

Дәріс атауы: Ғарыштық суреттерді жіктеудің (классификация) жұмыс процестері

Мақсаты:

Сабақтың мақсаты — студенттерге ғарыштық суреттерді классификациялау үдерісін, оның негізгі кезеңдері мен әдістерін, сондай-ақ машиналық оқыту алгоритмдерінің (Random Forest, SVM, MLC) ЖҚЗ деректерінде қолданылуын түсіндіру. Сонымен қатар, классификация дәлдігін арттыру тәсілдері мен қателік матрицасы арқылы бағалау әдістерін меңгерту.

Негізгі сұрақтар:

1. Ғарыштық суреттерді классификациялаудың мәні мен мақсаты қандай?
2. Классификация процесі қандай негізгі кезеңдерден тұрады?
3. Бақыланатын және бақыланбайтын классификацияның айырмашылығы неде?
4. Классификацияның дәлдігін арттыру үшін қандай индекстер қолданылады?
5. OBIA әдісінің ерекшелігі қандай?
6. Қателік матрицасы арқылы классификацияның сапасы қалай бағаланады?
7. ArcGIS Pro және Google Earth Engine платформаларында классификация қалай орындалады?
8. Классификация нәтижелерін экологиялық мониторингте қалай қолдануға болады?

Қысқаша тезис:

Ғарыштық суреттерді классификациялау – бұл Жердің беткі қабатындағы әртүрлі нысандарды (өсімдік жамылғысы, су, топырақ, урбанизация және т.б.) олардың спектрлік, радиометриялық және құрылымдық сипаттамаларына қарай автоматты түрде анықтау және жіктеу үдерісі.

Классификацияның негізгі мақсаты – тақырыптық карталар құру және табиғи немесе антропогендік процестердің кеңістіктік-уақыттық заңдылықтарын айқындау.

Қазіргі таңда кеңінен қолданылатын ДЗЗ және ГАЖ платформалары – *ArcGIS*, *QGIS*, *ERDAS Imagine*, *ENVI*, *Google Earth Engine* – суреттерді өңдеуден бастап талдау мен визуализацияға дейінгі барлық кезеңдерді автоматтандыруға мүмкіндік береді.

2. Классификацияның негізгі кезеңдері

2.1. Дайындық кезеңі

Бұл кезеңде деректер жиналып, алдын ала өңделеді:

- Дереккөздерді таңдау: *Landsat*, *Sentinel*, *MODIS*, *PlanetScope* және т.б.
- Суреттерді жүктеу: маусымдық және бұлттылығы төмен кезеңдер үшін.
- Алдын ала өңдеу:
 - Геометриялық түзету (жер бедері мен орнын сәйкестендіру).
 - Радиометриялық түзету (жарық қарқындылығын теңестіру).
 - Атмосфералық түзету (*Sen2Cor*, *LaSRC* модульдері).
- Мозайкалау және AOI (Area of Interest) шекарасы бойынша қию.

Бұл қадам дұрыс орындалса, кейінгі классификацияның дәлдігі айтарлықтай жоғарылайды.

2.2. Оқу және бақылау жиындарын құру

Бақыланатын (супервизиялы) классификацияны орындау үшін оқыту полигондары дайындалады — яғни жердің нақты жамылғы түрі белгілі нүктелер.

Деректердің көзі болуы мүмкін:

- Далалық зерттеу нәтижелері;

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

8-дәріс

- Жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы суреттер;
- Бар тақырыптық карталар мен кадастрлық деректер.

Содан кейін мәліметтер екіге бөлінеді:

- Оқыту жиыны (Training set) — алгоритмді үйрету үшін;
- Бақылау жиыны (Validation set) — алынған нәтижені тексеру үшін.

2.3. Индекстер мен белгілерді есептеу

Классификация сапасын арттыру үшін қосымша спектрлік және туынды көрсеткіштер есептеледі:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – өсімдік жамылғысының индексі;
 - MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) – су айдындарын анықтау;
 - BSI (Bare Soil Index) – ашық топырақ индексы;
 - SAVI, EVI, NDSI, NDRE – қосымша индекстер.
 - ЦМР негізіндегі морфометриялық параметрлер: еңіс, экспозиция, биіктік, қисаю.
- Бұл индекстер объектілерді ажырату қабілетін арттырады және қателіктерді азайтады.

3. Классификация әдістері

3.1. Бақыланатын (супервизиялы) классификация

Алдын ала белгілі сыныптар бойынша жүргізіледі.

Негізгі алгоритмдер:

- *Maximum Likelihood (MLC)* – ықтималдық үлгісі негізінде;
- *Random Forest (RF)* – шешім ағаштарына негізделген ансамбльдік әдіс;
- *Support Vector Machine (SVM)* – тірек векторлар әдісі;
- *Gradient Boosting, CART, Decision Tree*.

Артықшылықтары: жоғары дәлдік, көпфакторлы талдау мүмкіндігі.

Кемшіліктері: сапалы оқу деректерін қажет етеді.

3.2. Бақыланбайтын (супервизиясыз) классификация

Бұл әдісте алгоритм объектілерді автоматты түрде ұқсастық белгілері бойынша топтастырады:

- *K-Means (k-орташа)*;
- *ISODATA (өзін-өзі ұйымдастыру алгоритмі)*.

Әдетте бұл тәсіл алдын ала барлау және талдау мақсатында қолданылады.

3.3. Объектіге бағытталған классификация (OBIA)

Қазіргі заманғы әдіс, мұнда классификация пиксель бойынша емес, объект бойынша жүзеге асады.

Кезеңдері:

- Сегментация – суретті біртекті аймақтарға бөлу;
- Спектрлік, текстуралық және геометриялық белгілерді анықтау;
- RF, SVM сияқты классификаторларды қолдану.

Бұл тәсіл кеңістіктік ажыратымдылығы жоғары суреттермен (0,5–2 м) тиімді жұмыс істейді.

4. Нәтижелерді өңдеу және дәлдігін бағалау

4.1. Постөңдеу

- Шу мен артефактілерді сүзу;
- Ұсақ аймақтарды біріктіру (реклассификация);
- Маскалар құру (бұлт, көлеңке, су);

- Растрлық нәтижелерді вектор түріне түрлендіру.

4.2. Дәлдік бағалау

Қателік матрицасы (Confusion Matrix) арқылы анықталады.

Негізгі көрсеткіштер:

- Overall Accuracy (OA) – жалпы дәлдік;
- Карра (κ) – келісім коэффициенті;
- Producer's Accuracy / User's Accuracy – өндіруші және пайдаланушы дәлдігі.

Ұсынылатын шектер: $OA \geq 85\%$, $\kappa \geq 0.75$.

5. Классификация нәтижелерін қолдану салалары

Ғарыштық суреттердің классификациясы келесі бағыттарда кеңінен қолданылады:

- Жер деградациясы мен шөлдену процестерін мониторингілеу;
- Ауыл шаруашылығы егістіктерінің жағдайын бағалау;
- Су ресурстары мен ирригациялық жүйелерді бақылау;
- Қалалық және өнеркәсіптік аумақтарды картаға түсіру;
- Жер пайдаланудың динамикасын және климаттық өзгерістерді талдау.

ArcGIS Pro және Google Earth Engine платформалары кеңістіктік-уақыттық динамиканы автоматты түрде бақылауға мүмкіндік береді.

6. Қорытынды

Ғарыштық деректерді классификациялау – бұл табиғи ресурстарды басқару мен мониторингтің негізгі құралы. Машиналық оқыту мен ГАЖ технологияларының үйлесімі жоғары дәлдікті, жедел және объективті нәтижелер алуға мүмкіндік береді.

Болашақта бұл сала жасанды интеллект, терең оқыту (Deep Learning) және жерүсті бақылау деректерімен интеграциялау бағытында дамиды.

Бақылау сұрақтары:

1. Ғарыштық суреттерді классификациялаудың мәні мен мақсаты қандай?
2. Классификация процесі қандай негізгі кезеңдерден тұрады?
3. Бақыланатын және бақыланбайтын классификацияның айырмашылығы неде?
4. Классификацияның дәлдігін арттыру үшін қандай индекстер қолданылады?
5. Классификация нәтижесінің дәлдігін бағалау қандай әдістермен жүргізіледі?

Ұсынылатын әдебиеттер тізімі:

1. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. 7th Edition. Wiley, 2015.
2. Jensen, J.R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 4th Edition. Pearson, 2016.
3. Campbell, J.B., Wynne, R.H. Introduction to Remote Sensing. Guilford Press, 2011.
4. Richards, J.A., Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer, 2006.
5. Sabins, F.F. Remote Sensing: Principles and Interpretation. Waveland Press, 2007.
6. Esri. ArcGIS Pro: Image Classification Workflow Guide. Redlands, CA, 2022.
7. Blaschke, T. (2010). Object-Based Image Analysis for Remote Sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65(1), 2-16.

8. Quintano, C., Fernández-Manso, A., Shimabukuro, Y. E., & Pereira, G. (2012). Spectral Unmixing in Remote Sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 33(17), 5307-5340.