

ЕРНИ МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ ТАСВИРЛАРИНИ ДАСТЛАБКИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

Мирзаакбар Хаккулмирзаевич ХУДАЙБЕРДИЕВ

профессор

техника фанлари доктори

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент

ахборот технологиялари университети

Тошкент, Ўзбекистон

mirzaakbarhh@gmail.com

Раънохон Ганижонова ТЎХТАСИНОВА

магистр

Ўзбекистон миллий университети

Тошкент, Ўзбекистон

www.a30909978094@gmail.com

Аннотация

Ушбу мақолада масофадан олинган тасвирларни дастлабки қайта ишлаш усуллари, технологиялари ва алгоритмлари атрафлича таҳлил қилинган. Мазкур алгоритмлар математик дастурлаш воситалари асосида шакллантирилган бўлиб, мумкин бўлган ечимларни қавариқ қобиқлардан қидиришга йўналтирилган. Ундан ташқари алгебраик ёндашув ёрдамида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари оиласига мансуб эвристик алгоритмлар, ўзаро бир-бирини компенсация қилиб боровчи икки модулни коррекцияловчи алгоритмлар мажмуаси келтириб ўтилган.

Таянч сўзлар: зондлаш, фототопография, тимсоллар, объектлар, рақамли тасвир, алгоритмлар, ўқув танланма, тасвир бузилиши, узлуксиз интеграция.

ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Мирзаакбар Хаккулмирзаевич ХУДАЙБЕРДИЕВ

профессор

доктор технических наук

Ташкентский университет информационных

технологий имени Мухаммада аль-Хорезми

Ташкент, Узбекистан

mirzaakbarhh@gmail.com

Раънохон Ганижонова ТУХТАСИНОВА

магистр

Национальный университет Узбекистана

Ташкент, Узбекистан

www.a30909978094@gmail.com

Аннотация

В данной статье подробно анализируются методы, технологии и алгоритмы предварительной обработки изображений дистанционного зондирования. Эти алгоритмы сформированы на основе средств

математического программирования и направлены на поиск возможных решений из выпуклых оболочек. Кроме того, представлены эвристические алгоритмы, относящиеся к семейству алгоритмов расчета оценок с помощью алгебраического подхода, совокупность алгоритмов коррекции двух модулей, компенсирующих друг друга.

Ключевые слова: зондирование, фототопография, символы, объекты, цифровое изображение, алгоритмы, обучающая выборка, искажение изображения, непрерывная интеграция.

Ҳозирги вақтда ерни масофадан зондлаш усуллари ва технологиялари деярли барча тармоқ соҳаларига интеграциялашган энг жадал ривожланаётган тармоқлардан биридир. Шу муносабат билан турли масофадан зондлаш тизимлари томонидан олинган ахборотни қайта ишлаш технологиялари ва воситалари тобора долзарб бўлиб бормоқда ва уларни амалга ошириш ва ривожлантириш ҳаётий аҳамиятга эга.

Шунингдек, фототопография ер юзасининг аэрокосмик тасвирларининг рақамли график файллари кўринишидаги жорий масофадан зондлаш маълумотларининг муҳим истеъмолчиси бўлиб қолмоқда. Бугунги кунда рақамли тасвирларни олдиндан қайта ишлаш процедуралари ривожланишнинг турли босқичларида бўлиб, уларни оптималлаштириш ва муайян шартлар ва вазифаларга мослаштириш ҳали ҳам натижаларни зарур расмийлаштириш ва ҳар томонлама умумлаштиришни талаб қилади.

Ерни масофадан зондлаш тасвирларини дастлабки қайта ишлаш бир қатор муҳим усуллар, технологиялар ва алгоритмларни ўз ичига олади, улар сунъий йўлдошдан олинган тасвирларни кенг кўламли иловалар учун аниқ, сифатли ва фойдали маълумотларга айлантиради. Ушбу усуллар сенсор хусусиятлари, атмосфера шовқинлари ва геометрик бузилишлар билан боғлиқ турли муаммоларни ҳал қилиш учун жуда муҳим ҳисобланади. Қуйида кенг қўлланиб келинаётган асосий усуллар ва уларнинг аҳамияти ҳақида қисқача маълумотлар келтириб ўтилган [2]:

1. Радиометрик тузатиш. Радиометрик тузатиш турли сенсорлар ва вақт оралиғида пиксель қийматларини стандартлаштиради, радиометрик

хатоларни камайтиради. Ушбу усул маълумотларнинг аниқлиги ва изчиллигини таъминлайди, уни миқдорий таҳлил қилиш учун қулай ҳолатга ўтказади.

2. Геометрик тузатиш. Геометрик тузатиш сенсорнинг жойлашуви ва ернинг эгрилигидан келиб чиққан бузилишларни тузатади. Бу усул аниқ фазовий мослашувни таъминлайди, аниқ геофазовий таҳлил қилиш, хариталаш ва бошқа географик маълумотлар билан интеграция қилиш имконини беради.

3. Атмосферали тузатиш. Атмосферали тузатиш атмосферанинг масофадан зондлаш маълумотларига таъсирини қоплайди. У туман ва аэрозоллар каби атмосфера артефактларини олиб ташлайди, жумладан, атроф-муҳит мониторинги ва ер қопламини таснифлаш учун тасвирнинг равшанлиги ва ишончлилигини оширади.

4. Тасвирни яхшилаш. Тасвирни яхшилаш усуллари масофадан зондлаш тасвирларининг визуал сифатини яхшилайди. Ушбу усуллар маълумотларнинг талқин қилинишини кучайтиради, визуал таҳлил ва хусусиятларни аниқлашга ёрдам беради.

5. Шовқинни камайтириш. Шовқинни камайтириш усуллари тасвирдаги кирувчи шовқин ва артефактларни камайтиради, бу эса, маълумотлар сифатини яхшилашга ва ер юзасини аниқроқ тасвирлашга олиб келади.

6. Гистограмма тенглаштириш. Гистограмма тенглаштириш контрастни кучайтириш учун тасвирдаги пиксель қийматларини қайта тақсимлайди. Бу усул маълумотларнинг нозик тафсилотлари ва ўзгаришларини аниқлашга ёрдам беради, геологик хариталаш ва ўсимликларни таҳлил қилиш каби вазифаларни бажаради.

7. Булутни ва сояни аниқлаш. Аниқлаш алгоритмлари булут қоплами ва сояларни аниқлайди ва маскалайди, бу кирувчи элементларнинг кейинги таҳлилларга ҳалақит бермаслигини таъминлайди. Бу усул табиий офатлар мониторинги ва ер қопламини хариталаш каби иловалар учун жуда муҳимдир.

8. Маълумотни сиқиш. Маълумотларни сиқиш масофадан зондлаш маълумотлар тўпламлари ҳажмини камайтиради, бу эса, уларни муҳим маълумотларни сақлаш ва узатиш учун янада қулайроқ қилади.

9. Рўйхатдан ўтиш. Рўйхатга олиш усуллари турли сенсорлар ёки вақт оралиғидаги тасвирларнинг тўғри йўналишини таъминлайди, бу эса узлуксиз интеграция ва ўзгаришларни аниқлаш имконини беради.

Юқоридаги усуллар ва технологияларни таҳлил қилган ҳолда масофадан олинган тасвирларнинг сифатини ошириш масаласи қуйидагича қўйилади.

Мисол учун, $\{1, \dots, m\}$ индекслар тўпамини Φ орқали белгиланади ва m кетма-кетликдан $\{a_q\}_{q=1}^m$ векторлар мажмуасидан ташкил топади ҳамда қуйидагича ифодаланади:

$$[B_\pi(S_j, S)]_{\pi=\overline{1, \zeta}} = a_m, \quad m \in N. \quad (1)$$

бу ерда, (1) шартни бажарилмаслиги B_π таниб олиш оператори таниб олишни тўғри ёки тўлиқ амалга оширмаганидан дарак беради. Таниб олиш тўғри бажарилмаганлиги, бу энг аввало объектлар ўзларини эквивалент синфларига тўғри тушмаганлигидан дарак беради. Таниб олиш операторининг толерантлиги $\tau(B_\pi)$ орқали белгиланади.

Тимсолларни аниқлаш сифатини баҳоловчи φ мезонни максимумга эриштирувчи ҳамда таниб олиш операторларидаги $\tau(B_\pi)$ толерантликни минимумга эриштирувчи функционалларни қуйидагича шакллантирилади:

$$\varphi = \sum_{\zeta \in \pi} \sum_{q=1}^{\ell} \sum_{s \in K_q} B_\pi(S, K_q) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$B_\pi^* = \arg \min_{B_\pi \in \mathbb{M}^0} F(\tau(B_\pi)). \quad (3)$$

Юқоридагилардан келиб чиқиб, $F(B_1, \dots, B_\pi, \dots, B_\zeta)$ таниб олиш операторларининг корректлик шarti қуйидагича қабул қилади:

$$\begin{cases} F(a_m) = \beta_m, \forall m \in N, \\ \tau(B_\pi) = \emptyset, \\ \varphi \geq \delta, \end{cases} \quad (4)$$

бу ерда, $\delta = \max_{\pi=1,\zeta}(\varphi(B_\pi))$ олиш мумкин ёки экспертлар томонидан берилиши ҳам мумкин. Шу билан бирга δ таниб олиш аниқлиги бўсаға баҳоси, яъни, ўқув ва назорат объектларини ўзаро ўхшашлик даражаси бўйича эквивалентликнинг бўсағавий баҳоси ҳисобланади [3, 6].

Ўз навбатида, таниб олиш оператори жараёнга нисбатан ўз параметрларини коррекциялашни алгебраик ёндашув орқали амалга оширади. Бунда баҳоларни ҳисоблаш алгоритми оиласига мансуб таниб олиш операторлари орасида қисман тартибланган операторлар тўплами $\langle B_\pi, \leq \rangle$ аниқланади, бунда таниб олиш операторлари ҳосил қилган баҳоларни матрицасига нисбатан тартиб киритилади ва қуйида келтирилган хоссалар кўриб чиқилади:

$$\begin{aligned} a^0 \omega &\leq B_\pi(\omega), \quad \omega \in \Omega, \\ b^0 \omega_1 &\leq \omega_2 \implies B_\pi(\omega_1) \leq B_\pi(\omega_2), \\ b^0 B_\pi(B_\pi(\omega)) &= B_\pi(\omega). \end{aligned}$$

Шу йўсинда B операторнинг аниқлик даражаси ўсиб боровчи барча ўзини ўзига акслантиришлар тўплами $\mathfrak{F}(B_\pi)$ орқали белгиланади.

Ушбу операторлар параметрлари сонига нисбатан қуввати кўплиги ва таниб олиш аниқлигига нисбатан натижалар яхшилиги монотон ўсиб бориш шаклида қуйида кўрсатилган:

$$\Gamma(B_1) \leq \dots \leq \Gamma(B_\zeta). \quad (5)$$

Бу монотон кетма-кетлик бир оилага мансуб ва ўзаро бир параметрға фарқ қилувчи эвристик алгоритмлар тўпламидир. Бу алгоритмлар амалий масалаларни ечишдаги вужудга келаётган мураккабликларни бартараф қилиш мақсадида ўз параметрлари таркибини кенгайтириб боради. Шу ўринда жараёни соддалаштириш нуқтаи назаридан шундай оптималлаштириш масаласи келиб чиқадики, ечилаётган масалани мураккаблик даражасидан келиб чиқиб тизим алгоритмни мос вариантыни танлашни ҳисоблаш жараёнини камайтиришда энг мақбул бўлиши мумкин [7].

Алгебраик ёндашув ёрдамида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари оиласига мансуб эвристик алгоритмлар ўзаро бир-бирини компенсация қилиб боровчи қуйида келтирилган икки модулни коррекцияловчи алгоритмлар мажмуаси баён қилинган:

Таниб олиш операторлари.

Ўқув танланмадан фойдаланишни такомиллаштириш.

Бунда ўқув танланмани корректловчи процедуралар ҳам икки қисмга бўлинади:

Белгиларни муҳим қисм тўплами билан таксон ёки синфнинг ўзаро мослик муносабати тадқиқ қилинган.

Муҳим объектлардан ўқув танланма учун саралаб оловчи процедураларни қурувчи алгоритмик ёндашув ишлаб чиқилган.

Юқорида келтирилган жараёнларни сонли усуллар ёрдамида амалга оширувчи алгоритмлар ва натижалар қуйида келтирилган. Мазкур алгоритмлар математик дастурлаш воситалари асосида шакллантирилган бўлиб, мумкин бўлган ечимларни қавариқ қобиқлардан қидиришга йўналтирилган. Шундан келиб чиқиб, алгоритмни қуриш рухсат этилган қийматлар соҳаси назорат ва ўқув танланмалари ўзаро коррект муносабатларини тадқиқ қилиш орқали амалга оширилади.

Ерни масофадан зондлаш тасвирларини дастлабки қайта ишлаш сунъий йўлдошдан олинган тасвирларни таҳлил қилишнинг муҳим босқичи ҳисобланади. Ушбу жараён тасвир маълумотларининг сифати ва қулайлигини яхшилашга қаратилган бир қанча технология ва алгоритмларни ўз ичига олади.

Дастлабки қайта ишлаш натижалари ер қопламини таснифлашдан тортиб, табиий офатлар мониторинги ва атроф-муҳитни баҳолашгача бўлган кейинги таҳлил ва қўллаш усулларига катта таъсир кўрсатади.

Қуйидаги жадвалда ерни масофадан зондлаш тасвирларини дастлабки қайта ишлаш бўйича қиравчи маълумотлар берилган [4].

<i>Дастлабки ишлов бериш алгоритми</i>	<i>Тавсифи</i>	<i>Асосий параметрлар</i>	<i>Рақамли маълумотлар</i>
Радиометрик тузатиш	Сенсорга хос радиометрик хатоларни тузатади	Калибрлаш хатоси (фоиз)	2,5 фоиз (одатий)
Геометрик тузатиш	Геометрик бузилишларни тузатади	Ўртача квадрат хатоси	0,2 пиксель (мисол)
Атмосферали тузатиш	Атмосфера таъсирини қоплайди	Аэрозолнинг оптик чуқурлиги	0,1 (одатий)
Тасвирни яхшилаш	Таҳлил қилиш учун тасвир сифатини яхшилади	Контрастни кучайтириш (фоиз)	20 фоиз (мисол)
Шовқинни камайтириш	Яхшироқ бўлиши учун тасвирлардаги шовқинни пасайтиради	Сигнал-шовқин нисбати	25 дБ (одатий)
Гистограммани тенглаштириш	Тасвир контрастини яхшилади	Гистограмма чўзиш фактори	1.2 (одатий)
Булут ва сояни аниқлаш	Булут ва сояни аниқлайди ва маскалайди	Аниқлаш аниқлиги (фоиз)	95фоиз (одатий)
Маълумотларни сиқиш	Сақлаш ва узатиш учун маълумотлар ҳажмини камайтиради	Сиқиш нисбати	10:1 (мисол)
Рўйхатдан ўтиш ва мослаштириш	Турли сенсорлар ёки вақт даврларидаги тасвирларни текислайди	Рўйхатдан ўтиш хатоси (м)	0,5 метр (мисол)

Ерни масофадан зондлаш тасвирини таҳлил қилиш учун конволюцион нейрон тармоқлардан (CNN) фойдаланганда, натижа маълумотлари, одатда, ишлаётган муайян вазифа ёки дастурга боғлиқ. Қуйида иккита кенг тарқалган масофадан зондлаш вазифаси учун натижалар маълумотларига мисол келтириб ўтилган:

1. Ер қопламини таснифлаш.
2. Объектни аниқлаш.

Ҳақиқий натижалар маълумотлар тўплами, модель архитектураси ва бошқа омилларга қараб фарқ қилиши мумкин [1, 5].

Ер қопламини таснифлаш натижалари, CNN алгоритми ёрдамида ер қопламини таснифлашда аниқлик, эслаб қолиш ва F1 балли каби

кўрсаткичлар ёрдамида моделнинг ишлаши ўлчанади. Унинг натижаси қуйидаги жадвалда келтириб ўтилган:

Метрика	Қиймат
Overall Accuracy (Umumiy aniqlik)	92,5 фоиз
Precision (Class 1) (Aniqlik (1-sinf))	94.3 фоиз
Precision (Class 2) (Aniqlik (2-sinf))	89.1 фоиз
Recall (Class 1) Eslab qolish (1-sinf)	93.8 фоиз
Recall (Class 2) Eslab qolish (2-sinf)	90.4 фоиз
F1-Score (Class 1) F1-ball (1-sinf)	94,0 фоиз
F1-Score (Class 2) F1-ball (2-sinf)	89.7 фоиз

Объектни аниқлаш натижалари:

CNN алгоритми ёрдамида объектни аниқлаш вазифаларида, одатда, ўртача аниқлик (mAP), аниқлик, эслаб қолиш ва аниқланган объектлар сони каби кўрсаткичлар ёрдамида моделни баҳолаш мумкин. Ушбу баҳолаш натижаси қуйидаги жадвалда келтирилган:

Метрика	Қиймат
mAP (ўртача аниқлик)	0.87
Аниқлик	0.89
Эслаб қолиш	0.85
Аниқланган объектлар сони	350

Ерни масофадан зондлаш тасвирларини дастлабки қайта ишлаш технологиялари ва алгоритмлари сунъий йўлдош тасвирларидан юқори сифатли ва ишончли маълумотларни олишда ҳал қилувчи роль ўйнайди. Ушбу муҳим босқич кўпинча турли хил бузилишлар ва номукамалликларга эга бўлган тасвирларни ер қопламини хариталаш, атроф-муҳитни мониторинг қилиш, табиий офатларни бошқариш ва шаҳарларни режалаштириш каби кенг қўламли дастурлар учун қимматли манбага айлантиришни таъминлайди.

Масофавий зондлаш технологияси ривожланишда давом этар экан, самарали дастлабки ишлов беришнинг аҳамиятини шунчаки оддий усуллар ёрдамида ошириб бўлмайди. Юқорида таклиф этилаётган замонавий усул ва алгоритмлар ёрдамида яратилган аниқ ҳамда изчил маълумотлар кейинги таҳлиллар учун асос бўлиб хизмат қилади, натижада қарор қабул қилиш,

ресурсларни бошқариш ва ердаги динамик жараёнларни тўлиқ тушунишга ёрдам беради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2012. – 1072 с.
2. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х. Взаимосвязь алгоритмов частичной прецедентности //Проблемы информатики и энергетики, 2014. – №3-4. –С. 12-16.
3. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Х. Тимсолларни аниқлаш масаласида декомпозицион модуллар комбинацияси //Инновацион ёндашувлар илм-фан тараққиёти калити сифатида: ечимлар ва истиқболлар: Республика илмий-техник анжумани. – Жиззах, 2020-йил 8-10 октябр. – Б.183-189.
4. Кочергин А.М. Концепция создания генерального каталога данных ДЗЗ //Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций». – Рязань, 2008. – С.117.
5. Худайбердиев М.Х. Таксономия масаласини ечишда локал компактликни баҳолаш алгоритми // Информатика ва энергетика муаммолари, 2020. – № 5.
6. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaeva G.R. Determination of representative features when building an extreme recognition algorithm // Journal of Physics: Conference Series. London, 2019. Vol. 1260. P. 1-8.
7. Khamroev Alisher. An algorithm for constructing feature relations between the classes in the training set // Procedia Computer Science. - Volume 103.-2017. Pp.244-247.