստեփան Վահրամի Բաբայանի

«Անբավարար տեսանելիության պայմաններում ստացված պատկերների մշակման համակարգ» թեմայով Ե13.05 - «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսական աշխատանքը նվիրված է անբավարար տեսանելիության պայմաններում ստացված իրական պատկերների մշակմանը: Աշխատանքի ընթացքում քննարկվում են մթնոլորտային երևույթների՝ մասնավորապես մառախուղի և թույլ կամ գիշերային լուսավորության պայմաններում արված պատկերների որակի բարելավման առկա մեթոդները: Արժևորվում և քննարկվում է այնպիսի համակարգերի մշակումը, որոնք թույլ կտան նվազեցնել սինթետիկ տվյալների վրա ուսուցանված մոդելների, իրական տվյալների մշակման ընդհանրացման բացը, ինչպես նաև նման մոդելների կառուցումը՝ իրական ժամանակում աշխատելու համար:

Ատենախոսական աշխատանքի արդիականությունը

Ժամանակակից ավտոմատացված համակարգերի՝ ինքնավար տրանսպորտային միջոցների, խելացի տեսահսկման և անօդաչու թռչող սարքերի (ԱԹՄ) լայնածավալ կիրառման պայմաններում կրիտիկական նշանակություն է ստանում շրջակա միջավայրի տեսողական ընկալման հուսալիությունը:

Բնական և արհեստական այնպիսի խոչընդոտներ, ինչպիսիք են մթնոլորտային մշուշը, մառախուղը և անբավարար կամ գիշերային լուսավորությունը, հանգեցնում են տեսողական տվյալների որակի կտրուկ անկման: Դրա հետևանքով համակարգչային տեսողության հիմնական ալգորիթմները, օրինակ՝ հետիոտների հայտնաբերումը կամ դեմքերի ճանաչումը, խափանվում են իրական և կրիտիկական իրավիճակներում:

Թեև ժամանակակից խորը ուսուցման (deep learning) մեթոդները որոշակի հաջողություններ են գրանցել այս ոլորտում, դրանց գործնական կիրառումը բախվում է երկու հիմնարար արգելքի.

- Ընդհանրացման բացը (Synthetic-to-real gap). քանի որ մոդելները հիմնականում ուսուցանվում են արհեստականորեն գեներացված (սինթետիկ) տվյալների բազաների վրա, դրանք չեն կարողանում ադապտացվել իրական եղանակային և լուսավորության բարդ պայմաններին: Իրական միջավայրում տեղակայվելիս դրանք ցուցաբերում են ճշգրտության անթույլատրելի անկում:
- Հաշվողական ռեսուրսների գերբեռնվածությունը. առկա առավել ճշգրիտ լուծումները պահանջում են ահռելի հաշվողական հզորություններ և աշխատում են խիստ դանդաղ:

Սա գրեթե անհնար է դարձնում բարձր լուծաչափով պատկերների մշակումը իրական ժամանակում, ինչը պարտադիր պայման է ավտոնոմ համակարգերի համար:

Հետևաբար, ֆիզիկապես հիմնավորված այնպիսի նոր մոդելների և ծրագրային ալգորիթմների մշակումը, որոնք կհաղթահարեն սինթետիկ տվյալների սահմանափակումները և միաժամանակ կապահովեն բարձր արագագործություն իրական ժամանակում (real-time) գործող համակարգերի համար, խիստ արդիական է, ունի կարևոր տեսական նշանակություն և հրատապ գործնական պահանջարկ:

Ատենախոսության կառուցվածքը և նկարագրությունը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացություններից և օգտագործված գրականության ցանկից: Ատենախոսության ընդհանուր ծավալը կազմում է 109 էջ՝ ներառյալ գծապատկերները, նկարներն ու աղյուսակները:

Ներածության մեջ հիմնավորվում է ընտրված թեմայի արդիականությունը՝ անբավարար տեսանելիության (մշուշ, գիշերային պայմաններ) դեպքում ավտոմատացված համակարգերի հուսալիության բարձրացման համատեքստում: Հստակ ձևակերպվում են հետազոտության նպատակն ու լուծման ենթակա հիմնական խնդիրները: Ներկայացվում են նաև աշխատանքի գիտական նորույթը և ստացված արդյունքների գործնական նշանակությունը:

Առաջին գլխում քննարկվում են այն խնդիրները, որոնք առաջանում են իրական պայմաններում ստացված պատկերների անբավարար տեսանելիության պատճառով: Ներկայացվում են մառախուղի հեռացման հիմնական մոդելները և վերջին տարիներին առաջարկված մեթոդաբանական մոտեցումները: Բացատրվում է ցածր լուսավորության պայմաններում պատկերների բարելավման խնդիրը և դրա կապը Ռետինեքսի տեսության հետ: Արժևորվում է մթնոլորտային լույսի տարածական փոփոխականության գնահատման խնդիրը և դրա ազդեցությունը պատկերների վերականգնման որակի վրա: Քննարկվում են հաշվարկային ռեսուրսների սահմանափակումները և բարձր լուծաչափի պատկերների իրական ժամանակում մշակման մարտահրավերները: Ամփոփվում են հետազոտության հիմնական խնդիրը՝ ընդգծելով գիտական և կիրառական նշանակությունը և գրականության վերլուծության և խնդիրների ձևակերպման հիմնական արդյունքները:

Երկրորդ գլխում ներկայացված են մթնոլորտային ցրման ֆիզիկական մոդելը և դրա բայեսյան ձևակերպումը՝ որպես հավանականային շրջանակ պատկերների վերականգնման համար: Քննարկվում են բազմաստիճան նախնական բաշխումները, որոնք ապահովում են մոդելի ընդհանրացումը սինթետիկ տվյալներից դեպի իրական պատկերներ: Բացատրվում է մթնոլորտային լույսի տարածական փոփոխականության գնահատման մեթոդաբանությունը և դրա ազդեցությունը մառախուղի հեռացման որակի վրա: Ներկայացվում է առաջարկվող ցանցային կառուցվածքը և վարիացիոն ինֆերենցիայի մեխանիզմները, որոնք ապահովում են մոդելի արդյունավետ ուսուցում և փորձարկումների արդյունքները՝ համեմատական վերլուծությամբ ժամանակակից մեթոդների հետ: Ամփոփվում են վարիացիոն բայեսյան շրջանակի հիմնական ներդրումները և դրանց կիրառելիությունը իրական պայմաններում:

Երրորդ գլխում ներկայացվում է Ռետինեքսի տեսության խտերատիվ կիրառումը գիշերային պայմաններում և դրա ազդեցությունը պատկերների վերականգնման որակի վրա: Քննարկվում է արհեստական լուսավորության աղբյուրների առաջացնող փայլի տարրալուծման մեխանիզմը և դրա ազդեցության նվազեցման մոտեցումները: Ներկայացվում են մեթոդներ, որոնք միաժամանակ ապահովում են լուսավորության բարելավում և աղմուկի հեռացում՝ բարձր որակի արդյունքների համար և փորձարկումների արդյունքները՝ համեմատական վերլուծությամբ ժամանակակից

մեթոդների հետ: Ամփոփվում են խտերատիվ Ռ-ետինեքսի վրա հիմնված շրջանակի հիմնական ներդրումները և դրանց կիրառելիությունը իրական պայմաններում:

Չորրորդ գլխում ներկայացվում է գիտելիքի դիստիլացիայի նոր մոտեցումը, որտեղ ուսուցման գործընթացում հաշվի է առնվում մոդելի կանխատեսումների անորոշությունը: Քննարկվում է դիստիլացիայի կիրառումը թեթև մոդելների ուսուցման համար, որոնք ապահովում են մառախուղի հեռացումը բարձր արագությամբ: Ներկայացվում է մեթոդաբանությունը, որով դիստիլացիան կիրառվում է ցածր լուսավորության պայմաններում պատկերների բարելավման նպատակով և վերլուծվում են առաջարկված մեթոդների կիրառությունները տարբեր ոլորտներում՝ մեքենաների ավտոնոմ վարման համակարգեր, անվտանգության համակարգեր և աերո-ֆոտո լուսանկարների մշակում: Ներկայացվում է մշակված համակարգի ծրագրային իրագործման մանրամասները և դրա արդյունավետության գնահատումը և ամփոփվում են գիտելիքի դիստիլացիայի մեխանիզմի հիմնական ներդրումները և դրանց կիրառելիությունը լայնածավալ իրական ժամանակի մշակման մեջ:

Ամփոփում

Այս ատենախոսության շրջանակում ուսումնասիրվել են իրական պայմաններում ստացված պատկերների տեսանելիության խնդիրները՝ պայմանավորված մառախուղով և ցածր լուսավորությամբ: Աշխատանքի ընթացքում առաջարկվել են նոր մեթոդաբանական լուծումներ, որոնք համադրում են ֆիզիկապես մոտիվացված մոդելները և ժամանակակից հաշվարկային մոտեցումները:

- Գլուխ 1-ում կատարվել է գրականության քննություն և ձևակերպվել է հետազոտության հիմնական խնդիրը:
- Գլուխ 2-ում մշակվել է վարիացիոն բայեսյան շրջանակ մառախուղի հեռացման համար, որտեղ կիրառվել են բազմաստիճան նախնական հավանականություններ (prior) և տարածական փոփոխական մթնոլորտային լույսի գնահատում:
- Գլուխ 3-ում առաջարկվել է խտերատիվ Ռ-ետինեքսի վրա հիմնված ցածր լուսավորության տեսանելիության վերականգնման մեթոդ (RSD Net), որը ներառում է glow ի ղեկումպոզիցիա և համատեղ պատկերների խտերատիվ բարելավում:
- Գլուխ 4-ում ներկայացվել է գիտելիքի դիստիլացիայի մեխանիզմ, որը հնարավորություն է տալիս ուսուցանել թեթև մոդելներ իրական ժամանակի բարձր լուծաչափի մշակման համար:

Գիտական ներդրումը կայանում է նրանում, որ

1. առաջին անգամ համադրվել են ֆիզիկապես մոտիվացված մոդելները (ASM, Retinex) վարիացիոն բայեսյան ինֆերենցիայի և գիտելիքի դիստիլացիայի մեխանիզմների հետ
2. առաջարկվել են նոր բազմակոմպոնենտ նախնական հավանականություններ (prior) և անորոշությամբ կշռված կորուստի ֆունկցիաներ
3. ապացուցվել է սինթետիկից իրականի ընդհանրացման հնարավորությունը՝ առանց զույգված տվյալների

Կիրառական նշանակությունը

Ատենախոսության շրջանակում ստացված արդյունքներն ունեն շոշափելի գործնական արժեք և կարող են հաջողությամբ լուծել տեսանելիության վերականգնման և ալգորիթմների խափանման խնդիրները հետևյալ կրիտիկական ոլորտներում.

- *Ինքնավար նավիգացիա*. մշակված մոդելները կարող են կանխել ինքնավար մեքենաների ընկալման համակարգերի խափանումները՝ ապահովելով օբյեկտների հուսալի հայտնաբերում խիտ մշուշի կամ գիշերային պայմաններում:
- *Խելացի տեսահսկում*. ալգորիթմները էապես բարձրացնում են անվտանգության տեսախցիկների արդյունավետությունը խիստ ցածր լուսավորության պայմաններում՝ հնարավոր դարձնելով դեմքերի և օբյեկտների ճանաչումը անօգտագործելի թվացող տեսանյութերից:
- *Աերոֆոտոլուսանկարահանում*. մշուշագերծման համակարգը թույլ է տալիս ԱԹՍ-ներով անխափան իրականացնել աերոհանույթ և տարածքի 3D վերակառուցում անգամ անբարենպաստ և մառախլապատ եղանակին:

Մշակված լուծումների գործնական արժեքը հաստատված է՝

- Մառախուղի հեռացման «աշակերտ» մոդելը ներդրվել է «ՕԿՈՒԹ-ԵԶ ՄՊԸ»-ի «AutoWaypoints» օդային ֆոտոգրամետրիայի ավտոմատացման համակարգում:
- Թույլ լուսավորությամբ պատկերների մշակման «աշակերտ» համակարգը ներդրվել է «ԱՅԱՏԵԽ ՄՊԸ»-ի վճարային համակարգերի անվտանգության վերահսկման համակարգում:

Եզրափակիչ գնահատում

Դիսերտացիան ներկայացնում է ամբողջական հետազոտական ցիկլ՝ սկսած խնդրի վերլուծությունից և տեսական մոդելի կառուցումից մինչև իրագործում և կիրառական փորձարկումներ: Առաջարկված մեթոդները հաղթահարում են որակի և արագության միջև եղած հակասությունը՝ ապահովելով գործնական կիրառելիություն իրական ժամանակի և բարձր լուծաչափի պայմաններում:

Հոապարակումներ

Ատենախոսն ունի հրատարակված 4 գիտական աշխատություն, ընդ որում՝ հրատարակությունների ցանկն ընդգրկում է ինչպես հայաստանյան, այնպես էլ միջազգային պարբերականներ:

Առաջարկություններ

- Աշխատանքը կշահեր, եթե դիտարկվեին ստանդարտ RGB-ից բացի այլընտրանքային գունային խողովակներ (channels), ինչպիսիք են ինֆրակարմիրը (IR), մերձինֆրակարմիրը (NIR), կամ գունային այլ տարածություններ (օրինակ՝ LAB, YcbCr կամ HSV), ինչպես նաև պատկերների մշակման գործընթացում նույն տեսարանի մի քանի լուսանկարների (բազմակադրային կամ multi-frame) կիրառման հնարավորության ուսումնասիրությունը՝ որակի բարելավման համար:

- Աշխատանքի արդյունքները կշահեն եթե կատարվեր տարատեսակ հզորությամբ համակարգերի օգտագործման դեպքում մշակման արագության և արդյունքների որակի կախվածության գնահատում: Նման հետազոտությունը կխաթարեր կիրառական ոլորտների շրջանակի ընդլայմանը:

Եզրակացություն

Հաշվի առնելով աշխատանքի գիտական նորույթը, տեսական և փորձարարական արդյունքների հիմնավորվածությունը, արդյունքների գործնական ներդրումը և համապատասխան հրապարակումները, գտնում եմ, որ Ստեփան Վահրամի Բաբայանի ատենախոսությունը բավարարում է Ե13.05 «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությամբ թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակը արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ատենախոսության պաշտոնական ընդդիմախոս՝
տ. գ. թ., ասիստենտ
25 հունիս, 2026թ.



Գ. Վ. Սեֆիլյան

Գ. Վ. Սեֆիլյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝
ՀԱՊՀ գիտական քարտուղար
տ. գ. թ. դոցենտ



Ծ. Ս. Հովհաննիսյան

06.07.26թ.

