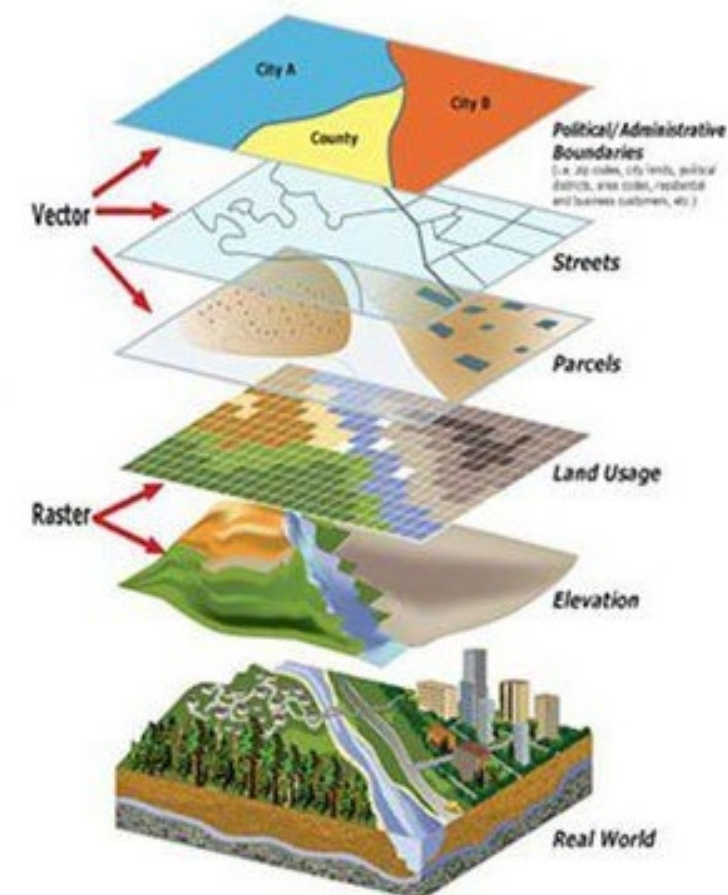


2-Дәріс

Кеңістіктік деректерді талдаудың ғылыми негіздеріне шолу



Дәрістің негізгі мақсаты

Дәрістің негізгі мақсаты – кеңістіктік деректерді талдаудың ғылыми негіздері мен әдістемелік тәсілдерін жан-жақты түсіндіру, кеңістіктік ақпаратты жинау, сақтау, өңдеу және талдау үдерістерін меңгерту.

Дәріс барысында студенттер кеңістіктік деректердің табиғаты мен мазмұнын, олардың географиялық ақпарат жүйелеріндегі (ГАЗ) рөлін және шешім қабылдау үдерісіндегі маңызын түсінеді. Кеңістіктік деректерді талдау әдістерінің ғылыми принциптері — статистикалық, геоақпараттық және математикалық тәсілдер арқылы географиялық нысандардың кеңістіктік өзара байланысын, үлгісін және құрылымын анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, дәріс студенттерге:

- кеңістіктік деректердің түрлері мен форматтарын (векторлық және растрлық модельдер) ажыратуды;
- деректерді өңдеу мен визуализациялаудың негізгі әдістерін қолдануды;
- кеңістіктік талдау нәтижелерін интерпретациялау және оларды практикалық мақсаттарда (жоспарлау, экологиялық мониторинг, жер пайдалануды басқару, урбанистикалық даму) қолдануды үйретуді көздейді.

Студенттердің кеңістіктік деректермен ғылыми негізде жұмыс істей алу қабілетін қалыптастыру және географиялық талдау дағдыларын жетілдіру.

Қарастырылатын сұрақтар

- 1 Кеңістіктік деректердің анықтамасы және олардың маңыздылығы
- 2 Кеңістіктік деректердің негізгі түрлерін қарастыру: векторлық, растрлық және атрибуттық
- 3 Кеңістіктік деректердің көздері және қолданылу салалары
- 4 Кеңістіктік деректерді талдаудың негізгі мақсаттары мен түрлері
- 5 Кеңістіктік статистика және Тоблердің географиялық заңы
- 6 Геоақпараттық жүйелердің (ГИС) рөлі кеңістіктік талдауда
- 7 Қашықтықтан зондтау (Remote Sensing) және негізгі спутниктік жүйелер (Landsat, Sentinel, MODIS)
- 8 Кеңінен қолданылатын индекстер: NDVI, NDWI, LST, NDBI
- 9 Кеңістіктік деректер сапасының негізгі көрсеткіштері
- 10 Кеңістіктік деректерді қолдану салалары және Қазақстан мысалы

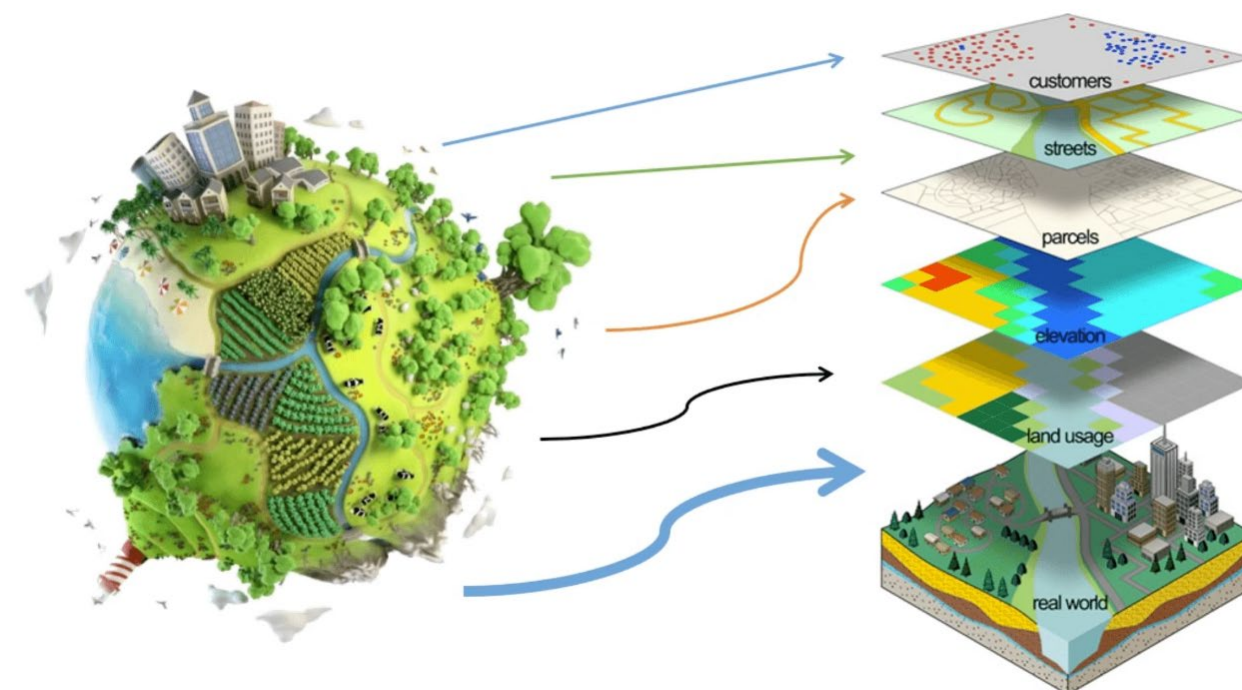
Кіріспе: Кеңістіктік деректердің маңыздылығы

Кеңістіктік деректердің анықтамасы

Кеңістіктік деректер — бұл географиялық нысандардың кеңістіктегі орналасуын, сипаттамасын және өзара байланысын көрсететін ақпарат жиынтығы. Деректердің бұл түрі заманауи ғылымда және практикалық қызметте шешуші рөл атқарады, себебі көптеген табиғи және антропогендік процестер кеңістіктік өлшемге ие болады.

Қазіргі қолданыс аясы

Кеңістіктік деректер экологиялық мониторингте, урбанистикада, ауыл шаруашылығында және климаттық зерттеулерде кеңінен қолданылады. Олардың көмегімен қала инфрақұрылымын жоспарлаудан бастап, климаттық өзгерістердің аймақтық әсерін бағалауға дейінгі міндеттерді шешуге болады.

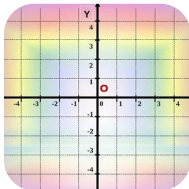


XXI ғасырда кеңістіктік деректердің көлемі экспоненциалды түрде өсуде. Спутниктік жүйелердің дамуы, IoT датчиктерінің таралуы және цифрлық картография әдістерінің жетілуі географиялық ақпаратты өңдеу мен талдаудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Осыған байланысты кеңістіктік талдау әдістерін терең түсіну қазіргі географ маманның міндетті құзыреттілігіне айналууда.

Кеңістіктік деректер ұғымы және негізгі сипаттамалары

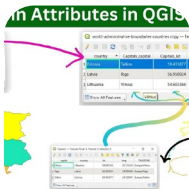
Анықтама

Кеңістіктік дерек (Spatial data) – географиялық координаталармен байланысқан мәліметтер жиынтығы, ол нысандардың жер бетіндегі орнын, олардың қасиеттерін және өзара қатынастарын сипаттайды.



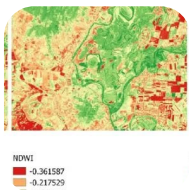
Координаталық жүйе

Бұл деректер объектінің орнын (X, Y, Z), географиялық кеңдік пен ұзындығын, биіктікті немесе тереңдікті көрсетеді. Координаталар әртүрлі проекциялар мен датумдарда берілуі мүмкін.



Атрибуттар

Әрбір кеңістіктік объектіге **атрибуттар** тіркеледі – бұл сандық немесе сипаттамалық сипаттамалар: аты, түрі, ауданы, халық саны, жылдамдығы және т.б.



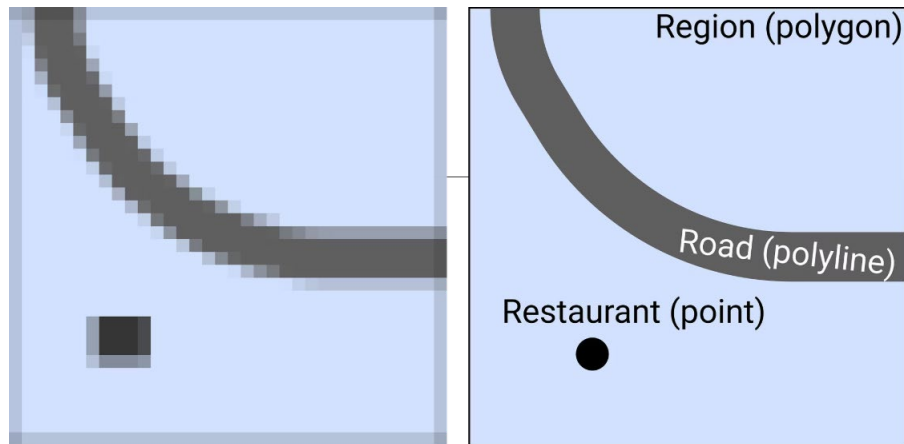
Уақыттық өлшем

Уақыттық өлшемді (T) қосу арқылы төртөлшемді кеңістіктік-уақыттық деректер құрылады, олар динамикалық процестерді модельдеуге мүмкіндік береді.

Геореференция – негізгі ерекшелік: Кеңістіктік деректердің басты ерекшелігі олардың географиялық сілтемеге (геореференцияға) ие болуы. Бұл дегеніміз, әрбір дерек жер бетінің нақты нүктесімен байланысты және географиялық координаталар жүйесінде анықталған. Геореференциясыз мәліметтер кеңістіктік деректер санатына жатпайды.

Кеңістіктік деректердің негізгі түрлері

1. Векторлық деректер



Векторлық деректер геометриялық элементтер арқылы нысандарды бейнелейді:

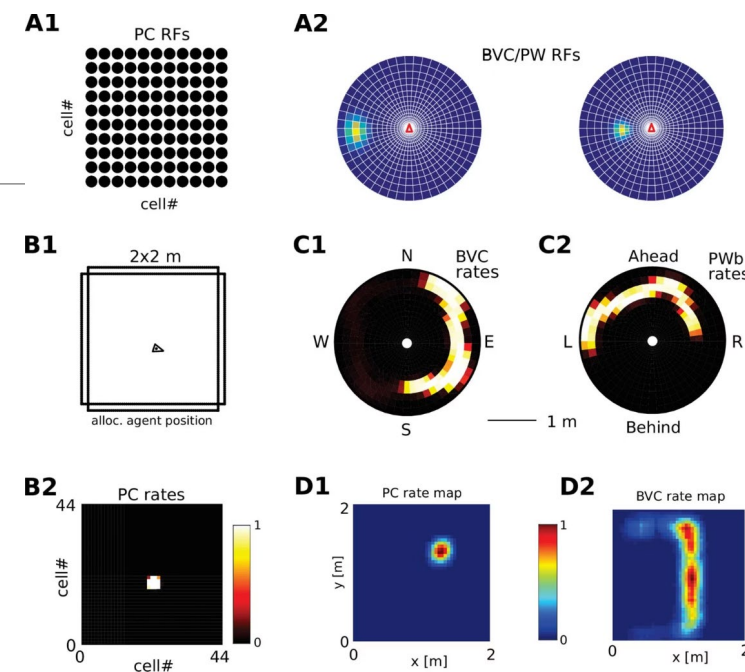
- **Нүкте (Point):** нөлдік өлшемді объектілер – қалалар, ағаштар, станциялар
- **Сызық (Line/Polyline):** бір өлшемді объектілер – жолдар, өзендер, құбырлар
- **Полигон (Polygon):** екі өлшемді объектілер – көлдер, аудандар, орман массивтері

Векторлық форматтың артықшылығы – жоғары топологиялық дәлдік, нақты шекаралар, компакттік және кеңістіктік талдау үшін ыңғайлылық. Shapefile, GeoJSON, KML форматтары кеңінен таралған.

Қолдану саласы

Векторлық деректер әкімшілік шекараларды, көлік желілерін, гидрографияны, кадастрлық картаны және объектілік картографияны жасауда қолданылады.

2. Растрлық деректер



Растрлық деректер тұрақты торлы ұяшықтар (пиксельдер) жиынтығы түрінде ұсынылады. Әрбір ұяшық белгілі бір мәнді сақтайды:

- Спектрлік сипаттамалар (RGB, мультиспектрлік каналдар)
- Биіктік мәндер (DEM, DTM)
- Температура, жауын-шашын, ылғалдылық
- Жер пайдалану класы немесе индекстер

Растрлық деректердің кеңістіктік ажыратымдылығы пиксель өлшемімен анықталады – 30 м (Landsat), 10 м (Sentinel-2), 0.5 м (коммерциялық спутниктер).

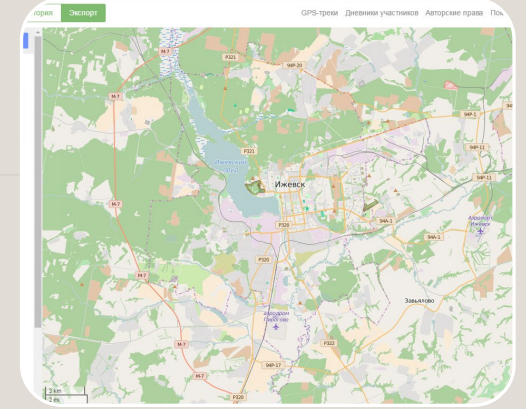
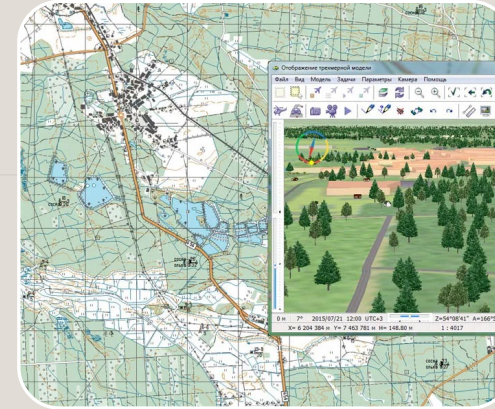
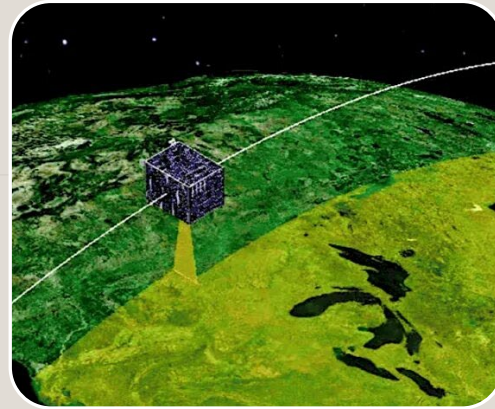
Қолдану саласы

Қашықтықтан зондтау, климаттық модельдеу, топырақ және вегетация талдауы, гидрологиялық модельдер, жер бедерін визуализациялау.

3. Атрибуттық деректер

Кеңістіктік объектілердің сипаттамалық қасиеттері кесте түрінде сақталады: аты, коды, ауданы, халық саны, экономикалық көрсеткіштер. Атрибуттар векторлық геометриямен байланысады және семантикалық ақпарат қосады.

Кеңістіктік деректердің көздері



Жергілікті бақылаулар
Геодезиялық өлшеулер,
топографиялық
түсірілімдер, далалық
зерттеулер арқылы
тікелей деректер жинау.
Тахеометрлер, GPS
жабдықтары, дронды
түсірілімдер
қолданылады. Жоғары
дәлдік пен детализация,
бірақ шектеулі аумақ
қамтылады.

Қашықтықтан зондтау
Спутниктік және әуе
түсірілімдері арқылы
үлкен аумақтарды
жылдам мониторингтеу.
Landsat, Sentinel, MODIS,
SPOT жүйелері әртүрлі
спектрлік каналдарда
суреттер береді.
Мультиспектрлік,
гиперспектрлік,
радиолокациялық
деректер алуға болады.

GPS және GNSS
технологиялары
Глобалды навигациялық
спутниктік жүйелер (GPS,
GLONASS, Galileo,
BeiDou) нақты
координаттарды
анықтауға мүмкіндік
береді. RTK және PPP
әдістері сантиметрлік
дәлдікке жетеді.
Мобильді картографияда,
навигацияда, геодезияда
қолданылады.

Дәстүрлі және цифрлық
карталар, топографиялық,
тематикалық және
кадастрлық карталар.
Тарихи карталар уақыт
бойынша өзгерістерді
қадағалауға көмектеседі.
Векторизация және
геореференция арқылы
аналогтық карталарды
цифрлық форматқа
түрлендіруге болады.

Ашық деректер
порталдары
OpenStreetMap – ерікті
картографтардың
жаһандық картасы.
Copernicus – Еуропалық
Одақтың бақылау
бағдарламасы (Sentinel
спутниктері). USGS Earth
Explorer – Landsat архиві.
Natural Earth, GADM –
әкімшілік шекаралар.
Геопорталдар мен ұлттық
инфрақұрылымдар.

Деректер көздерін таңдау зерттеу мақсатына, қажетті дәлдікке, уақыт пен қаржы ресурстарына байланысты. Көбінесе әртүрлі көздерден алынған деректерді интеграциялау арқылы толық және сенімді геоақпараттық база құрылады.

Кеңістіктік деректерді талдаудың негізгі мақсаттары

Кеңістіктік заңдылықтарды анықтау

Табиғи және әлеуметтік процестердің кеңістіктік заңдылықтарын анықтау. Қоныстанудың, миграцияның, ауруханалардың таралу үлгілерін, табиғи қауіптердің кеңістіктік сипатын зерттеу. Кластерлік талдау, «жоғары нүктелер» және трендтерді анықтау әдістері қолданылады.

Геоақпараттық модельдеу және болжам

Геоақпараттық модельдер арқылы болжам жасау. Эрозия модельдері, су тасқыны аймақтарын болжау, орман өрттерінің таралу траекториясы, қала өсуінің сценарийлері. Стохастикалық және детерминистік модельдеу, жасанды интеллект және машиналық оқыту алгоритмдері.

Шешім қабылдау жүйелерін жетілдіру

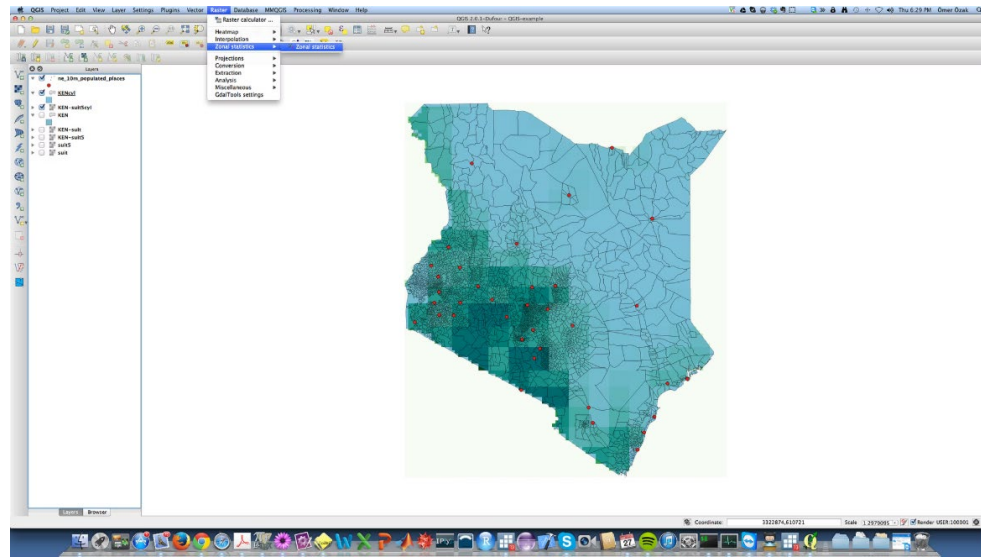
Кеңістіктік шешім қабылдау жүйесін (SDSS – Spatial Decision Support Systems) жетілдіру. Көпфакторлы бағалау негізінде оптималды орын таңдау, ресурстарды бөлу, инфрақұрылымды жоспарлау. АНР, TOPSIS, WLC әдістері ГИС ортасында қолданылады.

Тәуекелдерді картографиялау

Экологиялық және әлеуметтік тәуекелдерді картаға түсіру. Табиғи апаттар (жер сілкіністер, тасқындар, құрғақшылық), техногендік қауіптер, эпидемиологиялық қауіптерді кеңістіктік модельдеу. Халықтың осалдығын бағалау, тәуекелдерді азайту жоспарларын әзірлеу.

Кеңістіктік талдау міндеттері географиялық ақпаратты көрнекі түрде ұсынып қана қоймай, күрделі кеңістіктік қатынастарды анықтап, болашақты болжауға және негізделген басқару шешімдерін қабылдауға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда бұл мақсаттарға жету үшін ГИС, RS, Big Data және AI технологиялары синергиялық түрде қолданылады.

Кеңістіктік талдаудың негізгі түрлері



1. Сипаттамалық талдау

Descriptive spatial analysis – объектілердің кеңістіктік орналасуын сипаттау және визуализациялау. Қарапайым картографиялық бейнелеу, объектілерді санау, тығыздықты есептеу, таралу диаграммаларын құру. Бұл – кез келген кеңістіктік зерттеудің бастапқы кезеңі.

2. Қатынастық талдау

Spatial relationships – нысандар арасындағы кеңістіктік байланыстарды анықтау. Жақындық талдау (proximity), қиылысу (intersection), іргелестік (adjacency), иерархия. Топологиялық қатынастар: ішінде, сыртында, жанасу, қиылысу, қамтиды.

3. Үлгілеу және модельдеу

Modeling – процестердің кеңістіктік динамикасын болжау. Эмпирикалық, стохастикалық, детерминистік модельдер. Гидрологиялық, климаттық, экологиялық модельдер. Scenario-based жоспарлау. Калибрация және валидация кезеңдері.

4. Уақыттық-кеңістіктік талдау

Spatio-temporal analysis – деректердің уақыт бойынша өзгерісін талдау. Трендтер, циклдар, аномалиялар. Change detection, time-series analysis. Урбанизация динамикасы, климаттық өзгерістер, жер пайдалану трансформациясы.

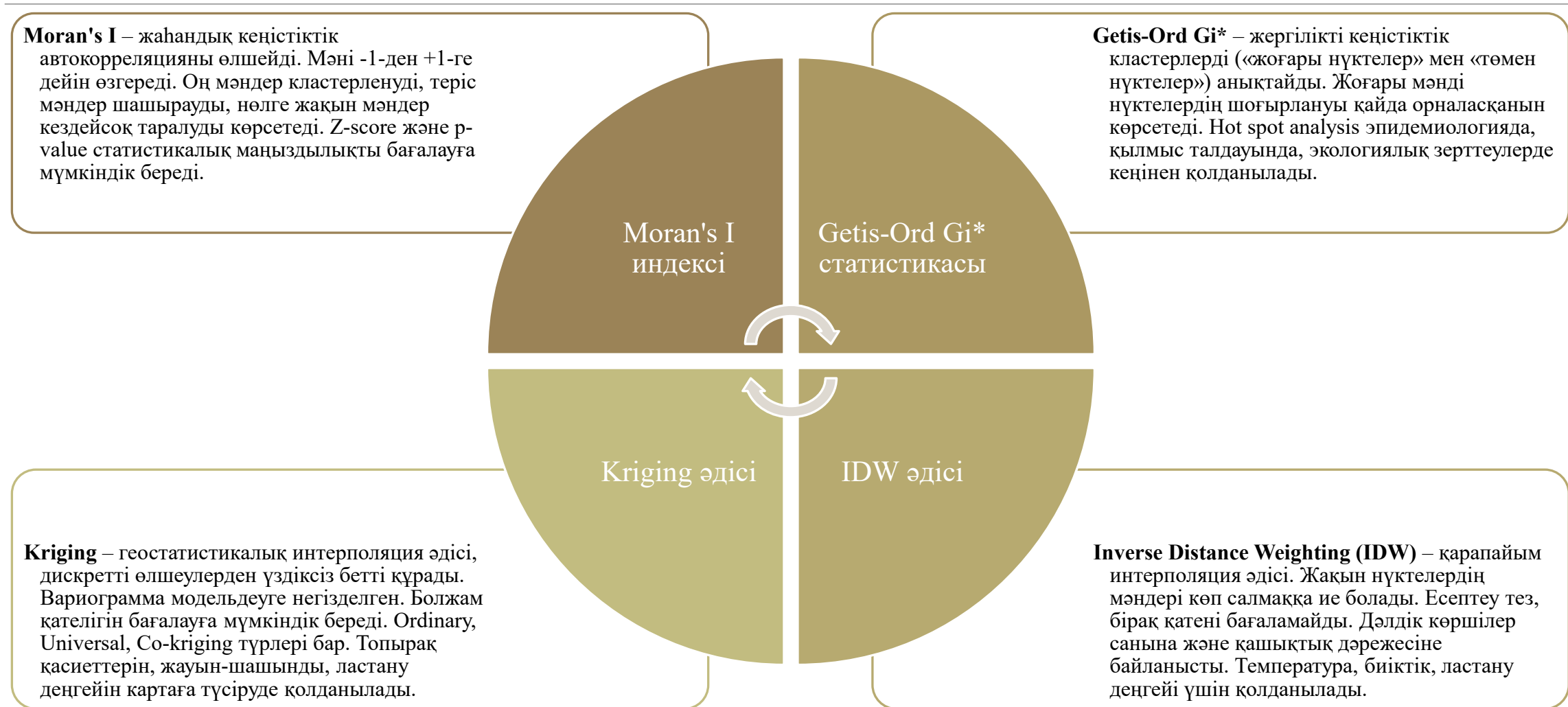
Интеграцияланған тәсіл: Қазіргі күрделі зерттеулер бірнеше талдау түрлерін біріктіреді. Мысалы, қала дамуын зерттеу кезінде сипаттамалық, қатынастық және уақыттық-кеңістіктік талдау бірге қолданылады, ал болашақ сценарийлерді құру үшін модельдеу әдістері тартылады.

Кеңістіктік деректерді өңдеу кезеңдері



Кеңістіктік статистика: негізгі әдістер

Кеңістіктік статистика дәстүрлі статистикадан айырмашылығы – бақылаулардың кеңістіктегі орналасуын ескереді. Тобинің бірінші географиялық заңы: «Барлық нәрселер бір-бірімен байланысты, бірақ жақын нәрселер алыстағыларға қарағанда мықтырақ байланысты». Кеңістіктік автокорреляция – жақын нысандардың мәндерінің ұқсастығы.



Кеңістіктік статистика әдістері объективті заңдылықтарды анықтауға, кездейсоқ таралудан маңызды кластерлерді ажыратуға және кеңістіктік процестерді сандық сипаттауға мүмкіндік береді. Қазіргі ГИС бағдарламалары осы құралдарды интеграциялаған.

ГИС жүйесінің рөлі кеңістіктік талдауда

Геоақпараттық жүйелер анықтамасы

Геоақпараттық жүйелер (ГИС, GIS – Geographic Information Systems) – бұл кеңістіктік деректерді жинау, сақтау, өңдеу, талдау және визуализациялау үшін арнайы әзірленген аппараттық-бағдарламалық кешен. ГИС картографиялық, атрибуттық, уақыттық деректерді біріктіріп, күрделі кеңістіктік сұрақтарға жауап береді.

ГИС функциялары

Деректерді жинау және енгізу: импорт, цифрландыру, геокодталу

Деректерді басқару: қабаттарды ұйымдастыру, метадеректер

Кеңістіктік талдау: overlay, buffer, network analysis

Визуализация: карталар, 3D модельдер, анимация

Нәтижелерді жариялау: веб-карталар, интерактивті дашбордтар

Негізгі ГИС платформалары



ArcGIS Pro

ESRI компаниясының флагманды бағдарламасы. Кәсіби картография, 3D визуализация, кеңейтілген талдау құралдары. ModelBuilder, Python интеграциясы. Коммерциялық, бірақ кең қолдау және ресурстар.



QGIS

Ашық кодты ГИС, тегін және көп платформалы. Кеңейтулер (plugins) жүйесі арқылы функционалдық кеңейтіледі. Python, R, GRASS интеграциясы. Білім беру және ғылыми зерттеулер үшін идеалды.



ERDAS Imagine

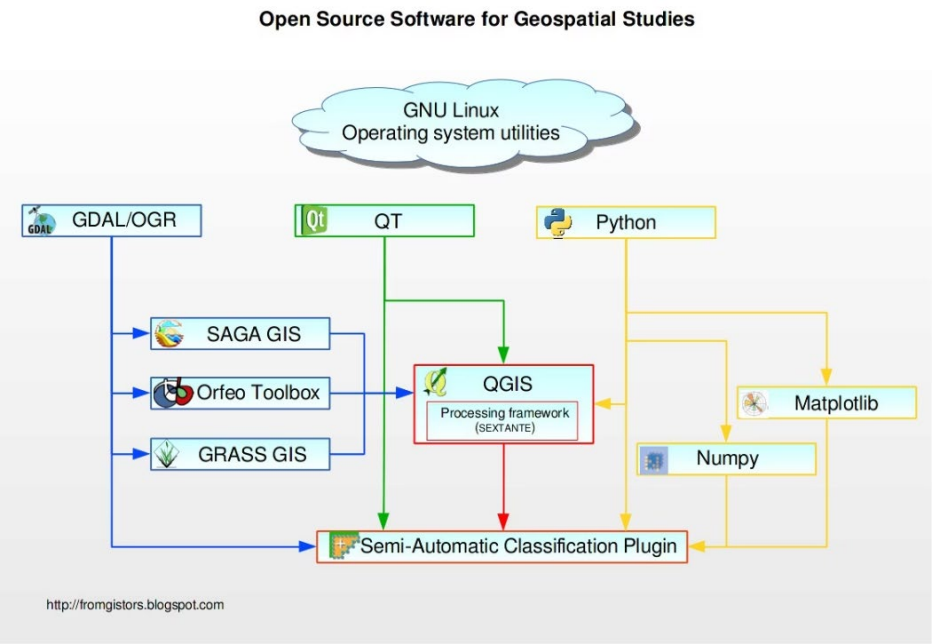
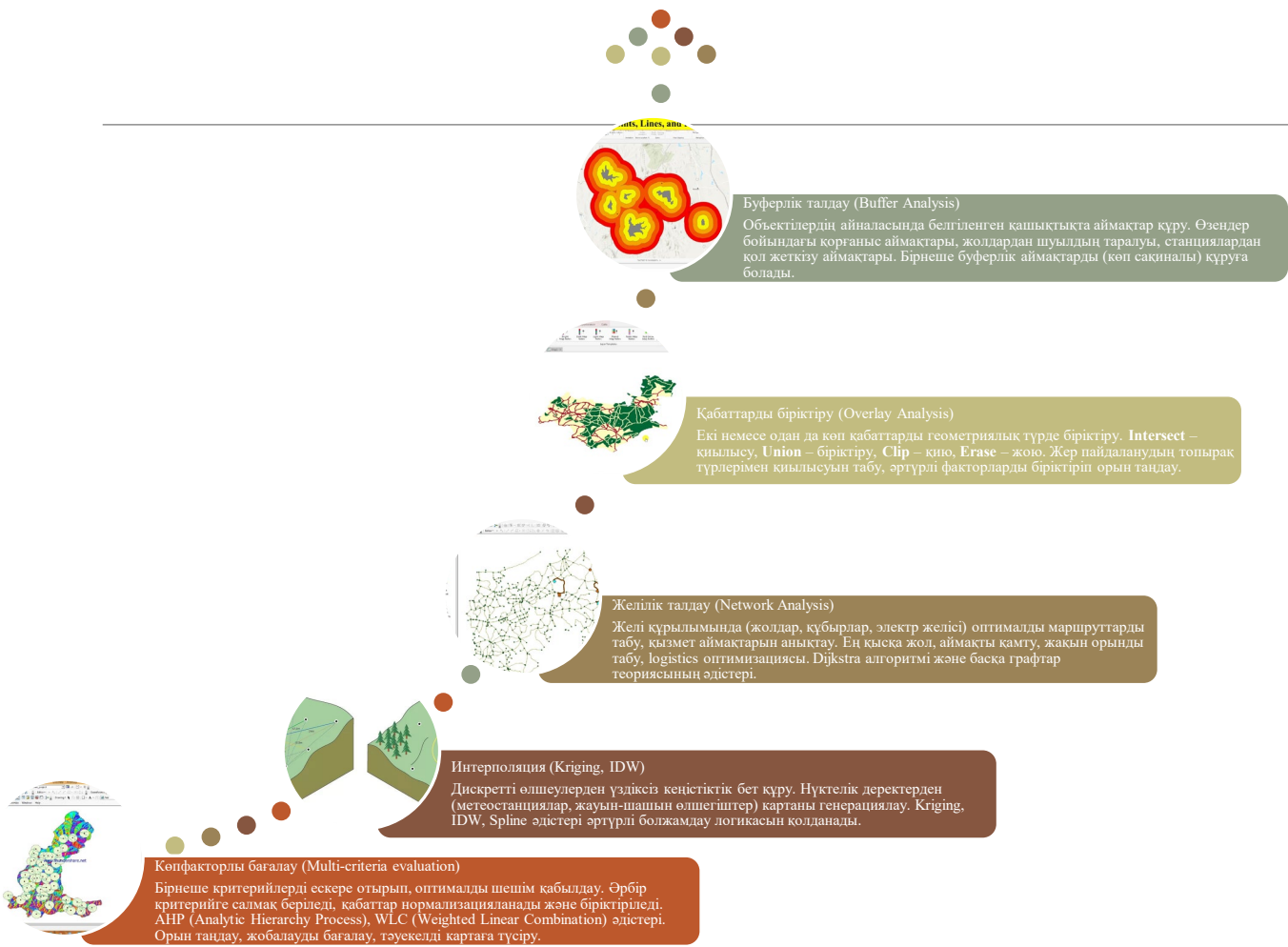
Қашықтықтан зондау суреттерін өңдеуге мамандандырылған. Суреттерді классификациялау, мультиспектрлік талдау, ортофототүзету. Hexagon компаниясының өнімі.



ENVI

Спектрлік талдауға арналған кәсіби бағдарлама. Гиперспектрлік деректерді өңдеу, объектіге негізделген талдау. IDL бағдарламалау тілімен интеграция.

Кеңістіктік талдаудың негізгі әдістері



ГИС – бұл тек бағдарлама емес, геоақпаратты жинау, өңдеу және қолдану бойынша кешенді жүйе

Бұл әдістерді біріктіру арқылы күрделі кеңістіктік есептерді шешуге болады. Мысалы, жаңа аурухана орнын таңдау кезінде: халық тығыздығын талдау, қол жетімділікті желілік талдау арқылы бағалау, экологиялық шарттарды overlay арқылы тексеру, көпфакторлы бағалау арқылы ең жақсы нұсқаны таңдау.

Қашықтықтан зондтау деректерінің маңызы



Қашықтықтан зондтау анықтамасы

Қашықтықтан зондтау (Remote Sensing) – объектілермен тікелей жанасусыз, электромагниттік сәулеленуді өлшеу арқылы жер бетін зерттеу технологиясы. Спутниктік, әуе платформалары және дронды жүйелер қолданылады.

Негізгі спутниктік жүйелер

Landsat бағдарламасы АҚШ-тың ұзақ мерзімді бағдарламасы (1972–). Landsat 8/9 – 30 м ажыратымдылық, 16 күнде қайталау. Мультиспектрлік каналдар, термалдық инфрақызыл. Тегін деректер, тарихи архив.	Sentinel миссиялары Еуропалық Copernicus бағдарламасы. Sentinel-2 – 10 м ажыратымдылық, 5 күнде қайталау. Sentinel-1 – радиолокация (бұлтты өтеді). Тегін деректер, өзекті мониторинг.	MODIS NASA Terra және Aqua спутниктері. Төмен ажыратымдылық (250-1000 м), бірақ күнделікті қамту. Климаттық және экологиялық мониторинг үшін идеалды. 36 спектрлік канал.
---	--	---

Кеңінен қолданылатын индекстер

NDVI

Вегетациялық индекс

Normalized Difference Vegetation Index – өсімдіктердің «жақсылығын» және денсаулығын бағалайды. $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$. Мәндері -1-ден +1-ге дейін.

NDWI

Су индексі

Normalized Difference Water Index – су объектілерін анықтайды және ылғалдылықты бағалайды. $NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$.

LST

Жер беті температурасы

Land Surface Temperature – термалдық каналдар арқылы жер бетінің температурасын өлшейді. Қалалық жылу аралдары, құрғақшылық талдауы.

NDBI

Құрылыс индексі

Normalized Difference Built-up Index – урбанизацияланған аймақтарды анықтайды. $NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$.

Негізгі артықшылықтары

- **Үлкен аумақты қамту:** бір суретте мың шаршы километрлер
- **Үздіксіз мониторинг:** жер бетінің динамикасын уақыт бойынша қадағалау
- **Қол жетпейтін аймақтарға қол жеткізу:** таулы, шөлейт, полярлық аймақтар
- **Мультиспектрлік ақпарат:** көзге көрінбейтін каналдар (инфрақызыл, ультракүлгін)
- **Тарихи деректер архиві:** Landsat 1972 жылдан бастап жинақталған
- **Өзектілік:** кейбір спутниктер күн сайын жаңартады

Қашықтықтан зондтау деректері заманауи экологиялық мониторингтің, ауыл шаруашылығын басқарудың, қала жоспарлаудың және климаттық зерттеулердің негізгі құралына айналды.

Кеңістіктік деректер сапасы

Кеңістіктік деректердің сапасы талдау нәтижелерінің дұрыстығын тікелей анықтайды. Сапасыз деректер негізінде қабылданған шешімдер қате және тіпті қауіпті болуы мүмкін. Сондықтан кеңістіктік деректерді бағалау және сапаны қамтамасыз ету міндеті өте маңызды.

Геометриялық дәлдік

Координаталардың нақтылығы және орналасу қателігі. Дәлдік RMSE (Root Mean Square Error) арқылы өлшенеді. Топографиялық карталар үшін стандарттар бар. GPS өлшемдері сантиметрлік дәлдікке жетеді, спутниктік суреттер – метрлік. Геореференция қатесі 1-2 пиксельден аспауы керек.

Атрибуттық толықтық және дұрыстық

Сипаттамалық деректердің болуы және олардың дұрыстығы. Жетіспейтін мәндер (null values), категориялық қателер, өлшем бірліктерінің сәйкессіздігі. Атрибуттарды тексеру және валидация процедуралары. Метадеректер – деректер туралы ақпарат (сапаның маңызды компоненті).

Уақыттық өзектілік

Деректердің қаншалықты жаңа екендігі. Динамикалық объектілер үшін (жолдар, құрылыс) өзектілік өте маңызды. Ескі деректер қазіргі жағдайды көрсетпейді. Жаңарту жиілігі мен өзектілік мерзімдері метадеректерде көрсетіледі. Change detection арқылы өзгерістерді қадағалау.

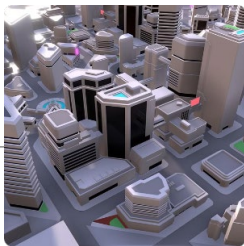
Деректер үйлесімділігі

Әртүрлі көздерден алынған деректердің біріктіру мүмкіндігі. Координаталар жүйесінің, масштабтың, форматтың, сипаттамалық өрістердің сәйкестігі. Семантикалық үйлесімділік – бірдей нысандардың әртүрлі атаулары. Стандарттар (ISO 19100, OGC) деректердің өзара әрекетін қамтамасыз етеді.



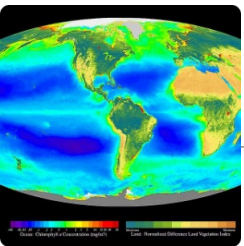
ISO 19157 стандарты кеңістіктік деректер сапасын бағалаудың халықаралық негізі болып табылады. Ол дәлдік, толықтық, логикалық үйлесімділік, позициялық дәлдік, уақыттық дәлдік және тематикалық дәлдікті қамтиды.

Кеңістіктік деректерді қолдану салалары



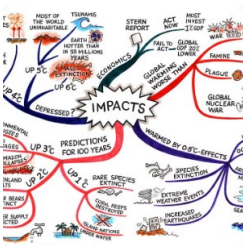
Қала құрылысы және аймақтық жоспарлау

Қалалық инфрақұрылымды жоспарлау, зонирование, көлік желілерін оптимизациялау. 3D қала модельдері, басым даму аймақтарын анықтау. Халықтың қозғалысын талдау, қоғамдық қызметтерге қол жеткізуді бағалау. Smart Cities концепциясы – IoT датчиктері мен ГИС интеграциясы.



Табиғи ресурстар мен жер пайдалану

Орман, су, минералды ресурстарды мониторингтеу және басқару. Жер пайдаланудың өзгерісін қадағалау, заңсыз кесуді анықтау. Кадастрлық есепке алу, жер телімдерін тіркеу. Топырақ деградациясы, эрозия модельдері. Тиімді жер пайдалану стратегияларын әзірлеу.



Экологиялық бағалау және климат

Ауа, су, топырақтың ластану деңгейін картаға түсіру. Қоршаған ортаны әсер ету бағалауы (ҚОАБ). Климаттық өзгерістердің аймақтық әсерін модельдеу. Биоәртүрліліктің таралуы, қорық аймақтарын жоспарлау. Көміртегі бюджеті, парниктік газдар эмиссиясы.



Көлік және логистика жүйелері

Маршруттарды оптимизациялау, навигация жүйелері. Көлік ағынын модельдеу, кептелістерді болжау. Тасымалдау шығындарын минимизациялау, қоймалар орнын таңдау. Қоғамдық көліктің тиімділігін арттыру. Real-time GPS қадағалау, телематика.



Ауыл шаруашылығын цифрландыру

Precision agriculture – дәл егіншілік технологиялары. Дақылдардың өсу жағдайын мониторингтеу (NDVI, NDMI). Суару басқару, топырақ ылғалдылығын бағалау. Егін алдын болжау, шығынды зонирование. Дронды түсірілімдер, мультиспектрлік камералар. VRA (Variable Rate Application) жүйелері.

Кеңістіктік деректер әлеуметтік-экономикалық дамудың барлық салаларында қолданылады: денсаулық сақтау (аурулардың таралуы, аурухана орналасуы), маркетинг (геомаркетинг, retail орналасуы), қауіпсіздік (қылмыс карталары, тәуекелдерді бағалау), туризм (маршруттарды жоспарлау, объектілерді басқару).

Мысал: Қазақстан бойынша ГИС талдау

Қазақстан территориясы – 2,7 млн км², әлемдегі тоғызыншы үлкен мемлекет. Осындай үлкен аумақты тиімді мониторингтеу және басқару қашықтықтан зондтау және ГИС технологияларынсыз мүмкін емес. Қазақстанның әртүрлі табиғи-климаттық аймақтары (шөлдер, далалар, таулар) әртүрлі экологиялық процестерді зерттеуді талап етеді.

Жер жамылғысының өзгерістерін талдау

Landsat (1972 жылдан бастап) және Sentinel (2015 жылдан бастап) спутниктерінің мультиуақыттық деректері негізінде Қазақстан аумағында келесі өзгерістерді талдауға болады:

- **Деградация процестері:** Арал теңізінің құрып кетуі, тұздану аймақтарының кеңеюі
- **Урбанизация:** Астана, Алматы, Шымкент қалаларының кеңеюі
- **Ауыл шаруашылығы:** егістік алқаптардың өзгеруі, суарылатын жерлердің динамикасы
- **Орман өсуі:** Көктөбе, Іле Алатауы орман массивтерінің жағдайы

Аймақтық экологиялық мониторинг жүйесі

Қазақстанда ұлттық геоақпараттық инфрақұрылым дамып келеді. ГИС негізінде аймақтық экологиялық мониторинг жүйесін құру келесі компоненттерді қамтиды:

Деректерді автоматты жинау

Спутниктік суреттерді тұрақты жүктеу және өңдеу. Метеостанциялар, су сапасын бақылау датчиктері деректерін интеграциялау.

Кеңістіктік талдау жүргізу

NDVI, NDWI, LST индекстерін есептеу. Change detection – өзгерістерді анықтау. Деградация аймақтарын картаға түсіру.

Интерактивті веб-портал

Нәтижелерді онлайн карталар түрінде жариялау. Қоғам мен шешім қабылдаушылардың қолжетімділігі. Дашбордтар, статистика, есептер.

Шешім қабылдауды қолдау

Экологиялық қауіптерді ескерту, болжамдар. Басқару шараларын жоспарлау және бағалау. Ресурстарды тиімді бөлу.

Қорытынды

Кеңістіктік деректерді талдау – қазіргі ғылым мен басқарудың негізгі құралы, болашақтың тілі

Негізгі тұжырымдар

Кеңістіктік деректерді талдау қазіргі заманғы географиялық ғылымның және практикалық қызметтің негізгі бағыты болып табылады. ГИС пен қашықтықтан зондтау—технологияларының дамуы күрделі табиғи және әлеуметтік процестерді модельдеуге, болжауға және басқаруға мүмкіндік береді.

Қазақстан сияқты үлкен территориясы бар елдер үшін кеңістіктік деректер инфрақұрылымын дамыту стратегиялық маңызға ие. Ашық деректер, стандарттар, кадрлық даярлау және халықаралық әдістемелерді ендіру – осы бағыттағы басым міндеттер.

Деректер сапасын арттыру, өзара әрекеттестікті (interoperability) қамтамасыз ету, жасанды интеллект пен Big Data әдістерін интеграциялау – болашақтың негізгі бағыттары. Кеңістіктік талдаудың мүмкіндіктері тек технологиялармен ғана емес, сонымен қатар креативті және сыни ойлау қабілетімен де анықталады.

Негізгі әдебиеттер тізімі

- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. *Geographical Information Systems and Science*. 4th Edition. Wiley, 2020. – 496 p.
- Burrough P.A., McDonnell R.A. *Principles of Geographical Information Systems*. 3rd Edition. Oxford University Press, 2015. – 333 p.
- ESRI. *ArcGIS Pro Documentation*. [Электрондық ресурс]. 2024. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/get-started.htm>
- Томпсон Дж. *Геоинформационные системы: основы и применение*. Москва: ДМК Пресс, 2021. – 480 с.
- Copernicus Open Access Hub. *Sentinel Missions*. [Электрондық ресурс]. URL: <https://scihub.copernicus.eu/>
- Jensen J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd Edition. Pearson, 2016. – 592 p.
- Bolstad P. *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. 6th Edition. XanEdu, 2019. – 764 p.

Назар аударғаныңызға рахмет! Сұрақтарыңыз болса, хабарласыңыз.