

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

# Л.1 Концептуальні основи просторового аналізу

доц., к.т.н. Горковчук Ю.В.

FACULTY  
Geoinformation  
systems and territory  
management

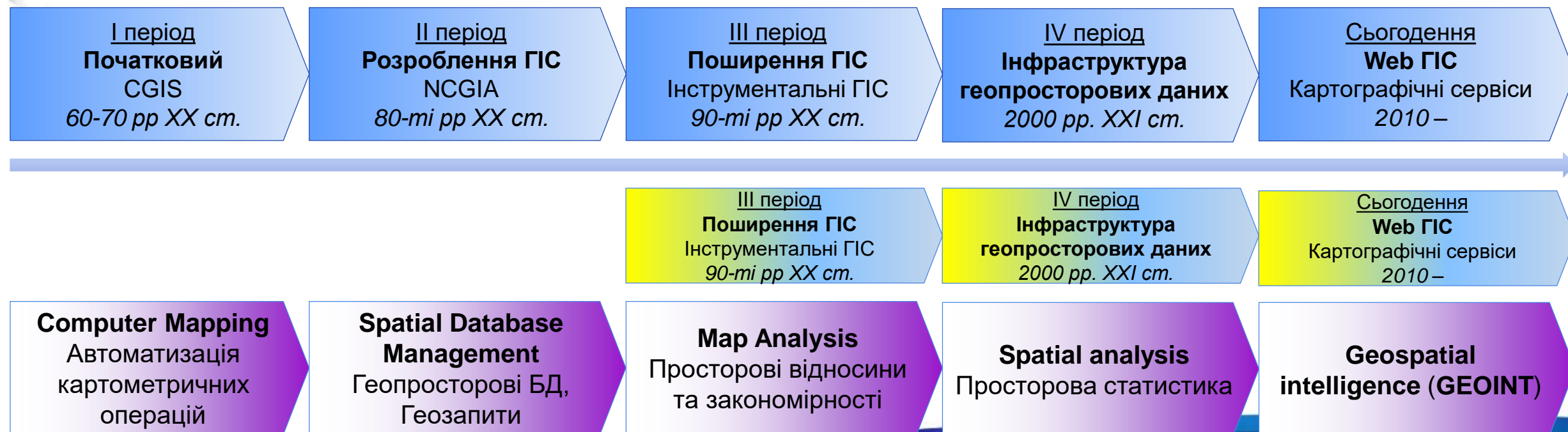


# ГЕОТЕХНОЛОГІЯ

**Geotechnology** – one of the three “mega-technologies” for the 21<sup>st</sup> Century (the other two are **Nanotechnology** and **Biotechnology**)

(U.S. Department of Labor)

Geotechnology - the application of science and technology in order to utilize the earth's natural resources [*Collins English Dictionary. Copyright © HarperCollins Publishers*]



# ЕВОЛЮЦІЯ ГІС

## I період 60-70 рр. XX ст. - створення перших географічних інформаційних систем

- розробленням перших комп'ютерних систем просторового аналізу растрових зображень й автоматизованого картографування з використанням лінійних і пір'яних плотерів

## II період 80-ті рр. XX ст. – виникнення майбутніх лідерів світового ГІС-забезпечення

- необхідність створення державних інтегрованих ГІС, особливо у зв'язку з управлінням природними ресурсами і моніторингом навколишнього середовища
- розробляються програмні ГІС-пакети
- реалізація низки міжнаціональних і глобальних проектів з моніторингу природного середовища, таких, як CORINE - Геоінформаційна система країн Європейського співтовариства (з 1985 р.) та GRID - Глобальний ресурсний інформаційний банк даних (з 1987 р.)

## III період 90-ті рр.. XX ст.

- прогрес апаратних засобів: як комп'ютерів — виникненням 32-бітових, а потім 64-бітових міні- і мікроЕОМ, так і засобів введення і виведення просторової інформації — дигітайзерів, сканерів, графічних дисплеїв і плотерів,

- поширення комерційних ГІС-пакетів («інструментальних ГІС») - тенденція переключення масового інтересу від великих професійних інструментальних ГІС, що запускаються на робочих станціях або великих комп'ютерах фірм IBM, SUN, DEC та ін., до настільних інструментальних ГІС, здатних працювати на персональних комп'ютерах.

## IV період 2000 рр. XXI ст. - **Інфраструктура геопросторових даних**

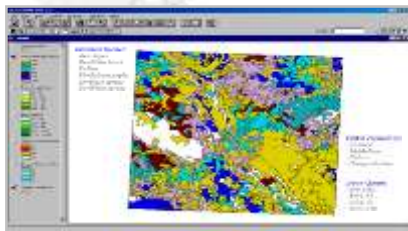
- ГІС-технології стоять на порозі масового застосування - ГІС-модулями оснащуються широко поширені офісні пакети (Excel, Lotus 1-2-3, CorelDRAW), мобільні пристрої оснащуються приймачем GPS, а відповідно, і програмними засобами відображення розташування на карті

## Сьогодення 2010 – ... **Web ГІС**

- **Web-ГІС або Web- картографія**
- Картографічні сервіси (WFS, WMS, WCS)
- Картографічні веб-сервера (MapServer, GeoServer, OpenLayers та ін.)
- Віртуальні глобуси (Google Maps, Google Earth, Virtual Earth)
- **Геопортали** (<http://geoportal.org.ua/>, <http://dgm.gki.com.ua/>)
- Web- картографія в Україні (<http://www.map.land.gov.ua/>, <http://mkk.kga.gov.ua/>)

# Еволюція аналізу картографічних даних

## Традиційні ГІС



Карта інвентаризації лісу

- Точки, лінії, полігони
- Дискретні об'єкти
- Картографування та Гео-запрос

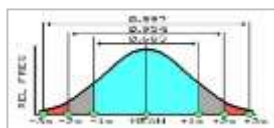
## Просторовий аналіз



Висота (поверхня)

- Комірки, поверхні
- Безперервний географічний простір
- Контекст просторових відносин

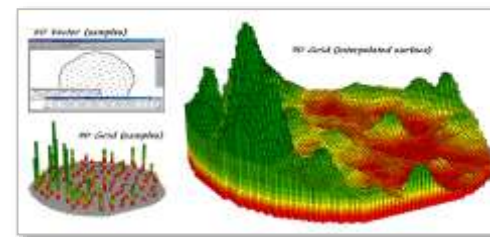
## Традиційна статистика



Minimum= 5.4 ppm  
Maximum= 103.0 ppm  
Mean= 22.4 ppm  
StDEV= 15.5

- Медіана, середнє (нормальний розподіл)
- Загальні тенденції
- Звичайне значення

## Просторова статистика



Просторовий розподіл (поверхня)

- Відображення дисперсії (gradient)
- Просторовий розподіл
- Кількісні просторові відносини



# ЗМІСТ КУРСУ

1. Концептуальні основи просторового аналізу в ГІС
2. Методологічні основи
3. Картографічний просторовий аналіз
  1. Геометрія об'єктів
  2. Операції відстані та напрямку
  3. Картографічна алгебра
4. Прогнозування та геопросторова статистика
  1. Статистичні методи
  2. Прогнозування
  3. Просторова автокореляція
  4. Просторова регресія
5. Аналіз поверхонь та географічних полів
  1. Моделювання поверхонь
  2. Грідінг та інтерполяція
  3. Геостатистичні методи інтерполяції
6. Мережевий аналіз
7. Методи та моделі геобчислень
  1. Геомоделювання
  2. Штучні нейронні мережі
  3. Генетичні алгоритми

# » ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОНЯТТЯ

## Просторовий /геопросторовий аналіз –

- Геопросторовий аналіз - це підхід до застосування методів статистичного аналізу та різних інформаційних технологій до даних географічного або геопросторового характеру (геоданих). Такий аналіз передбачає використання спеціалізованого ПЗ для геопросторового опрацювання та представлення, застосування аналітичних методів до наземних чи географічних даних, зокрема засобами географічних інформаційних систем (ГІС) та геоінформатики [*Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії*]
- Просторовий аналіз або просторова статистика включає в себе будь-які формальні техніки які вивчають об'єкти, використовуючи їх топологічні, геометричні, чи географічні властивості [*Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії*]
- Совокупность аналитических методов географического исследования, связанных с изучением пространственных структур: методы географических полей, картометрический анализ и мн. др. [*Словарь по географии. 2015*]
- Пространственный анализ - группа функций, обеспечивающих анализ размещения, связей и иных пространственных отношений пространственных объектов, включая анализ зон видимости/невидимости, анализ соседства, анализ сетей, создание и обработку цифровых моделей рельефа и др. [*Финансовый словарь*]

# » ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОНЯТТЯ

Кожного разу, коли ми дивимося на карту, ми по суті починаємо перетворювати цю карту в інформацію, аналізуючи її зміст – знаходячи просторові розподіли, оцінюючи тенденції або приймаючи рішення. Цей процес називається просторовим аналізом і **це те, що наші очі та розум виконують природно кожного разу, коли ми дивимося на карту.** [курс «Просторове моделювання, Vancouver Island University, Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку]

## Просторовий (геопросторовий) аналіз –

- **набір процедур та методів аналізу об'єктів і явищ, що локалізовані в географічному просторі** [Ian N. Gregory and Paul S. Ell. *HISTORICAL GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship* / Ian N. Gregory, Paul S. Ell. – UK: Cambridge University Press, 2007. – 241 p]
- процес визначення просторових, структурно-функціональних та інших взаємозв'язків між геопросторовими об'єктами для уточнення, зміни або отримання якісно нової інформації [Військовий стандарт ВСТ 01.101.007 – 2017 (01) “Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення”. Видання 1]

# » Предмет та об'єкт просторового аналізу

- **Об'єктом** геопросторового аналізу є **географічний простір (або геопростір)** – об'єкти та явища над, під та на поверхні землі.
  - **Географічна інформація (Geographic Information)** – інформація про об'єкти та явища, які безпосередньо або опосередковано пов'язані з певним місцеположенням відносно Землі [*Національний стандарт України ДСТУ ISO 19101:2002*]
- **Предметом** геопросторового аналізу є **взаємозв'язки об'єктів та явищ**, що відбуваються на поверхні Землі, з врахуванням їх просторового розташування

*До ознак, що відрізняють просторовий аналіз відносять такі:*

- просторовий розподіл
- трьохвимірний простір
- невиконання класичних статистичних критеріїв



## ➤ Географічні об'єкти

***Об'єкти (Objects) географічного простору (географічні об'єкти) – природні або штучні, цілісні і відносно стабільні географічні утворення, що характеризуються певним місцем розташування на поверхні Землі та участю у формуванні й зміні ландшафту***

*ГЕОГРАФІЧНІ ДАНІ Є ЄДНІСТЮ ДВОХ КОМПОНЕНТІВ – ГЕОПРОСТОРОВОЇ ТА ТЕМАТИЧНОЇ*

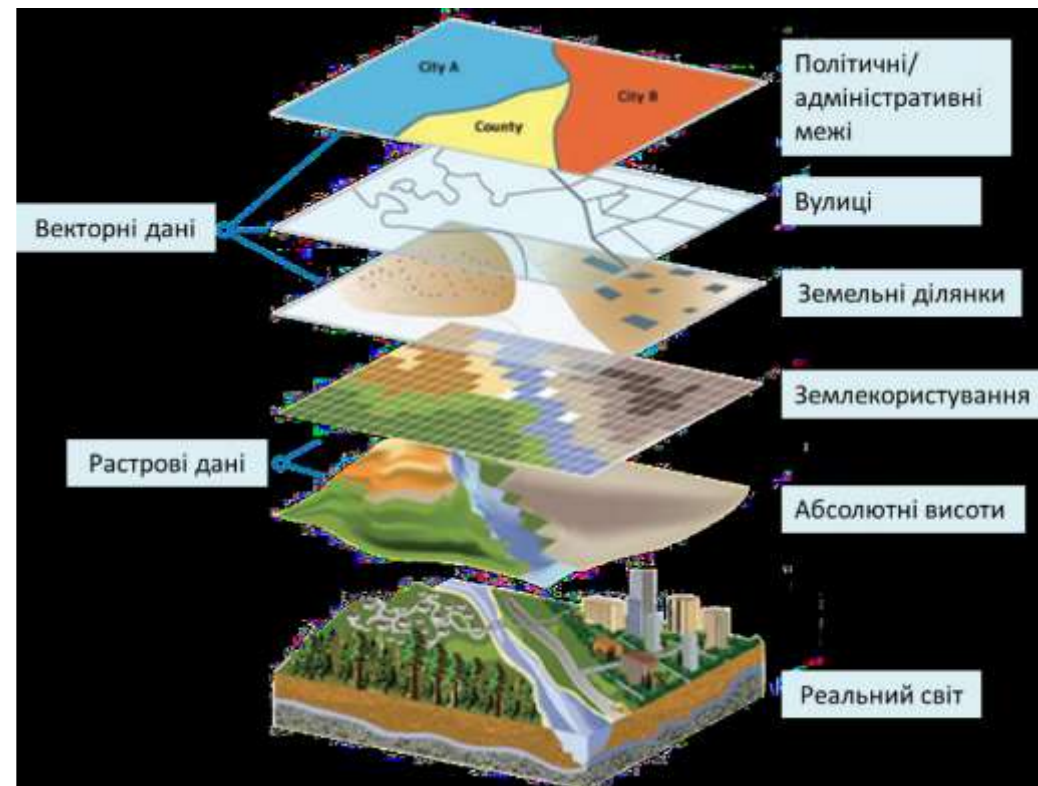
- Точки Points
- Полілінії Polylines - упорядкована множина з'єднаних вершин  $V_1, V_2, \dots, V_{n-1}, V_n \neq V_1$ , де з'єднання (ребра) є прямими відрізками. Вершина  $v_1$  має назву початку полілінії та  $v_n$  – кінець полілінії
- Полігони Polygons - замкнута фігура на площині, що складається з упорядкованої множини з'єднаних вершин,  $V_1, V_2, \dots, V_{n-1}, V_n = V_1$ , де з'єднання (ребра) мають вид прямих відрізків





# КОНЦЕПЦІЯ ШАРІВ

- шар - набір геометричних примітивів одного типу (напр., точка, лінія або полігон)
- Багатотиповість властивостей місця
- Комбінування шарів
- Роздільна здатність моделювання та геокодування відмінностей
- **Інтероперабельність** (*Interoperability*) - сумісність або здатність системи для використання та обміну даними без значних втрат



# »» ТОПОЛОГІЯ (TOPOLOGY)

– та частина опису просторових даних, яка служить для відображення взаємного положення геометричних об'єктів та їх частин у векторно-топологічному поданні даних.

## Топологічні властивості об'єктів:

- **розмірність:** відмінність між точкою, лінією, площею та об'ємом, що має назву топологічний рівень 0, 1, 2 та 3 відповідно;
- **суміжність:** властивість об'єктів, що мають спільні точки, наприклад земельні ділянки, округи та національні кордони ;
- **зв'язаність:** наприклад, переходи між вулицями, дорогами, залізницями або річками;
- **локалізація:** розташування різнорідних об'єктів відносно одне одного, наприклад, коли точка лежить всередині, а не за межами полігону.

# ➤ ПРОСТОРОВА ЗАЛЕЖНІСТЬ Spatial dependence

- Spatial dependence) це зміна властивостей в залежності від розташування об'єкту в географічному просторі

*Перший закон Тоблера: «Всі речі пов'язані, але близькі речі більш пов'язані, ніж далекі речі»*

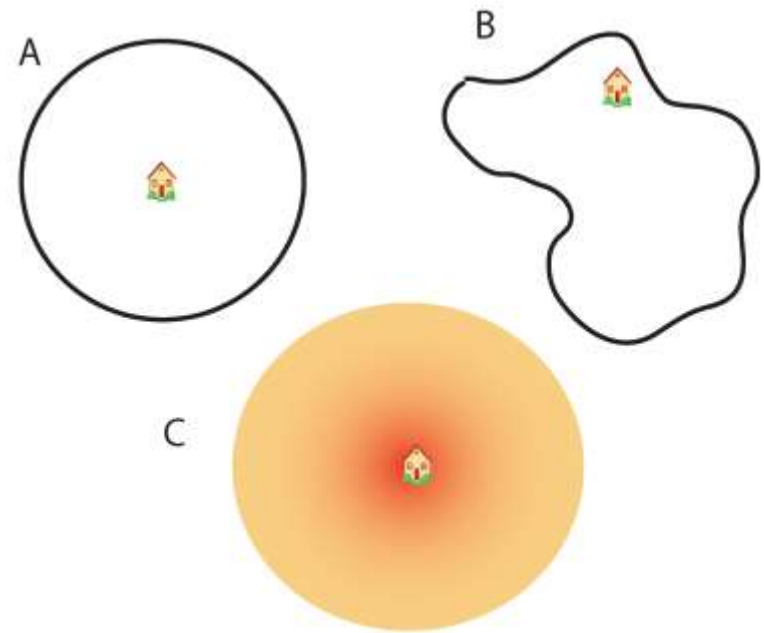
*Waldo Tobler is "Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things."*



# ➤ ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ *Spatial heterogeneity*

- це значні відмінності між різними місцями географічного простору

- **Сусідство (neighborhood)**  
використовується для позначення простору, що розташований в безпосередній близькості від вибраного об'єкту або точки простору
- **Locational effects** – кожне місцеположення має певний ступень унікальності



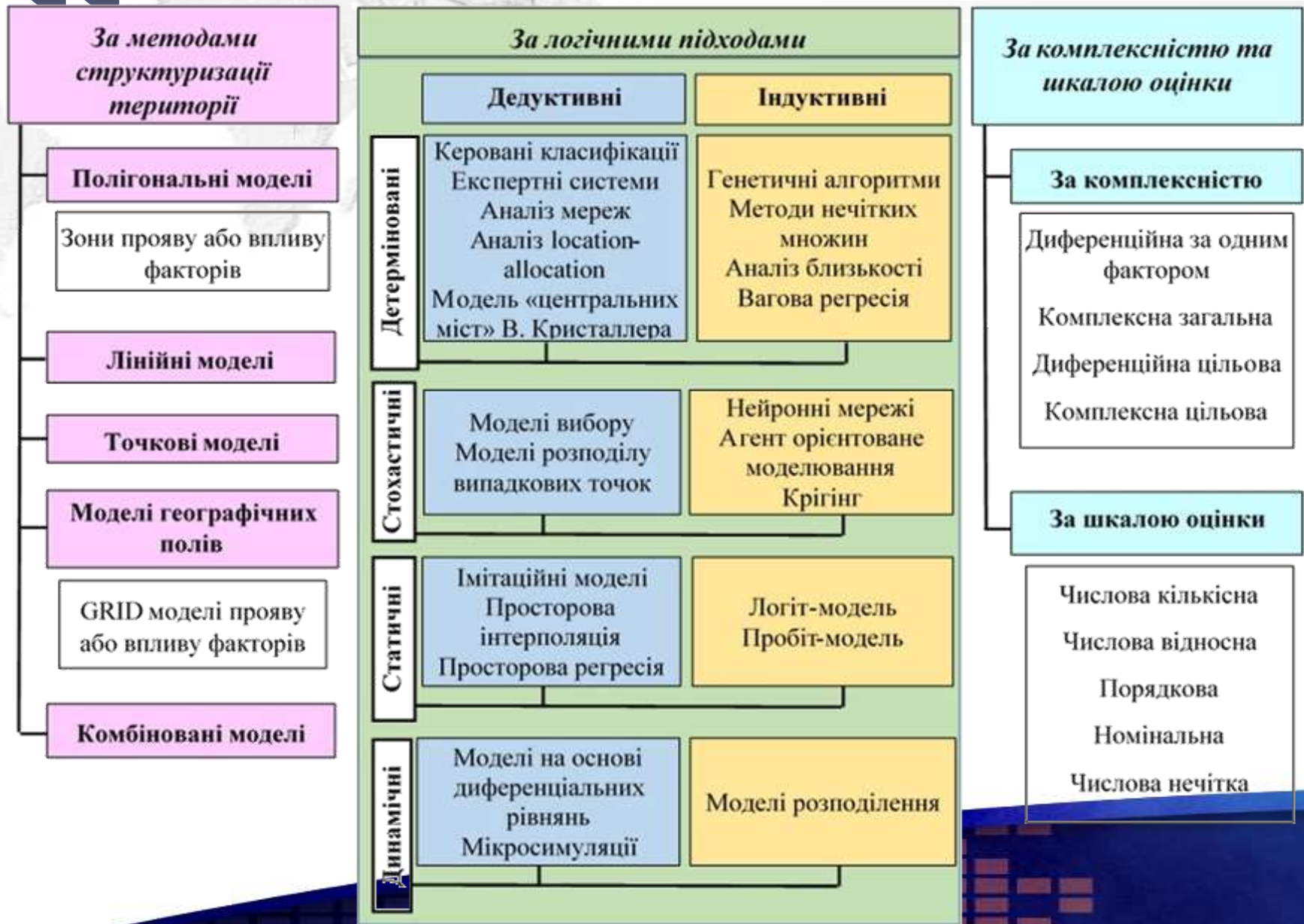
## » ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ

- процес аналізу подій на основі ймовірностей їх настання з застосуванням географічного фільтру

Модель має реалізувати **фундаментальний принцип просторової взаємодії** – все, що знаходиться або відбувається в даному місці, принаймні частково визначається всім, що знаходиться або відбувається в близькій групі місць.

В контексті просторового аналізу **модель** є схематичним умовним зображенням реальності, що розроблене з метою розуміння та пояснення природи явищ і процесів із застосуванням відповідної мови подання

## Класифікація геопросторових моделей



## Процес моделювання включає такі етапи:

1. формування моделі
2. функціонування моделі
3. аналіз результатів
4. оцінка якості результатів моделювання





# Програмне забезпечення для роботи з геопросторовими даними

## Мультифункціональні ПС



## Digitals

## Веб-додатки



## Open Source

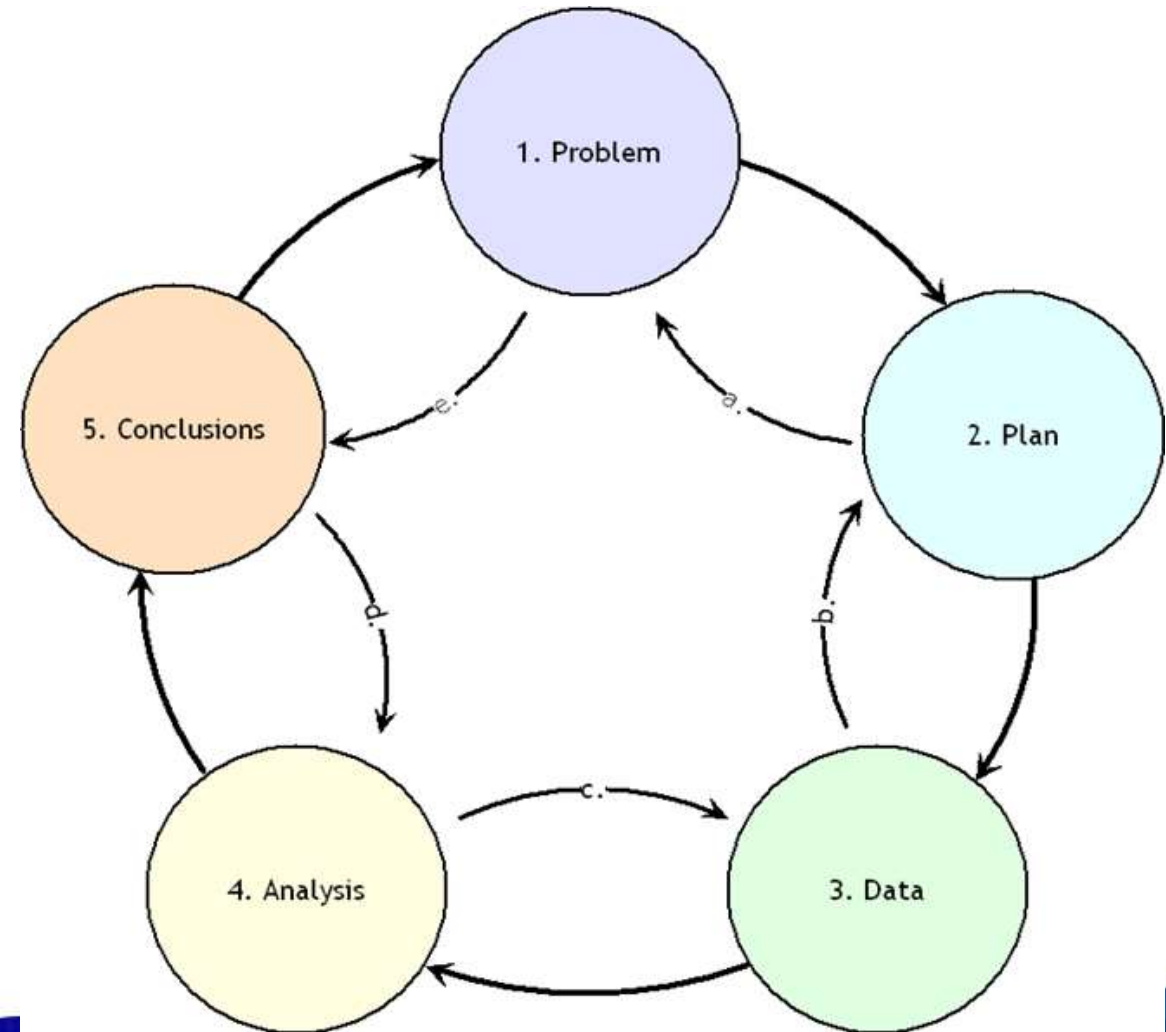


## Дистанційне зондування Землі



# ➤ Аналітична методика ППДАВ/ PPDAC

- Маскау & Oldford
  - Аналіз - лише частина процесу
  - Процес є ітераційним
  - Затвердження загального плану та результатів з **кінцевим користувачем**
  - Оцінка та управління ризиками



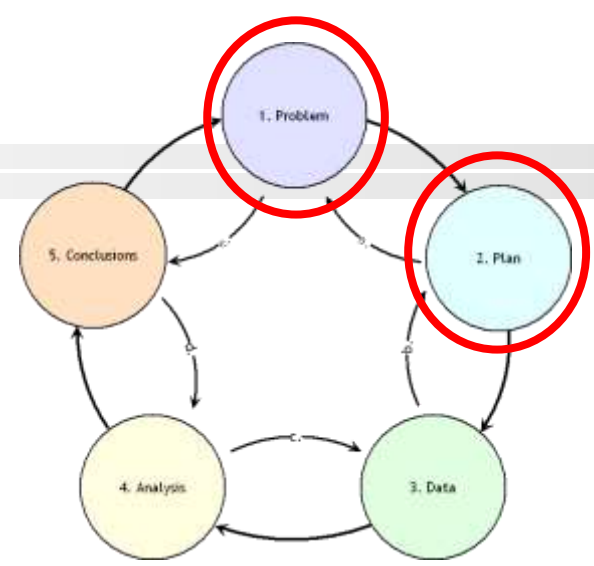
# Етапи

## 1. Етап розуміння та визначення проблеми

- Визначення проблеми
- Камеральне дослідження як частина початкового процесу
- Визначення конкретних просторових питань:
  - просторові фактори: по якій області дослідження повинна бути виконана робота, якій масштаб даних має бути використано?
  - статистичні фактори: на якому рівні групування дані мають бути проаналізовані та оголошені?
  - просторові фактори взаєморозташування: просторова специфікація або чи впливає на аналіз порядок або перестановка елементів дослідження?
  - чи задовольняють доступні ресурси вимогам формулювання проблеми або стандартам якості, в іншому випадку необхідно знаходити компроміс

## 2. План

- формулювання підходу до вирішення проблеми з послідовним зверненням до кожного етапу (Д, А, В) для досягнення результатів, що відповідають сформованому завданню
- ТЗ



*Розділення завдання на ключові компоненти, спрощення проблеми з метою зосередження на її істотних та найбільш важливих компонентах часто є дуже ефективними першими кроками*

# » Технічне завдання – курсова робота

## **ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы (Взамен ГОСТ 24.201-85)**

2.1. ТЗ на АС содержит следующие разделы, которые могут быть разделены на подразделы:

- 1) общие сведения;
- 2) назначение и цели создания (развития) системы;
- 3) характеристика объектов автоматизации;
- 4) требования к системе;
- 5) состав и содержание работ по созданию системы;
- 6) порядок контроля и приемки системы;
- 7) требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие;
- 8) требования к документированию;
- 9) источники разработки.

В ТЗ на АС могут включаться приложения.

## **ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.**

## **ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.**



# Технічний проект – курсова робота

- стадія створення автоматизованої системи та проектна конструкторська документація, яка містить остаточне технічне рішення і дає повне уявлення про будову розроблюваного продукту

*Перелік видів документів та їх коди стадії «Технічний проект» для АС*

Технічний проект розробляється на підставі затвердженого завдання на проектування та техніко-економічного обґрунтування

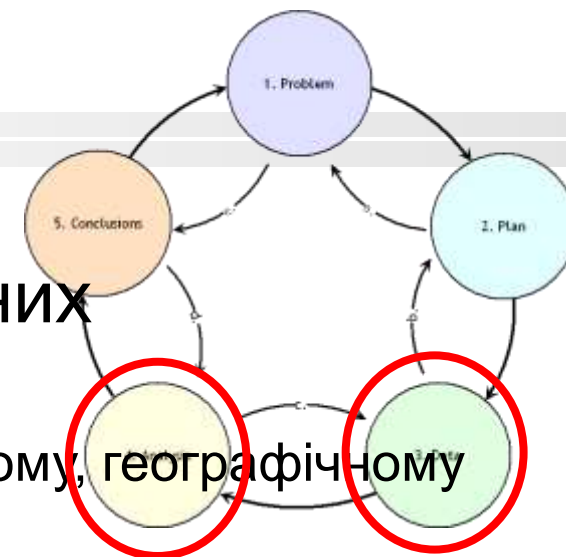
**ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания**

Код документа	Назва документа	Частина проекту
ТП	Відомість технічного проекту (за ЕСКД)	ЗВ
С0	Схема організаційної структури	ЗВ
С1	Схема структурна комплексу технічних засобів (за ЕСКД)	ТЗ
С2	Схема функціональної структури (за ЕСКД)	ЗВ
В9	Перелік завдань на розробку спеціалізованих (нових) технічних засобів	ТЗ
С3	Схема автоматизації (за ЕСКД)	ТЗ
ВП	Відомість покупних виробів (за ЕСКД)	ТЗ
В1	Перелік вхідних сигналів і даних	ІЗ
В2	Перелік вихідних сигналів (документів)	ІЗ
В3	Перелік завдань на розробку будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших розділів проекту, пов'язаних зі створенням системи	ТЗ
П2	Пояснювальна записка до технічного проекту	ЗВ
П3	Опис функцій, що автоматизуються	ЗВ
П4	Опис постановки задач	ЗВ
П5	Опис інформаційного забезпечення системи	ІЗ
П6	Опис організації інформаційної бази	ІЗ
П7	Опис систем класифікації і кодування	ІЗ
П8	Опис масиву інформації	ІЗ
П9	Опис комплексу технічних засобів	ТЗ
ПА	Опис програмного забезпечення	ПЗ
ПБ	Опис алгоритму (проектної процедури)	МЗ
ПВ	Опис організаційної структури	ОЗ
С8	План розташування	ТЗ
	відомість обладнання і матеріалів	ТЗ
Б1	Проектна оцінка надійності системи	ЗВ
Б2	Локальний кошторисний розрахунок	ЗВ

# Етапи

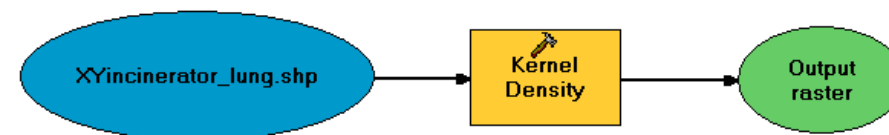
## 1. Дані - збирання та оцінювання якості вхідних даних

- Якість та вартість
- сумісності різних наборів даних: в форматах і кодуванні; в часовому, географічному та тематичному поданні; за якістю і закінченістю
- перетворення даних, зважування, згладжування та нормалізація об'єктів для полегшення порівняння і поєднання даних з різних типами та екстентом



## 2. Аналіз

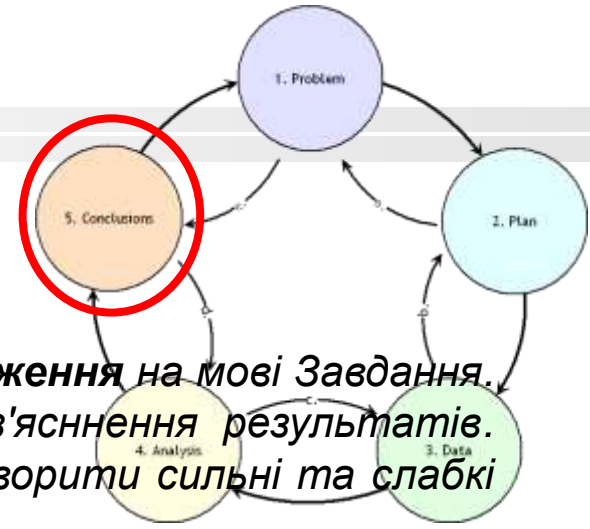
- багат шарова дія, що починається з маніпуляцій введення даних та переходить в аналітичну фазу з метою виявлення закономірностей і побудови гіпотез щодо просторових явищ та процесів – застосування методів та інструментів



# Етапи

## 1. Висновки

*«Мета стадії Висновку полягає в тому, щоб повідомити про результати дослідження на мові Завдання. Короткі числові резюме та графічні презентації повинні застосовуватись для роз'яснення результатів. Статистичної мови необхідно уникати. Також, Висновок забезпечує можливість обговорити сильні та слабкі сторони етапів План, Дані та Аналіз, особливо відносно до можливих помилок»*



Mackay i Oldford

- Геовізуалізація
- Оцінка якості
- Визначити та подати сильні і слабкі сторони та можливі джерела помилок
- Подальші дії та рекомендації

# СТАНДАРТИ

## **Міжнародна Організація зі Стандартизації International Organization for Standardization, ISO**

- ISO 19100 Geographic information
- ДСТУ ISO 19115:2003 Geographic information – Metadata (ISO 19115:2003 Географічна інформація – Метадані);
- ДСТУ ISO 19101: 2002 (Е). Географічна інформація – Еталонна модель (Geographic information – Reference model);\*)
- Військовий стандарт ВСТ 01.101.007 – 2017 (01) “Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення”. Видання 1

## **Відкритий геопросторовий консорціум Open Geospatial Consortium, OGC**

- OpenGIS. Simple Features Specification for SQL. Revision 1.0, Open GIS Consortium, Inc. March, 1998 (Відкриті ГІС. Специфікація простих об’єктів для SQL. Версія 1.0, Open GIS Consortium, Inc. March, 1998)

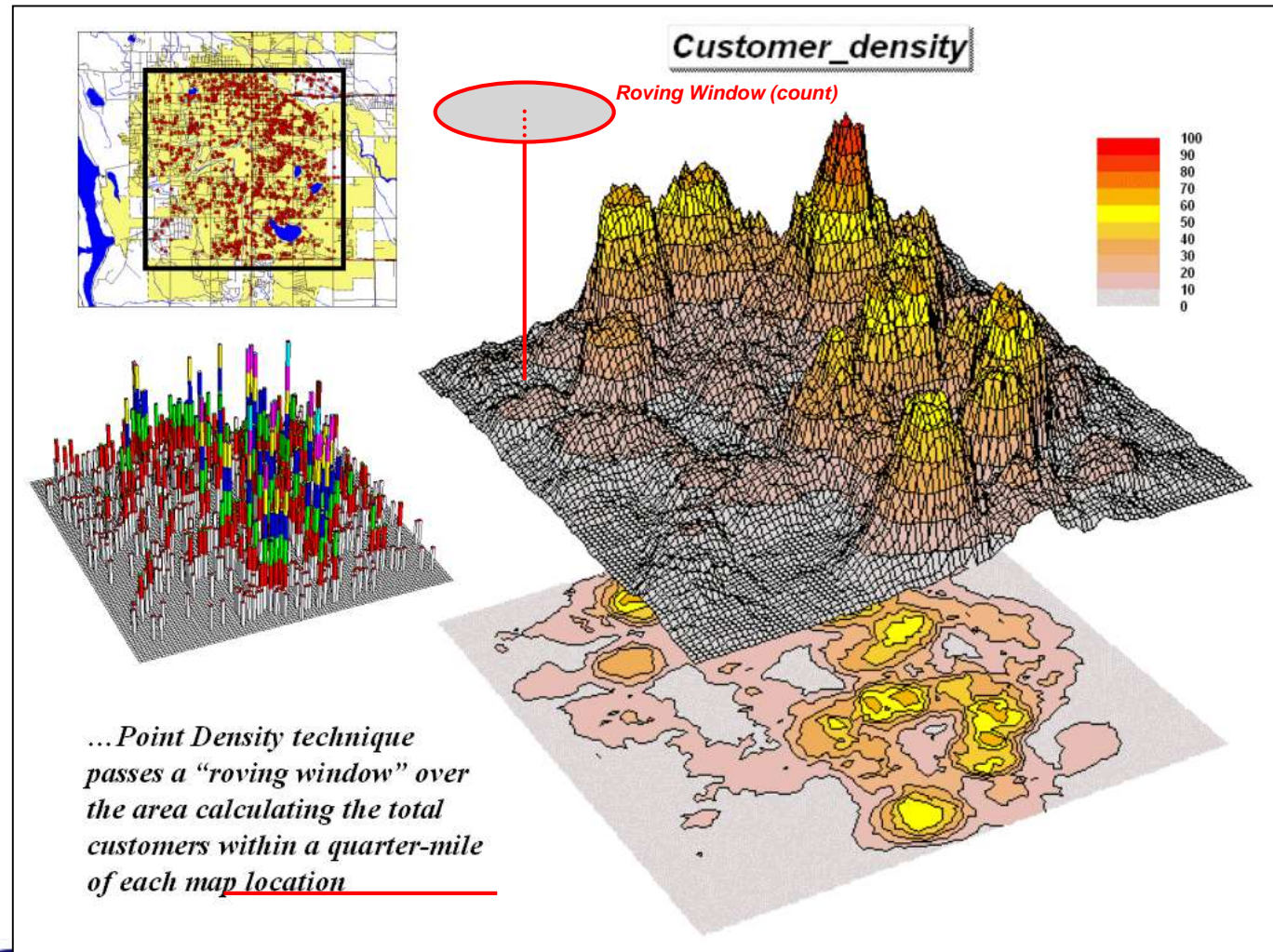
## **Digital Geographic Information Working Group (DGIWG)**

- Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST)

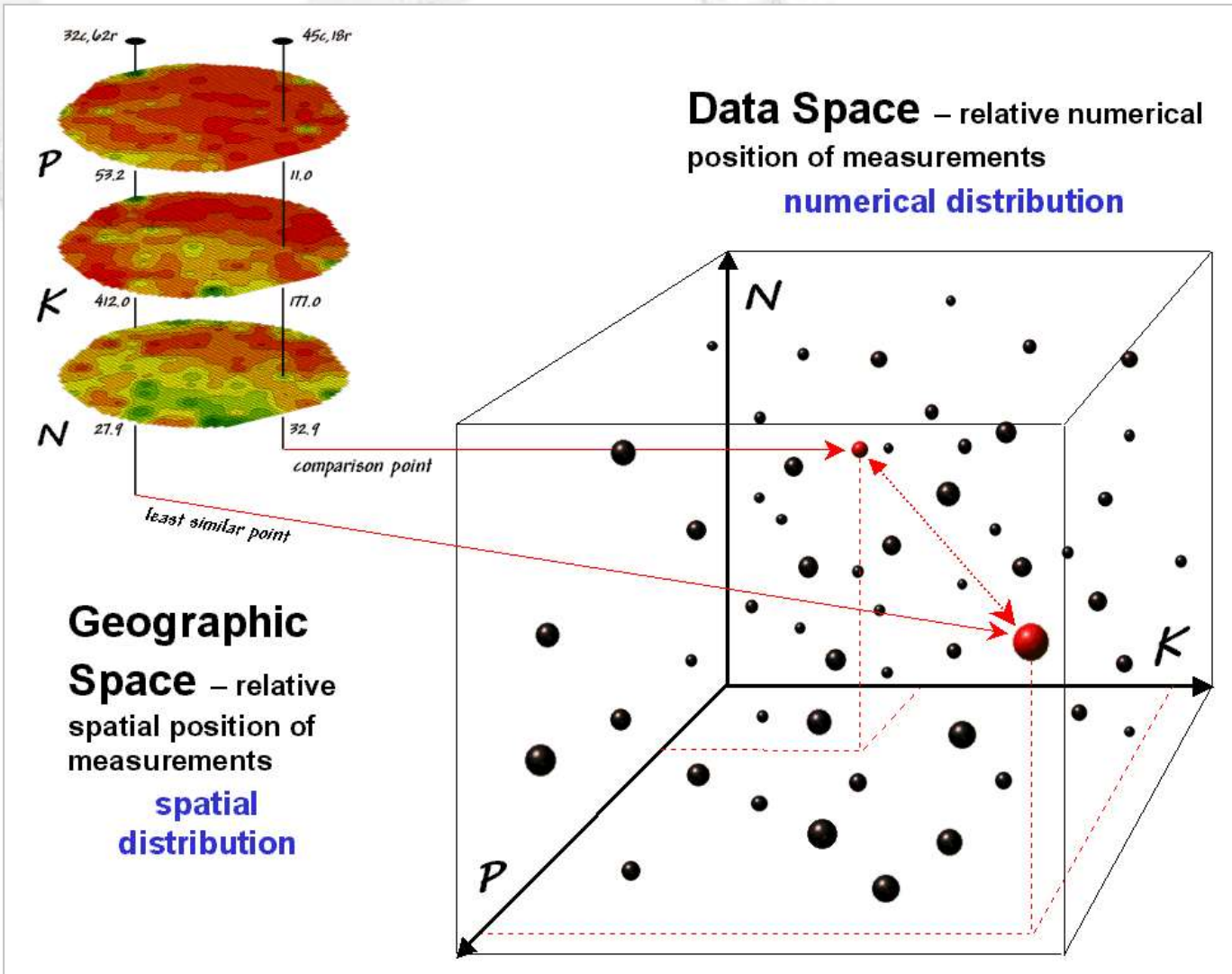


# Point Density Analysis

- Point Density analysis identifies the total number of customers within a specified distance of each grid location



# Calculating Data Distance



- ...an n-dimensional plot depicts the multivariate distribution - the distance between points determines the relative similarity in data patterns

## Pythagorean Theorem

2D Data Space:

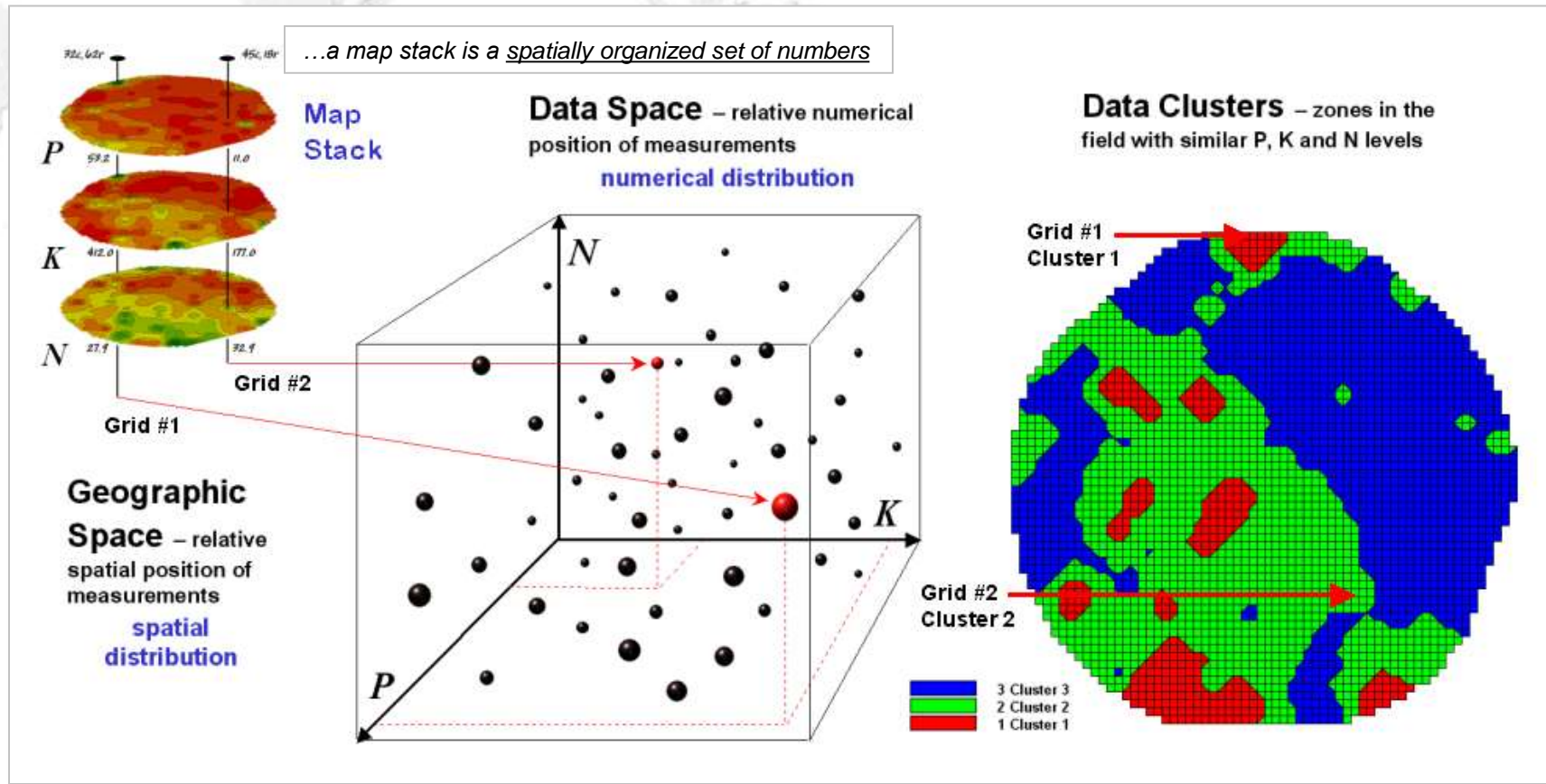
$$\text{Dist} = \text{SQRT}(a^2 + b^2)$$

3D Data Space:

$$\text{Dist} = \text{SQRT}(a^2 + b^2 + c^2)$$

...expandable to N-space

# Clustering Maps for Data Zones



Groups of “floating balls” in data space identify locations in the field with similar data patterns— data zones or Clusters

# Список літератури

1. Геоинформационные системы в менеджменте. Учебное пособие/ С. Г. Казаков, К. Г. Дочева, Г. Н. Сухорукова. — Москва: Изд-во ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», 2015.- 134.С.
2. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. (Учебное пособие. Гриф УМО по образованию в области геодезии и фотограмметрии)/ М.:КУДИЦ-ПРЕСС, 2009, [ISBN 978-5-911136-065-8](#)
3. Информационные технологии в менеджменте (управлении): учебник и практикум для академического бакалавриата / Ю. Д. Романова.- М.: Юрайт , 2014.- 478с.
4. Ковальчук А.К, Шайтура С. В., и др. ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ — учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 230201 «Информационные системы и технологии»// М.:Изд.-во «Рудомино», 2009 [ISBN 978-5-85941-313-3](#). УДК 681.3. ББК 32.97, 206 с.
5. Цветков В. Я. Системный анализ ГИС // Образовательные ресурсы и технологии. — 2015. — № 1(9). — с.97-103.
6. GIS for Science: Applying Mapping and Spatial Analytics/ DOI: 10.17128/9781589485303/ ISBN: 9781589485303 – 2019, 252 pages , \$39.99 / <https://esripress.esri.com/display/index.cfm?fuseaction=display&websiteID=376&moduleID=0>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Spatial\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Spatial_analysis)
8. [https://en.wikipedia.org/wiki/Geospatial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Geospatial_intelligence)