ЛЕКЦИЯ 8

Google Earth Engine (GEE) платформасына кіріспе



Турсумбаева Мадина Оразгазиевна
PhD, аға оқытушы
Метеорология және Гидрология кафедрасы

Дәрістің мақсаты және оқу нәтижелері

Дәрістің мақсаты

Google Earth Engine бұлттық платформасының жұмыс принципін, негізгі объектілері мен жұмыс тізбегін таныстыру және метеорологиялық деректерді өңдеуге арналған алғашқы скриптті жазуды үйрету.

Оқу нәтижелері

Дәрісті меңгерген студент:

1. бұлттық тәсілдің спутниктік деректерді дәстүрлі өңдеуден артықшылығын түсіндіреді;
2. GEE-дегі клиент пен сервердің рөлін ажыратады;
3. Image, ImageCollection, Geometry, FeatureCollection, Filter және Reducer объектілерін мақсатына сай қолданады;
4. filter → select → map → reduce тізбегі бойынша қарапайым скрипт құрастырады;
5. масштаб (scale) пен бірліктерді ескеріп, нәтижені карта, график немесе экспорт түрінде алады.

Дәріс жоспары

1. **Неліктен бұлттық платформа қажет?**
   Спутниктік деректер көлемі және дәстүрлі өңдеу тәсілінің шектеулері

2. **GEE дегеніміз не және ол қалай жұмыс істейді**
   Деректер каталогы, есептеу инфрақұрылымы, клиент пен сервер

3. **Code Editor және негізгі объектілер**
   Image, ImageCollection, Geometry, Feature, Reducer

4. **Негізгі жұмыс тізбегі: filter → map → reduce**
   Алғашқы скрипт: Қазақстан үстіндегі ауа температурасының картасы

5. **Метеорологқа пайдалы деректер жиындары**
   Реанализ, жауын-шашын, жер беті температурасы, атмосфера құрамы

Неліктен бұлттық платформа қажет?

Дәстүрлі тәсіл

- Деректерді әр мұрағаттан бөлек іздеп, жүктеп алу
- Жүздеген гигабайтты жергілікті дискіде сақтау
- Форматтарды түрлендіру, проекцияларды сәйкестендіру
- Есептеу қуаты бір компьютермен шектеледі
- Ұзақ уақыттық қатарларды өңдеу күндерге созылады

Бұлттық тәсіл (GEE)

- Деректер мен есептеу қуаты бір жерде — Google серверлерінде
- Жүктеп алудың қажеті жоқ: деректер талдауға дайын
- Есептеу мыңдаған серверде параллель орындалады
- Бір скрипт шағын аймаққа да, бүкіл жер шарына да жарайды
- Скрипт сілтемесімен бөлісу — нәтижені қайталау оңай

Негізгі идея: деректерді кодқа емес, кодты деректерге жеткізу.

Google Earth Engine дегеніміз не?

Жерді қашықтықтан зондтау деректерін планеталық ауқымда талдауға арналған бұлттық платформа: **деректер каталогы + есептеу инфрақұрылымы + бағдарламалау интерфейсі (API)**.

90+ ПБ

талдауға дайын спутниктік суреттер мен геодеректер

1000+

деректер жиыны: Landsat, Sentinel, MODIS, ERA5 және т.б.

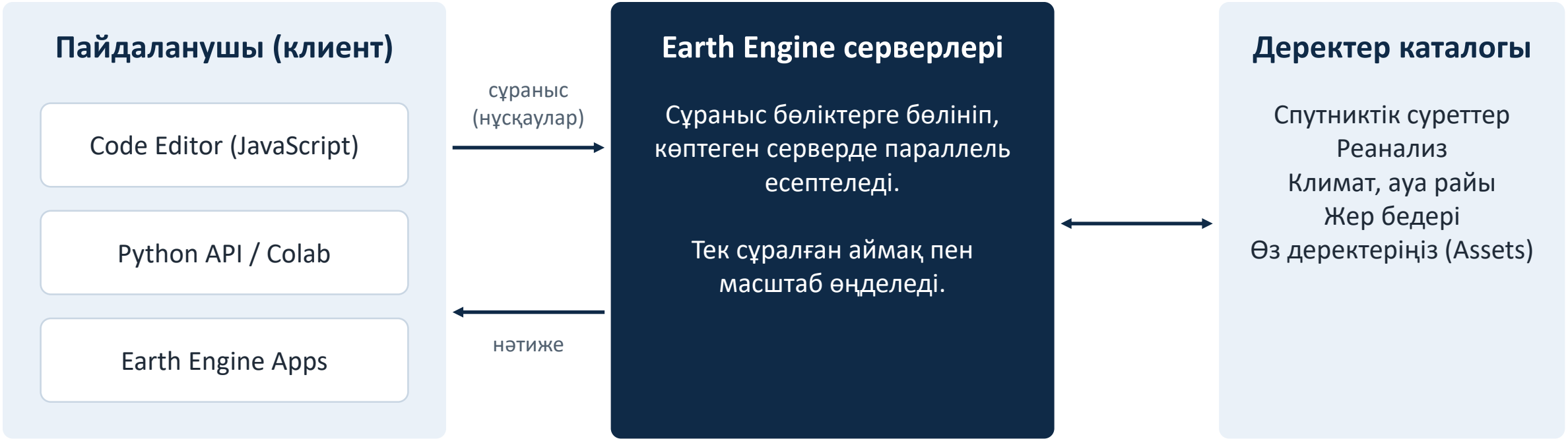
40+ жыл

тарихи мұрағат, күн сайын жаңартылып отырады

Зерттеу, білім беру және коммерциялық емес мақсатта **тегін**. Коммерциялық қолдану Google Cloud арқылы ақылы.

Дереккөз: cloud.google.com/earth-engine; developers.google.com/earth-engine/datasets

GEE қалай жұмыс істейді: клиент және сервер



Скрипт браузерде жазылады, бірақ **есептеу серверде орындалады**. Клиент серверге деректің өзін емес, «не істеу керек» деген сипаттаманы жібереді; кері қарай тек нәтиже қайтады: карта бөліктері, сандар, графиктер.

Платформаға қол жеткізу

1 Google аккаунт

Жеке немесе университеттік пошта

→

2 Cloud жобасы

console.cloud.google.com сайтында жоба (project) құру

→

3 Тіркеу

Жобаны Earth Engine-де коммерциялық емес қолдануға тіркеу

→

4 Code Editor

code.earthengine.google.com сайтын ашып, жобаны таңдау

Коммерциялық емес жобалардың айлық есептеу квотасы (2026 жылғы 27 сәуірден бастап):

Деңгей	Айлық квота	Кімге арналған
Community	150 EECU-сағат	Студенттер мен есептеу қажеттілігі қалыпты пайдаланушылар
Contributor	1 000 EECU-сағат	Магистранттар, зерттеушілер; төлем аккаунты қажет, бірақ ақы алынбайды
Partner	100 000 EECU-сағат	Ықпалы жоғары ірі жобалар; бөлек өтінім беріледі

EECU — Earth Engine Compute Unit. Квота таусылса, платформа баяу режимде жұмыс істей береді. Дереккөз: developers.google.com/earth-engine/guides/noncommercial_tiers

Code Editor интерфейсі



1. **Сол жақ панель**
   Сақталған скрипттер, API анықтамасы, өз деректеріңіз
2. **Редактор**
   Код жазу және іске қосу (Run)
3. **Оң жақ панель**
   Пиксель мәні, print() нәтижесі, экспорт тапсырмалары
4. **Карта**
   Қабаттарды көру, нүкте мен полигон салу

Негізгі объектілер

Объект	Мағынасы	Мысал
`ee.Image`	Растр: бір немесе бірнеше арнадан (band) тұратын сурет	Бір күнгі температура өрісі
`ee.ImageCollection`	Суреттер жинағы, әдетте уақыт бойынша реттелген	ERA5-Land тәуліктік деректері
`ee.Geometry`	Нүкте, сызық, полигон	Станция координатасы, қала шекарасы
`ee.FeatureCollection`	Геометрия + атрибуттар кестесі (вектор)	Елдер шекарасы, станциялар тізімі
`ee.Filter`	Жинақты күн, аймақ немесе қасиет бойынша сүзу	filterDate, filterBounds
`ee.Reducer`	Көп мәнді бір мәнге келтіру	mean, sum, max, percentile

«ee.» деп басталатын объектінің бәрі серверде тұрады: браузерде оның мәні емес, сипаттамасы ғана болады.

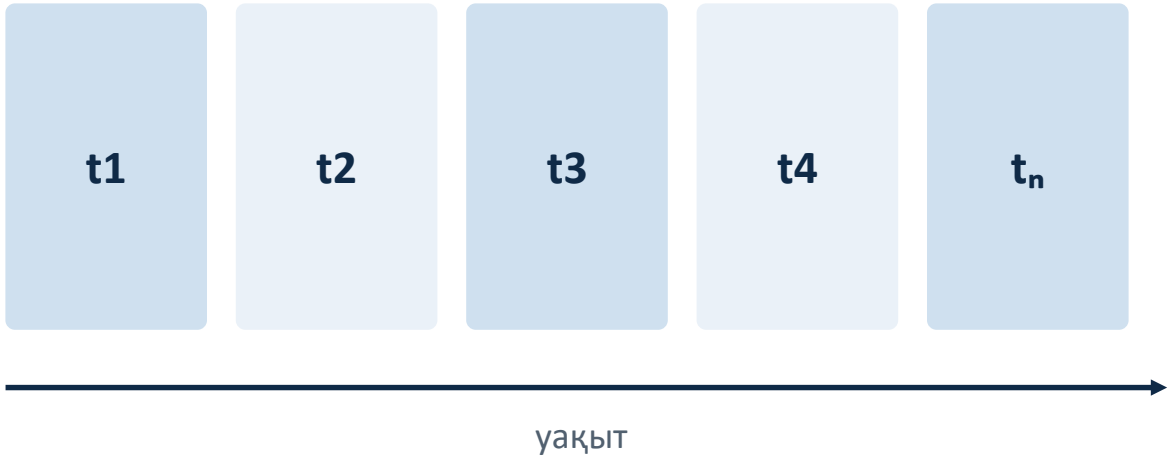
Image және ImageCollection

Метеорологиялық деректердің көбі GEE-де **ImageCollection** түрінде сақталады: әр уақыт қадамы — бөлек Image.



`ee.Image`

Әр арнаның өз атауы, бірлігі және ажыратымдылығы бар



`ee.ImageCollection`

Әр суреттің уақыт белгісі (system:time_start) мен метадеректері бар — уақыттық қатарды талдаудың негізі

Негізгі жұмыс тізбегі: filter → map → reduce

1 Жинақ

Каталогтан деректер жиынын таңдау

→

2 filter

Кезең мен аймақ бойынша сүзу

→

3 select

Қажетті арнаны (айнымалыны) бөліп алу

→

4 map

Әр суретке бір функция: бірлікті түрлендіру, маска

→

5 reduce

Уақыт не кеңістік бойынша жинақтау

Жинақтаудың екі бағыты

- **Уақыт бойынша:** collection.mean() — көп суреттен бір карта
- **Кеңістік бойынша:** image.reduceRegion() — бір суреттен бір сан

Екі ереже

- Алдымен сүзу, содан кейін есептеу — өңделетін дерек азаяды
- for циклінің орнына map() — сервер параллель орындайды

Алғашқы скрипт: шілдедегі ауа температурасы

```
// 1. Зерттеу аймағы: Қазақстан
var kz = ee.FeatureCollection('USDOS/LSIB_SIMPLE/2017')
  .filter(ee.Filter.eq('country_na', 'Kazakhstan'));

// 2. ERA5-Land: 2 м биіктіктегі температура
var t2m = ee.ImageCollection(
    'ECMWF/ERA5_LAND/MONTHLY_AGGR')
  .filterDate('2024-07-01', '2024-08-01')
  .select('temperature_2m')
  .mean()
  .subtract(273.15)       // K -> °C
  .clip(kz);

// 3. Картаға шығару
Map.centerObject(kz, 4);
Map.addLayer(t2m,
  {min: 10, max: 35,
   palette: ['blue', 'yellow', 'red']},
  'T2m, шілде 2024');
```

1. **Аймақ**
   Елдер шекарасы жинағынан Қазақстанды сүзіп аламыз

2. **Дерек**
   Кезең → арна → орташа → К-нен °С-қа → аймақ бойынша қию

3. **Карта**
   Мәндер ауқымы мен түстер палитрасын береміз

Жиі кездесетін қате: клиент пен серверді шатастыру

Дұрыс емес

```
var n = collection.size();
if (n > 10) {       // n - сервер объектісі
  print('Сурет көп');
}

for (var i = 0; i < 12; i++) {
  // әр айды клиентте бөлек өңдеу
}
```

Дұрыс

```
var n = collection.size();
print('Суреттер саны:', n);

var months = ee.List.sequence(1, 12);
var monthly = months.map(function(m) {
  // әр ай серверде өңделеді
  return ee.Number(m);
});
```

- JavaScript-тің **if** және **for** операторлары сервердегі объектінің мәнін «көрмейді»
- Шартты есептеуге — **ee.Algorithms.If()** немесе маска, қайталауға — **map()**
- **getInfo()** мәнді браузерге күштеп әкеледі де, скриптті тоқтатып қояды — тек шын қажет болғанда

Масштаб (scale) және проекция

Есептеу қай масштабта жүреді?

GEE әр суретті әртүрлі ажыратымдылықтағы **пирамида** түрінде сақтайды.

- Картада масштаб үлкейту деңгейіне (zoom) тәуелді
- Есептеуде масштабты **өзіңіз көрсетесіз** — scale
- Нәтиже масштабқа тәуелді: бір аймақтың орташасы 1 км мен 25 км-де әртүрлі шығуы мүмкін

Ереже: scale мәнін деректің бастапқы торына тең немесе одан ірі етіп алыңыз.

```
var mean = t2m.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  geometry: kz,
  scale: 11132,       // ERA5-Land торы, м
  maxPixels: 1e9
});
print(mean);
```

Деректер	Бастапқы тор
Sentinel-2	10 м
MODIS LST	1 км
CHIRPS	≈ 5,5 км (0,05°)
ERA5-Land	≈ 11 км (0,1°)

Метеорологқа пайдалы деректер жиындары

Деректер	GEE идентификаторы	Айнымалылар	Тор / уақыт қадамы
ERA5-Land	`ECMWF/ERA5_LAND/DAILY_AGGR`	Температура, жауын-шашын, жел, қар	≈ 11 км / тәулік, 1950 жылдан
CHIRPS	`UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY`	Жауын-шашын	≈ 5,5 км / тәулік, 1981 жылдан
GPM IMERG	`NASA/GPM_L3/IMERG_V07`	Жауын-шашын	≈ 11 км / 30 минут, 2000 жылдан
MODIS LST	`MODIS/061/MOD11A1`	Жер беті температурасы	1 км / тәулік, 2000 жылдан
Sentinel-5P	`COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_NO2`	NO_2, SO_2, CO, O_3, аэрозоль индексі	≈ 1,1 км тор / тәулік, 2018 жылдан
Sentinel-2	`COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED`	Көрінетін және ИҚ арналар	10–60 м / 5 күн

Әр жинақтың сипаттамасы, арналары мен бірліктері: developers.google.com/earth-engine/datasets

Нәтижені қалай аламыз?

Карта

- Map.addLayer()
- Палитра, мәндер ауқымы
- Inspector — пиксель мәні

График

- ui.Chart.image.series() — уақыттық қатар
- Гистограмма
- CSV не PNG түрінде сақтау

Экспорт

- Export.image.toDrive() — GeoTIFF
- Export.table.toDrive() — CSV
- Tasks қойындысынан іске қосылады

Екі жұмыс режимі

- **Интерактивті режим** (карта, print, график): жылдам, бірақ уақыт пен көлем шектеулі
- **Пакеттік режим** (Export): үлкен есептеулерге; нәтиже Google Drive-қа түседі
- Экспортталған CSV кестесін Excel, Python немесе R-да әрі қарай талдауға болады

Шектеулер және жақсы тәжірибе

Шектеулер

- Айлық есептеу квотасы
- Интерактивті сұраныстың уақыт шегі: «Computation timed out»
- Жады шегі: «User memory limit exceeded»
- Каталогта жоқ деректі өзіңіз жүктейсіз (Assets)
- Интернет байланысы қажет

Жақсы тәжірибе

- Аймақ пен кезеңді **ерте сүзіңіз**
- Қажетті арнаны ғана таңдаңыз (select)
- scale мен бірліктерді әрқашан тексеріңіз
- Үлкен есептеуді Export арқылы орындаңыз
- Кодқа түсініктеме жазып, скриптті сақтаңыз

GEE — құрал ғана: нәтиженің физикалық мағынасын, деректің сапасы мен шектеулерін метеоролог өзі бағалайды.

Қорытынды және өзін-өзі тексеру сұрақтары

Негізгі тұжырымдар

- GEE = деректер каталогы + бұлттық есептеу + API
- Код клиентте жазылады, есептеу серверде орындалады
- Негізгі объектілер: Image, ImageCollection, Geometry, Feature
- Негізгі тізбек: filter → select → map → reduce
- Масштаб пен бірлікті бақылау — дұрыс нәтиженің шарты

Сұрақтар

- Бұлттық тәсілдің дәстүрлі тәсілден басты айырмашылығы неде?
- Image мен ImageCollection қалай ерекшеленеді?
- Неліктен for циклінің орнына map() қолданылады?
- reduceRegion-да scale параметрі не үшін керек?
- Қазақстан бойынша ұзақ мерзімді температураны талдауға қай деректер жиынын таңдар едіңіз?

Зертханалық жұмыс 8: климаттық көрсеткіштердің уақыт бойынша өзгеруін зерттеу — GEE-де тіркелу және алғашқы скрипттер.

Пайдаланылған дереккөздер

1. Gorelick N., Hancher M., Dixon M. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27.
2. Cardille J.A., Crowley M.A., Saah D., Clinton N.E. (eds.) Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and Applications. – Cham: Springer, 2024. – URL: https://www.eefabook.org
3. Google Earth Engine Guides. – URL: https://developers.google.com/earth-engine/guides
4. Earth Engine Data Catalog. – URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets
5. Earth Engine noncommercial tiers. – URL: https://developers.google.com/earth-engine/guides/noncommercial_tiers
6. Muñoz-Sabater J., Dutra E., Agustí-Panareda A. et al. ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications // Earth System Science Data. – 2021. – Vol. 13. – P. 4349–4383.

Назар аударғаныңызға рақмет!

Келесі: зертханалық жұмыс 8
GEE-де алғашқы скрипттер

