



«Երևանի քաղաքի միջոցների ԳՀԻ» ՓԲԸ

Տնօրեն՝

Ք.Է. Լազարյան

«01» հունիս 2026թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Սրբեփան Վահրամի Բաբայանի «Անբավարար տեսանելիության պայմաններում ստացված պատկերների մշակման համակարգ» թեմայով, Ե.13.05 - «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման արենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Ժամանակակից համակարգչային տեսողության և ավտոմատացված վերլուծության համակարգերի զարգացման ներկա փուլում կրիտիկական խնդիր է հանդիսանում անբավարար տեսանելիության (մթնոլորտային մշուշ, մառախուղ, անբավարար և անհամասեռ գիշերային լուսավորություն) պայմաններում պատկերների հուսալի մշակումը: Այս գործոնները տեխնիկական համակարգերի (ինքնավար տրանսպորտային միջոցներ, անվտանգության վերահսկման տեսախցիկներ, անօդաչու թռչող սարքեր) «տեսողության» խափանման հիմնական պատճառներն են իրական պայմաններում: Գոյություն ունեցող խորը ուսուցման մեթոդները հիմնականում ուսուցանվում են սինթետիկ տվյալների հավաքածուների վրա, ինչը հանգեցնում է «սինթետիկից՝ իրական» (synthetic-to-real generalization gap) ընդհանրացման լուրջ խնդրի: Իրական պայմաններում կիրառելիս դրանց ճշգրտությունը կտրուկ անկում է ապրում: Բացի այդ, առկա է որակի և արագագործության միջև խզում (quality-speed gap): Լավագույն մոդելները, որոնք մոտ են սինթետիկ պատկերների վրա սովորելով և իրական պատկերների վրա ընդհանրացմանը, պահանջում են ահռելի հաշվողական ռեսուրսներ, ինչը գործնականում անհնար է դարձնում բարձր չափայնությամբ պատկերների իրական ժամանակում մշակումը: Արդյունքում, բարձր արդյունավետությամբ,

ֆիզիկապես հիմնավորված և իրական ժամանակում աշխատող մշակման համակարգերի նախագծումը դառնում է խիստ արդիական և ունի գործնական պահանջարկ:

Արենախոսական աշխատանքի հիմնական նպատակն է ստեղծել մթնոլորտային մշուշով կամ անբավարար լուսավորությամբ դեգրադացված պատկերների տեսանելիության վերականգնման համապարփակ և արագագործ համակարգ, որը հաջողությամբ կլուծի «սինթետիկ-իրական» ընդհանրացման և «որակ-արագագործություն» խզման հիմնախնդիրները: Նշված նպատակին հասնելու համար դրվել և լուծվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները՝

- Մշակել պատկերների մշուշազերծման բազմամակարդակ վարիացիոն Բայեսյան մոդել, որը կապահովի սինթետիկ տվյալներից իրական պայմանների ընդհանրացում՝ վերացնելով իրական պատկերներով վերապատրաստման անհրաժեշտությունը:
- Մշակել իտերատիվ Retinex դեկոմպոզիցիայի վրա հիմնված գիշերային և թույլ լուսավորությամբ պատկերների բարելավման մոդել՝ արհեստական լույսի աղբյուրների փայլի (glow) առանձնացման և հեռացման մեխանիզմով:
- Մշակել գիտելիքի թորման շրջանակ ֆիզիկապես հիմնավորված հավանականային ուսուցչով մշուշազերծման համար, որն ապահովում է բարձր որակի ալգորիթմների իրական ժամանակում աշխատանքը:
- Մշակել թույլ լուսավորությամբ պատկերների բարելավման համար գիտելիքի թորման անորոշությամբ կշռված նոր կորստի ֆունկցիա, որը թույլ կտա ստանալ խիստ կոմպակտ և արագագործ մոդելներ՝ խնայելով հաշվողական ռեսուրսները և պահպանելով համակարգի արդյունավետությունը:

Ատենախոսական աշխատանքի բովանդակությունը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ընդհանուր եզրակացություններից, գրականության ցանկից: Աշխատանքում տրված է խնդրի համապարփակ լուծումը: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 109 էջ՝ ներառյալ գծապատկերները, նկարներն ու աղյուսակները:

Ներածության մեջ հեղինակի կողմից հանգամանորեն հիմնավորված է ընտրված թեմայի արդիականությունը՝ ժամանակակից համակարգչային տեսողության և ավտոմատացված վերլուծության համակարգերի զարգացման

համատեքստում: Հստակ ձևակերպված են հետազոտության նպատակն ու դրան հասնելու համար առաջադրված և լուծված խնդիրները: Առանձնացված ցույց է տրված ստացված արդյունքների տեսական և կիրառական նշանակությունը:

Գլուխ 1-ում իրականացվել է պատկերների մշուշազերծման և թույլ լուսավորության բարելավման ոլորտի գրականության, մթնոլորտային ցրման մոդելի (ASM) և Retinex տեսության համապարփակ վերլուծություն: Հեղինակը հստակ վերհանել է գոյություն ունեցող խորը ուսուցման մոդելների սահմանափակումները (մասնավորապես սինթետիկ և իրական տվյալների միջև անհամապատասխանությունը) և ձևակերպել աշխատանքի չորս հիմնական հետազոտական խնդիրները:

Գլուխ 2-ում առաջարկվել և մանրամասն նկարագրվել է պատկերների մշուշազերծման բազմամակարդակ վարիացիոն Բայեսյան շրջանակը: Համակարգը, բաղկացած JNet, TNet և ANet ենթացանցերից, մոդելավորում է ASM-ի բոլոր բաղադրիչները: Այս բաժնում մշակվել է եռաբաղադրիչ նախնական հավանականության (prior) մոդել, որն ապահովում է վերակառուցվող պատկերի կառուցվածքային ամբողջականությունը՝ վերացնելով արհեստական աղմուկը և ապահովելով ընդհանրացում իրական տվյալների (O-Haze, NH-Haze) վրա առանց դրանցով նախապես ուսուցանվելու:

Գլուխ 3-ում հեղինակը ներկայացրել է գիշերային և թույլ լուսավորությամբ պատկերների բարելավման RSD-Net համակարգը: Մանրամասն նկարագրվել է գիշերային պատկերների դեգրադացիայի եռակի բնույթը (թերլուսավորում, աղմուկ և լույսի արհեստական աղբյուրների փայլ): Մշակվել է իտերատիվ Retinex դեկոմպոզիցիայի նոր ճարտարապետություն՝ արհեստական լույսի փայլի հեռացման նոր, վերահսկվող (DeGlow) մոդուլով:

Գլուխ 4-ը նվիրված է ստացված «ուսուցիչ» (Teacher) մոդելների արագագործության խնդրի լուծմանը՝ գիտելիքի թորման (Knowledge Distillation) և EfficientViT ճարտարապետության կիրառմամբ: Հեղինակը մշակել է ֆիզիկապես հիմնավորված, անորոշությամբ կշռված (uncertainty-weighted) գիտելիքի թորման նորարարական ալգորիթմ: Այն թույլ է տվել ստանալ կոմպակտ «ուսանող» (Student) մոդելներ, որոնք ապահովում են իրական ժամանակի աշխատանք (մինչև 479 FPS, 512 լուծաչափով պատկերների և 76 FPS՝ 4K լուծաչափով պատկերների համար)՝ գրեթե լիովին պահպանելով բազային մոդելների որակը և ընդհանրացման հատկությունները:

Եզրահանգումը բխում է փորձարարական արդյունքներից և լրիվ համահունչ է այն մոտեցումներին, դրույթներին ու մեթոդներին, որոնք ներկայացվել են ատենախոսության մեջ:

Արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունն ապացուցված է գիտափորձարարական և բանաձևային հիմնավորումներով:

Ատենախոսության գիտական արդյունքների նորույթը

- Մշակվել է բազմամակարդակ վարիացիոն Բայեսյան շրջանակ՝ պատկերների մշուշազերծման համար, որն առաջինն է գրականության մեջ, որ Բայեսյան միասնական համակարգում մոդելավորում է մթնոլորտային ցրման մոդելի (ASM) բոլոր բաղադրիչները՝ ապահովելով բարձր ընդհանրացում սինթետիկից իրական տվյալների վրա առանց իրական պատկերներով ուսուցման անհրաժեշտության:
- Առաջարկվել է նոր, իտերատիվ Retinex դեկոմպոզիցիայի ճարտարապետություն՝ արհեստական լույսի մշակման (DeGlow) առաջին վերահսկվող մոդուլով, որը նախապես և հստակ առանձնացնում է արհեստական լույսի աղբյուրների փայլը բուն պատկերից:
- Մշակվել է նոր, ֆիզիկապես հիմնավորված գիտելիքի թորման շրջանակ՝ հավանականային ուսուցչով մշուշազերծման համար, որն ինտեգրում է Կուլբակ-Լեյբերի տարամիտության կորստի ֆունկցիան և ապահովում տարածականորեն անհամասեռ լուսավորության գնահատում:
- Առաջարկվել է գիտելիքի թորման նոր, $1 / \sigma^2(x)$ գործակցով կշռվող կորստի ֆունկցիա, թույլ լուսավորությամբ պատկերների բարելավման համար, որն անալիտիկորեն ստացվում է Retinex մոտեցման լուսավորության կոմպոնենտների հարաբերակցությունից՝ ապահովելով օպտիմիզացիայի գրադիենտի կենտրոնացում վստահելի պիքսելների վրա:

Աշխատանքում ներկայացվում են հետևյալ հիմնական դրույթները

- Պատկերներից, «սինթետիկից-իրական» ընդհանրացմամբ, մառախուղի հեռացման համար մշակված վարիացիոն Բայեսիան շրջանակը:
- Մութ պատկերների լուսավորման համար մշակված իտերատիվ ճարտարապետությամբ շրջանակը՝ արհեստական լույսի աղբյուրների հեռացման մոդուլով:
- Մառախուղի հեռացման համար մշակված ֆիզիկական և հավանականային գիտելիքների թորման եղանակը:

- Մուֆ պատկերների լուսավորման համար մշակված, անորոշության գործակցով գիտելիքների թորման եղանակը:

Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը

- Մշուշագերծման համակարգը ինտեգրվել է «ՕԿՈՒԹԵՔ ՍՊԸ»-ի «AutoWaypoints» օդային ֆոտոգրամետրիայի ավտոմատացման հարթակում՝ թույլ տալով «ՕԿՈՒԹԵՔ ՍՊԸ»-ի ձեռնարկություն հանդիսացող օգտատերերին իրականացնել փորձարկումները մառախլապատ եղանակին:
- Թույլ լուսավորության բարելավման մոդելը ներդրվել է «ԱՅԱՏԵԽ ՍՊԸ» ընկերության անվտանգության համակարգերում, թույլ տալով իրականացնել ընկերության՝ դրսում տեղադրվող վճարային համակարգերի մոտակա տարածքների անվտանգության գիշերային վերահսկում:

Հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են հեղինակի 4 գիտական աշխատանքներում: Սեղմագիրը լիովին համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական բովանդակությունը:

Նկատված թերությունները

Բարձր գնահատելով ատենախոսական աշխատանքի գիտական և կիրառական մակարդակը, հարկ ենք համարում նշել հետևյալ նկատառումները և թերությունները

1. Աշխատանքում մշակված «ուսուցիչ» (Teacher) մոդելների նախնական ուսուցումը (ինչպես նշվում է գլուխ 2-ում և 3-ում) ամբողջությամբ իրականացվել է սինթետիկ տվյալների հավաքածուների վրա (օրինակ՝ Haze4K և LOLv2-Synthetic): Թեև հեղինակը հաջողությամբ լուծել է ընդհանրացման խնդիրը և ցուցադրել համակարգի արդյունավետությունը իրական տվյալների վրա, մեթոդաբանությունը կարող էր ավելի շահել, եթե հետազոտվեին նաև չվերահսկվող (unsupervised) կամ ինքնավերահսկվող (self-supervised) հարմարեցման (domain adaptation) ալգորիթմներ՝ անմիջապես իրական ռեժիմից հավաքագրվող տվյալների հոսքի վրա համակարգը շարունակաբար վերապատրաստելու համար:
2. Թույլ լուսավորությամբ պատկերների բարելավման համար նախատեսված RSD-Net ճարտարապետությունը (գլուխ 3) ունի բավականին բարդ, բազմափուլ կառուցվածք՝ DeGlow մոդուլ, երկու Retinex դեկոմպոզիցիա, համատեղ

բարելավման և ուշադրության (attention) մեխանիզմներ: Չնայած 4-րդ գլխում գիտելիքի թորման միջոցով հեղինակը լուծում է արագագործության խնդիրը, ցանկալի կլիներ աշխատանքում տեսնել նաև բարդ RSD-Net բազային ցանցի էներգասպառման և հիշողության պահանջների (memory footprint) ավելի մանրամասն պրոֆիլավորում, ինչը կարևոր է նման «ուսուցիչ» մոդելի ուսուցման հարմարությունը, ինչպես նաև այն անմիջապես ինքնավար սարքերում ներդնելու նպատակահարմարությունը գնահատելու համար:

3. Որպես ստացված արդյունքների հաջողության կիրառական չափանիշ, աշխատանքում հիմնականում դիտարկվում են 2D օբյեկտների հայտնաբերման խնդիրները (YOLOv8n և YOLO-face ալգորիթմներով): Քանի որ աշխատանքի արդյունքները ուղղված են ինքնավար տրանսպորտային միջոցներին և անօդաչու թռչող սարքերին, ուսումնասիրության գիտական և պրակտիկ արժեքն էապես կբարձրանար, եթե փորձարարական արդյունքների բաժնում գնահատվեր նաև առաջարկվող ալգորիթմների ազդեցությունը խորության քարտեզի գնահատման (3D depth estimation), օպտիկական հոսքի (optical flow) կամ SLAM համակարգերի (Simultaneous Localization and Mapping) վերջնական ճշգրտության վրա:

Սակայն նշված դիտողությունները չեն ստվերում Ստեփան Բաբայանի կատարած աշխատանքը, որը արդիական է իր էությամբ և կիրառական նշանակությամբ:

Եզրակացություն

Ստեփան Բաբայանի «Անբավարար տեսանելիության պայմաններում ստացված պատկերների մշակման համակարգ» թեմայով թեկնածուականատենախոսությունն ավարտուն աշխատանք է, որն ունի ամբողջական տեսք, զգալի գործնական արժեք և կատարված է պատշաճ գիտական մակարդակով: Ատենախոսությունն իր ծավալով, գիտական մակարդակով և ձևակերպմամբ լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԿԳՄՍՆ բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի կողմից թեկնածուականատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, բովանդակությամբ համապատասխանում Ե.13.05 - «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությանը, իսկ հեղինակն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ատենախոսությունը զեկուցվել, մանրամասն քննարկվել և հավանության է արժանացել «Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտ» ՓԲԸ-ի 2026թ. հունիսի 30-ին կայացած գիտական սեմինարում: Ներկա էին՝ 8 անձ՝ տ.գ.դ. Մ.Մարկոսյանը, տ.գ.թ. Ա.Ահարոնյանը, գլխավոր ինժեներ Հ.Մարտիրոսյանը, բաժնի վարիչ Ֆ.Տեր-Չաքարյանը, լաբ. վարիչ Ա.Զարգարյանը, առաջատար ճարտարագետ Լ.Մանուչարյանը, ճարտարագետներ Ա. Կայծակովը, Ա. Մակարյանը:

ԵրԿՄԳՀԻ-ի գիտխորհրդի նախագահ,
տ.գ.դ., պրոֆեսոր՝

Մ. Մարկոսյան

Գիտական քարտուղար՝

Ա. Մակարյան

Ստորագրությունները հաստատում եմ

Կազմակերպության կադրերի բաժնի վարիչ՝



Ի. Վանդունց