

Дәріс атауы: Ғарыштық суреттерді жіктеу нәтижелерінің бағалануы.

Мақсаты:

Сабақтың мақсаты — студенттерге ғарыштық суреттердің классификация нәтижелерін бағалау тәсілдерін, қателік матрицасы (Confusion Matrix) мен статистикалық көрсеткіштердің (Overall Accuracy, Producer's Accuracy, User's Accuracy, Карра коэффициенті) есептеу және интерпретациялау әдістерін үйрету. Сондай-ақ бағалау нәтижелерін классификация сапасын арттыру үшін қолдану жолдарын түсіндіру.

Негізгі сұрақтар:

1. Классификация нәтижелерін бағалау не үшін қажет?
2. Қателік матрицасы қандай мақсатта қолданылады?
3. Жалпы дәлдік (OA), өндіруші дәлдігі (PA), пайдаланушы дәлдігі (UA) және Карра коэффициенті нені білдіреді?
4. Қателік матрицасын қалай құруға болады?
5. Бағалау процедурасының кезеңдері қандай?
6. Классификация сапасын арттырудың тиімді тәсілдері қандай?
7. Бағалау нәтижелерін экологиялық және ауыл шаруашылық мониторингте қалай қолдануға болады?

Қысқаша тезис:

Ғарыштық суреттерді классификациялау нәтижелерін бағалау — алынған тақырыптық карталардың және талдау нәтижелерінің дәлдігі мен сенімділігін анықтау процесі.

Классификация сапасын бағалау өте маңызды, себебі дәлдігі төмен нәтиже жер жамылғысының нақты жағдайын бұрмалап, мониторинг пен басқару шешімдерін қабылдауға теріс әсер етуі мүмкін.

Нәтижелерді бағалау — классификацияның соңғы және міндетті кезеңі, ол алынған деректердің сапасын сандық және сапалық тұрғыда сипаттайды.

2. Бағалау мақсаттары мен міндеттері

Негізгі мақсат: Классификация нәтижелерінің шынайы жергілікті жағдайға сәйкестігін анықтау.

Міндеттері:

1. Әрбір сыныптың (класс) классификациядағы дәлдігін есептеу;
2. Классификацияның жалпы сапасын (Overall Accuracy) анықтау;
3. Қателік матрицасы арқылы нақты және болжамды мәндерді салыстыру;
4. Деректердің сенімділігі мен қолдану мүмкіндігін бағалау.

3. Бағалау түрлері

3.1. Сапалық бағалау

Бұл визуалды талдауға негізделген тәсіл: классификацияланған сурет жоғары дәлдікті эталондық суретпен немесе далалық деректермен салыстырылады.

Мақсаты — жалпы сәйкестікті бағалау және айқын қателерді анықтау.

Артықшылықтары: жылдам, алдын ала тексеру үшін тиімді.

Кемшіліктері: субъективті және сандық дәлдік көрсетпейді.

3.2. Сандық бағалау

Бұл әдіс нақты статистикалық көрсеткіштер арқылы дәлдік дәрежесін есептейді. Негізгі құрал – қателік матрицасы (Confusion Matrix).

4. Қателік матрицасы (Confusion Matrix)

Қателік матрицасы – бұл кесте, онда болжамды (классификация нәтижесі) және нақты (бақылау деректері) мәндер салыстырылады.

	Шынайы класс А	Шынайы класс В	Шынайы класс С	Барлығы
Болжам А	40	5	3	48
Болжам В	4	35	2	41
Болжам С	6	3	27	36

5. Негізгі көрсеткіштер

5.1. Жалпы дәлдік (Overall Accuracy, OA)

Барлық дұрыс классификацияланған пиксельдердің үлесі:

$$OA = \frac{\text{дұрыс классификацияланған пиксельдер саны}}{\text{жалпы пиксель саны}}$$

Мысалы: 102 пиксельдің 90-ы дұрыс $\rightarrow OA = 90 / 102 = 88\%$

5.2. Өндіруші дәлдігі (Producer's Accuracy, PA)

Классификатордың әрбір нақты сыныпты дұрыс анықтау қабілетін сипаттайды.

$$PA = \frac{\text{дұрыс анықталған пиксельдер}}{\text{сол сыныптың шынайы пиксельдері}}$$

5.3. Пайдаланушы дәлдігі (User's Accuracy, UA)

Әр сынып бойынша нәтижелердің нақты болу ықтималдығын көрсетеді.

$$UA = \frac{\text{дұрыс классификацияланған пиксельдер}}{\text{сол сыныпқа жатқызылған барлық пиксельдер}}$$

5.4. Карра коэффициенті (κ)

Карра – бұл классификация нәтижесінің кездейсоқ сәйкестік ықтималдығын ескеретін интегралды көрсеткіш:

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

мұндағы:

P_o – бақылаудағы сәйкестіктердің үлесі,
 P_e – кездейсоқ сәйкестіктердің үлесі.

Түсіндіру шкаласы:

Карра мәні	Интерпретация
< 0.40	Әлсіз сәйкестік
0.41–0.60	Орташа

Карра мәні	Интерпретация
0.61–0.80	Жақсы
0.81–1.00	Өте жақсы

6. Бағалау процедурасы

1. Эталондық деректерді дайындау – бақылау нүктелері мен полигондар.
2. Классификация нәтижесін импорттау (ArcGIS, QGIS немесе GEE).
3. Пиксельдік сәйкестіктерді салыстыру.
4. Confusion Matrix құру.
5. OA, PA, UA, Карра мәндерін есептеу.
6. Қателік көздерін талдау (мысалы, өсімдік пен топырақтың спектрлік ұқсастығы).
7. Жүйелі қателерді түзету және реклассификациялау.

7. Классификация сапасын арттыру тәсілдері

- Жоғары сапалы және теңестірілген оқыту жиындарын пайдалану;
- Қосымша индекстер мен ЦМР параметрлерін енгізу;
- Бірнеше алгоритмдерді салыстыру (Random Forest, SVM, Gradient Boosting);
- Көпұақыттық суреттер мен қосымша деректерді (климат, NDVI динамикасы)

пайдалану;

- Масштабқа және кеңістіктік ажыратымдылыққа сәйкес параметрлерді реттеу.

8. Қолданбалы мысалдар

Ауыл шаруашылығында:

NDVI негізінде егістік өнімділігін бақылау және классификация нәтижелерін нақты бақылау учаскелерімен салыстыру.

Гидрологиялық зерттеулерде:

MNDWI бойынша су айдындарын анықтау және маусымдық өзгерістерді тексеру.

Экологиялық мониторингте:

Орман деградациясын бағалау, классификация нәтижелерінің дәлдігін спутниктік архивпен салыстыру.

9. Қорытынды

Классификация нәтижелерін бағалау – ғарыштық мониторингтің ажырамас бөлігі. Бұл кезең алынған мәліметтердің нақтылығын, сенімділігін және қолдануға жарамдылығын көрсетеді. Жақсы дайындалған эталондық деректер және дұрыс таңдалған бағалау көрсеткіштері классификация сапасын арттырып, табиғи процестердің динамикасын нақты бақылауға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары:

1. Классификация нәтижелерін бағалаудың мақсаты қандай?
2. Қателік матрицасы дегеніміз не және ол не үшін қажет?
3. OA, PA, UA және Kappa көрсеткіштері қандай мағынаны білдіреді?
4. Нәтиже дәлдігін арттыру үшін қандай тәсілдер қолдануға болады?
5. Классификация нәтижелерін бағалау неге ғылыми талдауда міндетті кезең болып саналады?

Ұсынылатын әдебиеттер тізімі:

1. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. — Wiley, 2015.
2. Jensen, J.R. Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. — Pearson, 2016.
3. Richards, J.A., Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis. — Springer, 2006.
4. Congalton, R.G., Green, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. — CRC Press, 2019.
5. Esri. Accuracy Assessment and Confusion Matrix in ArcGIS Pro. — Esri Press, 2022.