

Algoritmi Fundamentali

Marius Dumitran

marius.dumitran@unibuc.ro

A dark blue diagonal gradient bar that starts from the bottom left corner and extends towards the top right corner, covering the lower half of the slide.

Covid fun?



Cum facem orele?

- Când începem live?
 - Majoritatea din cei care vor live își doresc să facă live indiferent de incidență
- Curs?
 - Total online, sau live cu 2 seminarii
- Studenții pot să vină la orice grupă / semigrupă din serie (chiar și seria 25)
 - Orele cu Dragoș Ristache vor fi toate online, cele cu Marius Dumitran fizice.

Programa



Programa (Grafuri + Stringuri)

- ☐ Parcurgeri
- ☐ Secvențe de grade
- ☐ Conectivitate
- ☐ Arbori, arbori parțiali de cost minim
- ☐ Drumuri minime
- ☐ Fluxuri în rețele de transport
- ☐ Cuplaje
- ☐ Grafuri planare
- ☐ Kmp
- ☐ Dinamici pe șiruri de caractere

Obiectiv general

- Dezvoltarea gândirii algoritmice prin familiarizarea cu algoritmi fundamentali de grafuri și șiruri de caractere și aplicații ale acestora și cu noi tipuri de abordare ale problemelor dificile de algoritmică

Obiective specifice

- **Prezentarea principalelor noțiuni și rezultate + utilitatea acestora**
- **Modelarea** problemelor cu ajutorul grafurilor și **elaborarea de algoritmi** de grafuri pentru rezolvarea acestora
- **Justificarea corectitudinii** algoritmilor propuși + estimarea eficienței acestora
- **Implementarea** eficientă a algoritmilor

Motivații

- ☐ Este un domeniu fundamental
- ☐ Apar în numeroase aplicații în diverse domenii
- ☐ Sunt folosiți în procesarea imaginilor, bioinformatică, rețele, baze de date, proiectare, strategii
- ☐ Există instrumente pentru a dezvolta algoritmi eficienți
- ☐ Apar des la interviuri
- ☐ Vor apărea în cursuri viitoare

Structura cursului

□ **Curs**

- 2 ore pe săptămână
- finalizat cu examen scris / oral

□ **Laborator**

- 2 ore la două săptămâni
- limbaje de programare: C / C++ / Python

□ **Seminar**

- 2 ore la două săptămâni
- discuții probleme curs / laborator, calcul complexități, exerciții

Evaluare



Evaluare

- Laborator 40%
 - Nota **minim 5**
 - Un proiect mai mare și mai multe probleme mici
- Seminar 20%
 - Prezență, activitate, teme, eventual și o lucrărică... mai vedem
- Examen 40%
 - Nota **minim 5**
 - Fizic Scris? Online Oral? Mixt... nobody knows
- La restanță, seminarul se va putea reface cu probleme de seminar. Examenul va deveni 60% dacă nu ai seminar.

Inregistrare

Studentii au fost de acord sa inregistram toate cursurile/seminariile/laboratoarele.

Deocamdata inregistram cursurile si voi pune materiale pentru seminarii/laboratoare.

Bibliografie



Bibliografie – curs

- Douglas B. West, **Introduction to Graph Theory**, Prentice Hall 1996, 2001
- J.A. Bondy, U. S. R Murty, **Graph theory with applications**, The Macmillan Press 1976 / Springer 2008
- Dragoș-Radu Popescu, **Combinatorică și teoria grafurilor**, Editura Societatea de Științe Matematice din România, București, 2005

Bibliografie – curs + seminar

- Dragoș-Radu Popescu, R. Marinescu-Ghemeci, **Combinatorică și teoria grafurilor prin exerciții și probleme**, Editura Matrixrom, 2014
- Ioan Tomescu, **Probleme de combinatorică și teoria grafurilor/ Problems in Combinatorics and Graph Theory**

Bibliografie – algoritmi + laborator

- Jon Kleinberg, Éva Tardos, **Algorithm Design**, Addison-Wesley, 2005
<http://www.cs.princeton.edu/~wayne/kleinberg-tardos/>
- T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.R. Rivest, **Introducere în algoritmi**, MIT Press, trad. Computer Libris Agora
- H. Georgescu, **Tehnici de programare**, Editura Universității din București, 2005

Bibliografie

- ☐ coursera.org
- ☐ infoarena.ro
- ☐ csacademy.com

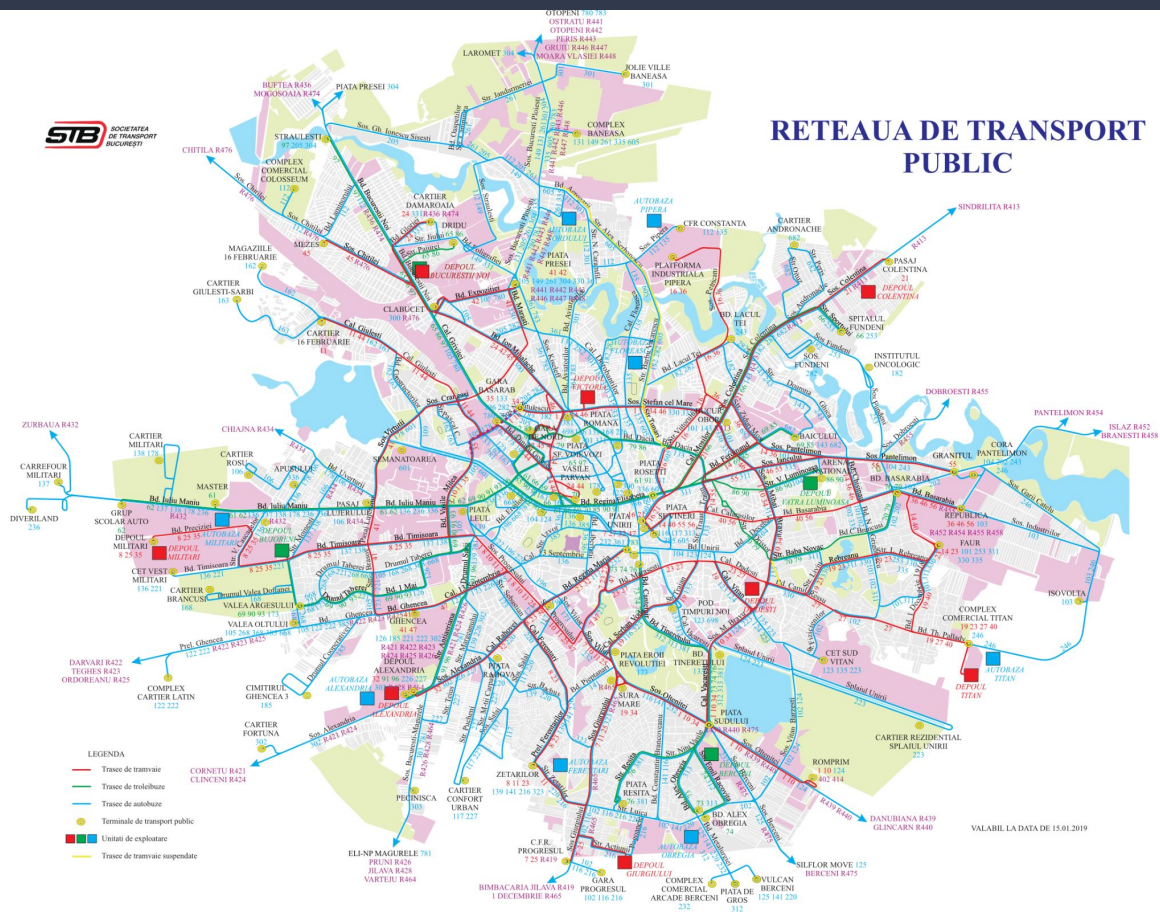
Resurse

- O să fie pe [teams](#).
- Consultații
 - marius.dumitran@unibuc.ro
 - marius.dumitran@gmail.com
 - Sau vorbiți cu profesorii de laborator/seminar

Aplicații ale grafurilor

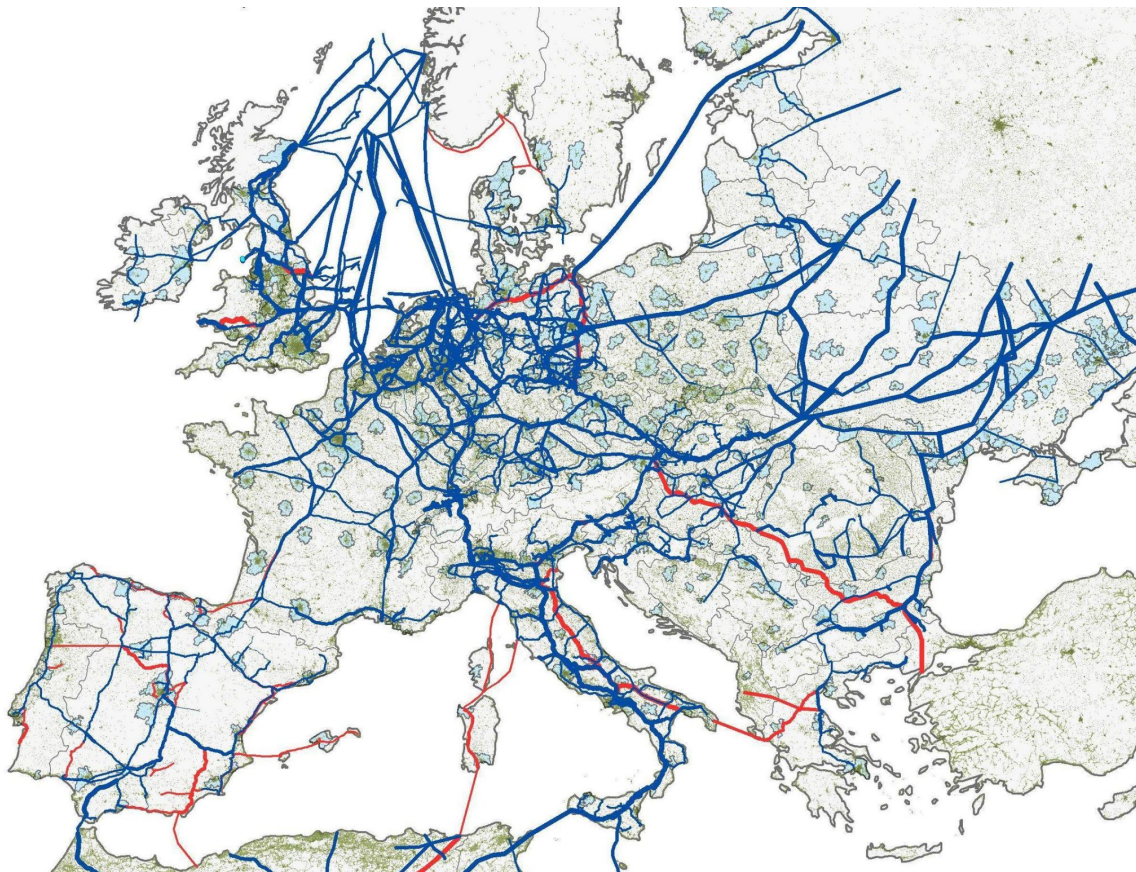


Rețele de transport în comun, trasee turistice, GPS



<https://nonstopbucuresti.ro/harta-ratb-stb/>

Rețele de transport în comun, trasee turistice, GPS



**Rețeaua de distribuție a
gazelor naturale în
Europa**

[https://britishbusinessenergy.co.uk/
blog/europe-natural-gas-network/](https://britishbusinessenergy.co.uk/blog/europe-natural-gas-network/)

Analiza rețelelor

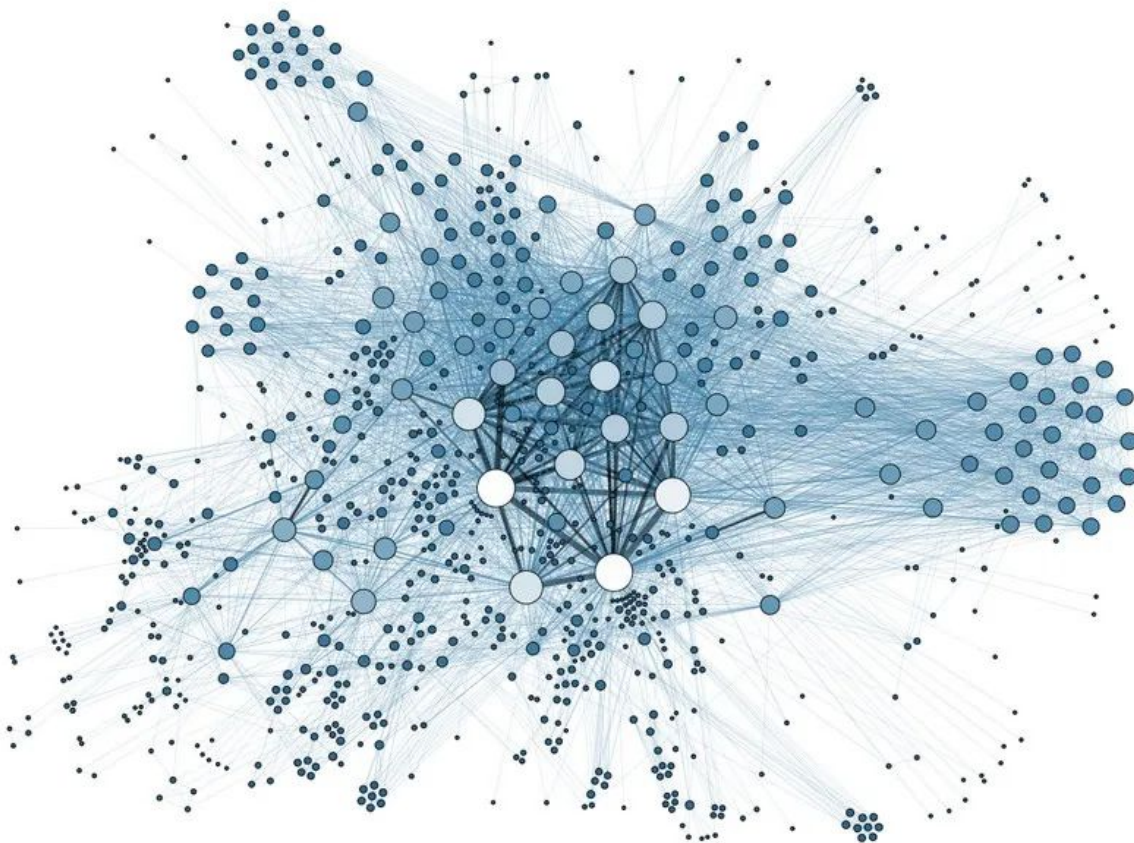
□ Interacțiuni

- Rețele sociale
- Rețele biologice
- Rețele de citări, de știri, de spionaj etc



<https://github.com/XinyueTan/Social-Network-Analysis->

Software pentru vizualizarea și analiza rețelelor

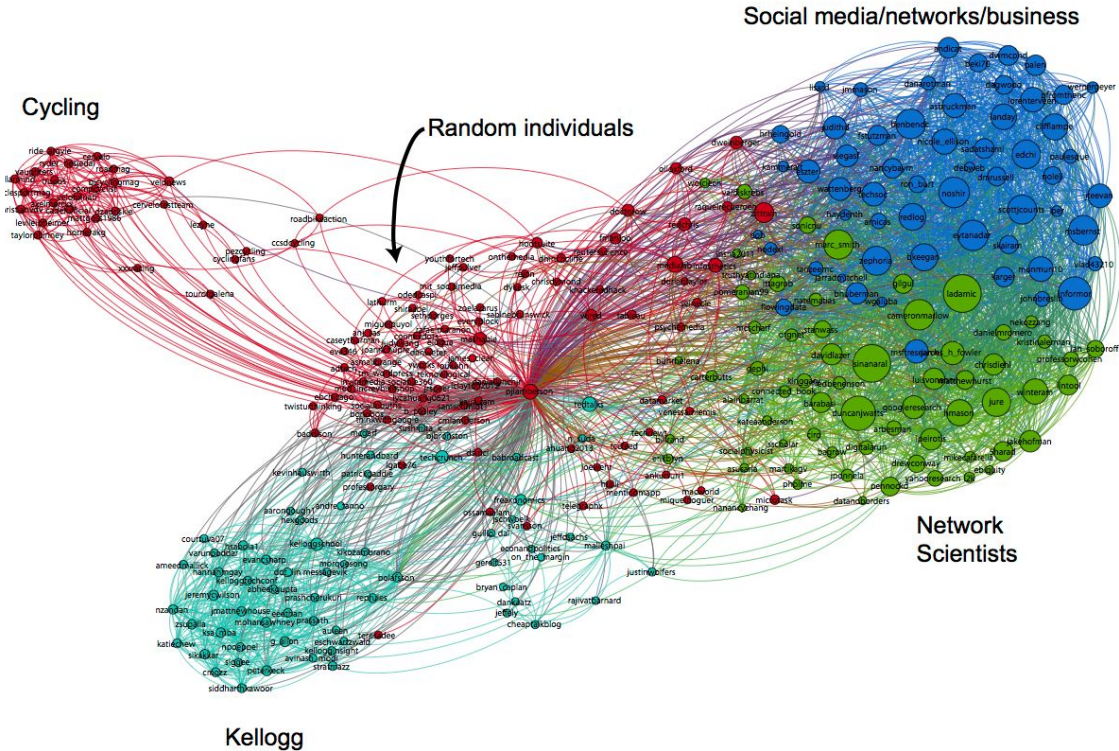


Software:

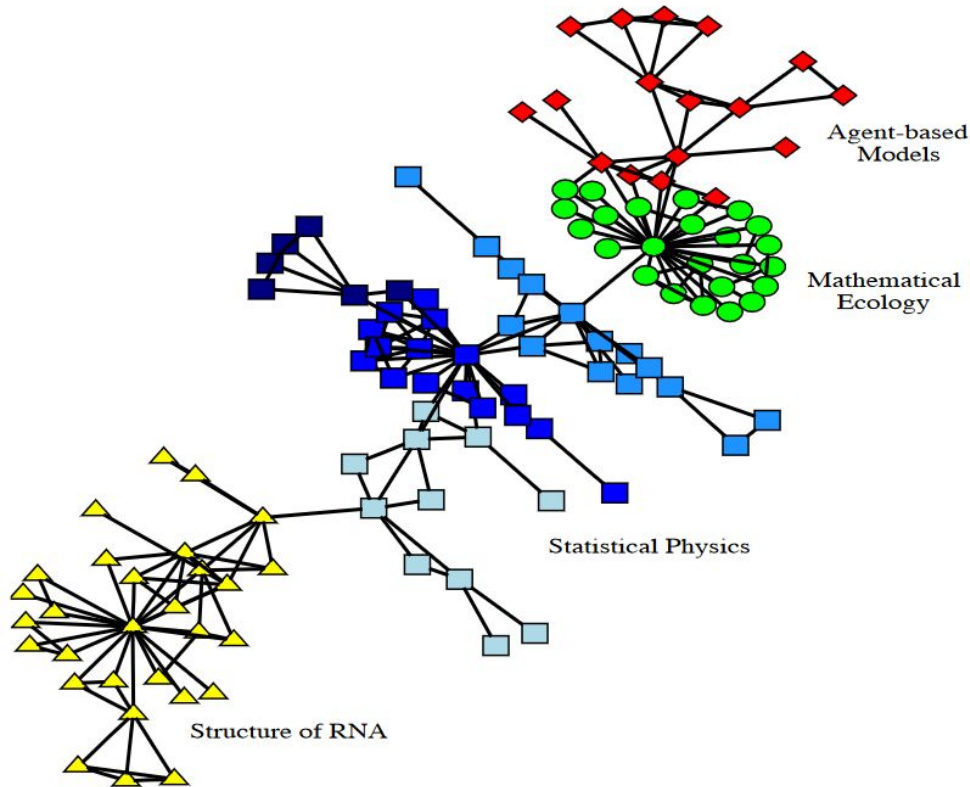
- <https://archive.codeplex.com/?p=node-exl>
- <https://gephi.org/>

<https://www.interaction-design.org/literature/article/how-to-display-complex-network-data-with-information-visualization>

Rețele sociale



Rețele sociale



**Rețea de colaborări între
cercetătorii de la Institutul Santa
Fe**

Clusterelor – corespund
departamentelor de cercetare

Santo Fortunato, **Community detection in graphs**, Physics Reports
486 (2010) 75–174

<https://arxiv.org/pdf/0906.0612.pdf>

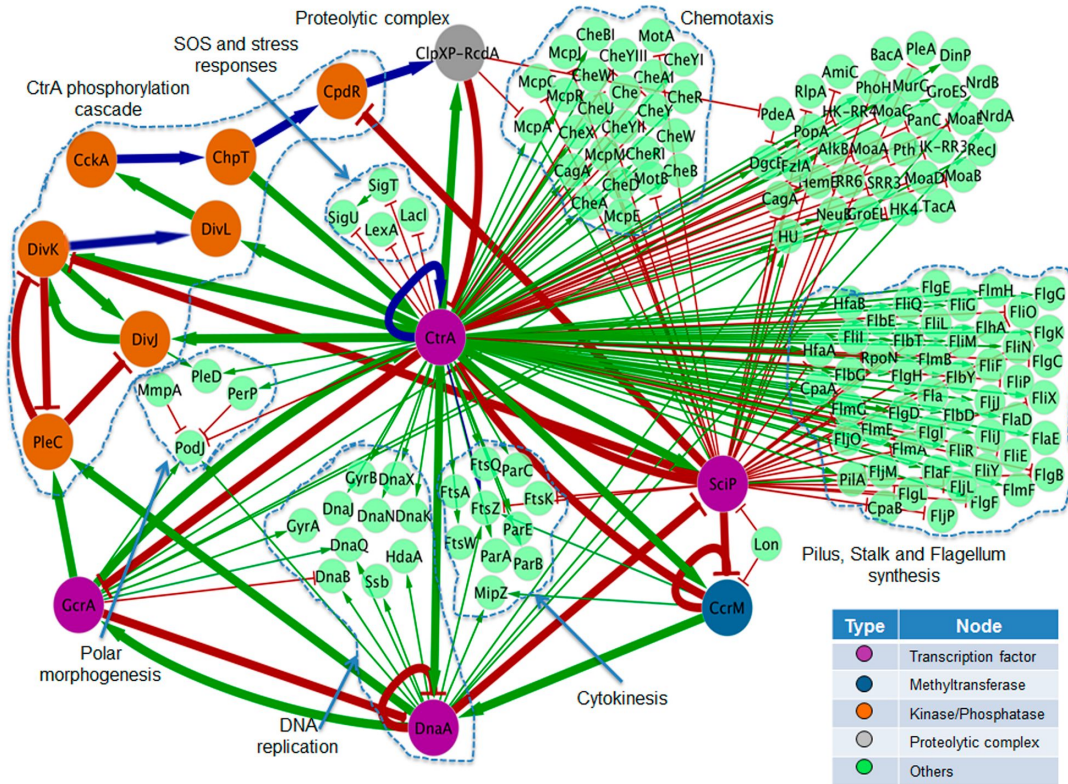
Rețele

- **Rețele de știri** - detectarea de știri false
 - <https://neo4j.com/blog/machine-learning-graphs-fake-news-epidemic-part-2/>
 - <https://cambridge-intelligence.com/detecting-fake-news/>
- **Rețele de teroriști**

Bioinformatică

- Grafuri de interacțiuni între gene/proteine
 - https://domaingraph.bioinf.mpi-inf.mpg.de/docu/dg_network.php
- Clustering
- Grafuri de intersecție, grafuri De Bruijn
- Arbori filogenetici

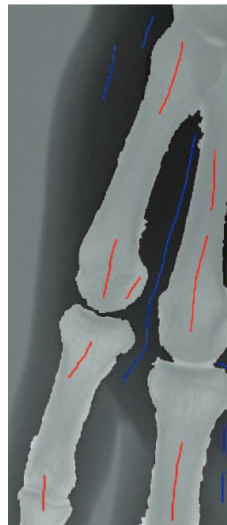
Bioinformatică



https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult?img=PMC4219702_pone.0111116.g002&req=4

Image segmentation

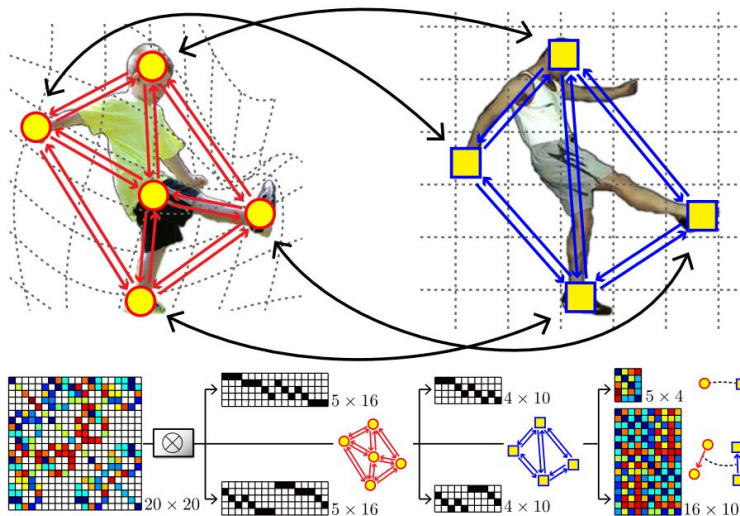
- tăietură minimă - fluxuri în rețele de transport
- medicină



Spatially Varying Color Distributions for Interactive Multi-Label Segmentation (C. Nieuwenhuis, D. Cremers), In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, volume 35, 2013

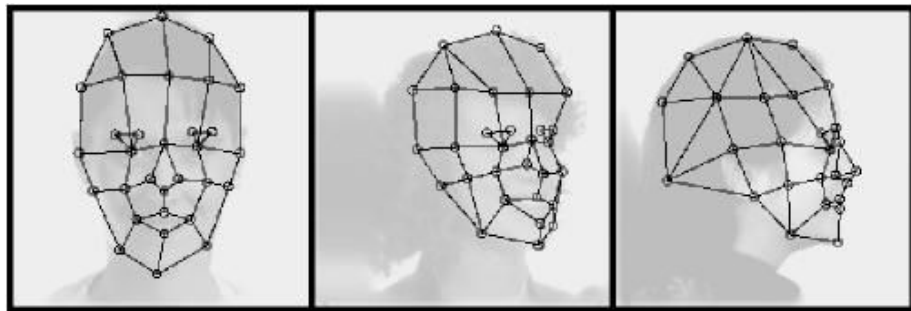
https://vision.in.tum.de/_media/spezial/bib/nieuwenhuis-cremers-pami12_2.pdf

Computer vision



F. Zhou and F. De la Torre, **Deformable Graph Matching**, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013

http://www.f-zhou.com/gm/2013_CVPR_DGM.pdf

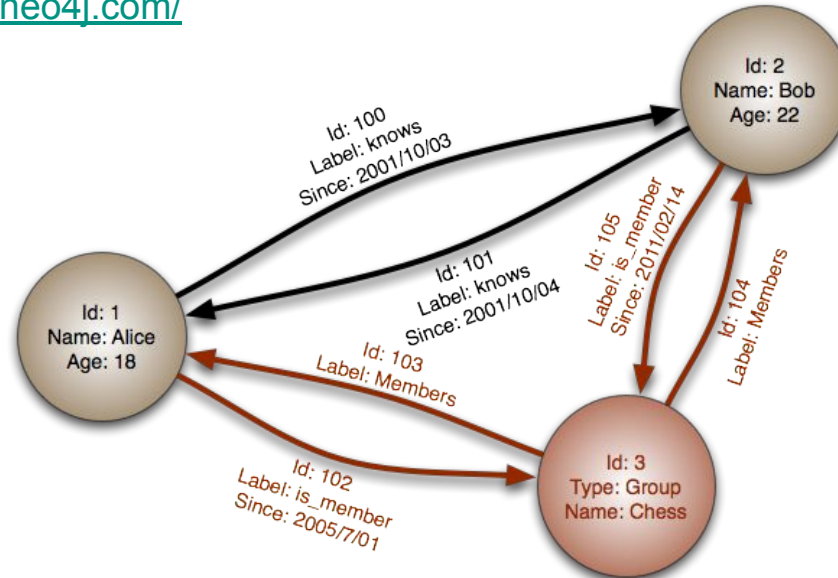


Face recognition by elastic bunch graph matching

<https://www.ini.rub.de/PEOPLE/wiskott/Projects/EGMFaceRecognition.html>

Baze de date

- Graph database
 - Neo4J: <https://neo4j.com/>



https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_database

Probleme de planificare, orar

Exemplu: Care este numărul minim de săli necesare pentru programarea într-o zi a n conferințe cu intervale de desfășurare date?

Conf. 1: interval **(1,4)**

Conf. 2: interval **(2,3)**

Conf. 3: interval **(2,5)**

Conf. 4: interval **(6,8)**

Conf. 5: interval **(3,8)**

Conf. 6: interval **(6,7)**

Probleme de planificare, orar

Exemplu: Care este numărul minim de săli necesare pentru programarea într-o zi a n conferințe cu intervale de desfășurare date?

Conf. 1: interval **(1,4)**

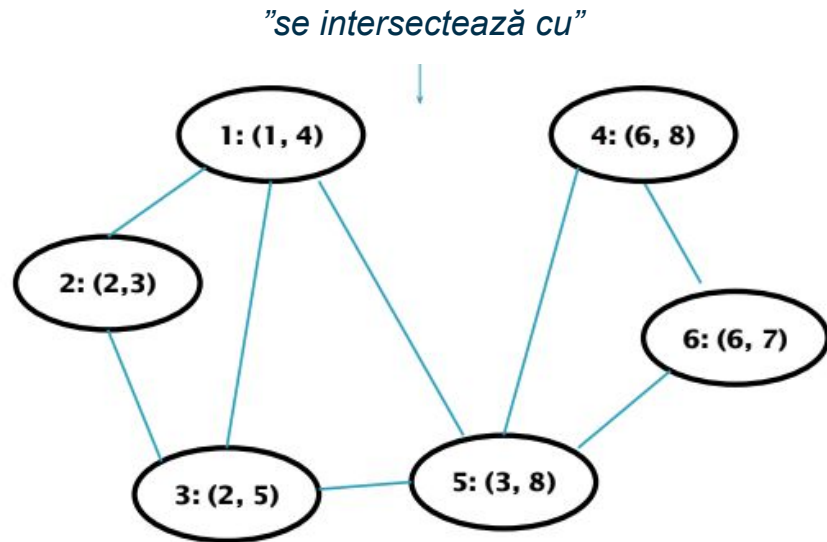
Conf. 2: interval **(2,3)**

Conf. 3: interval **(2,5)**

Conf. 4: interval **(6,8)**

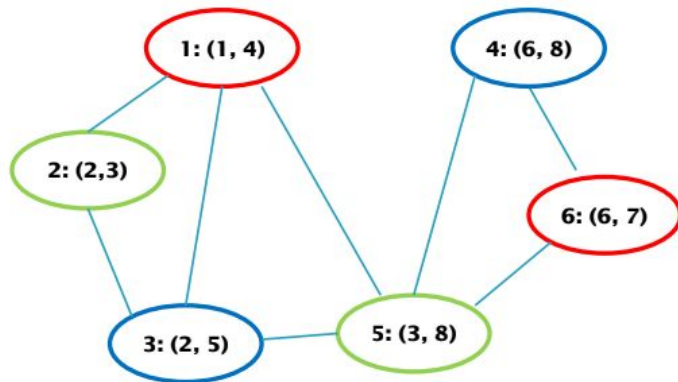
Conf. 5: interval **(3,8)**

Conf. 6: interval **(6,7)**



Probleme de planificare, orar

Graful intersecției intervalelor este **3-colorabil**



Sunt necesare minim **3 săli** (corespunzătoare celor 3 culori):

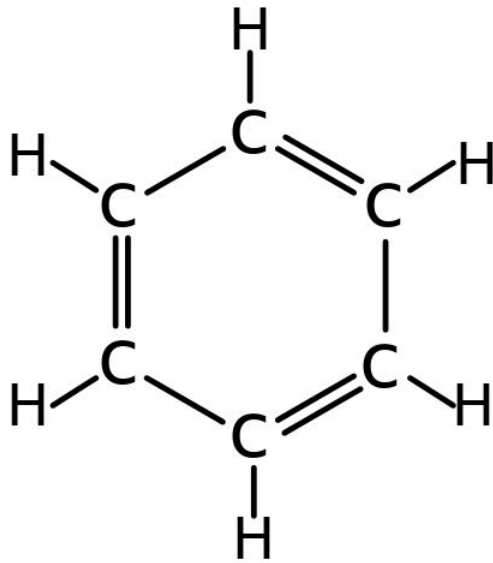
Sala 1: (1, 4), (6, 7)

Sala 2: (2, 3), (3, 8)

Sala 3: (2, 5), (6, 8)

Chimie

- Graf ← "notație grafică" din chimie
 - J. Silvester, 1878



Matematică

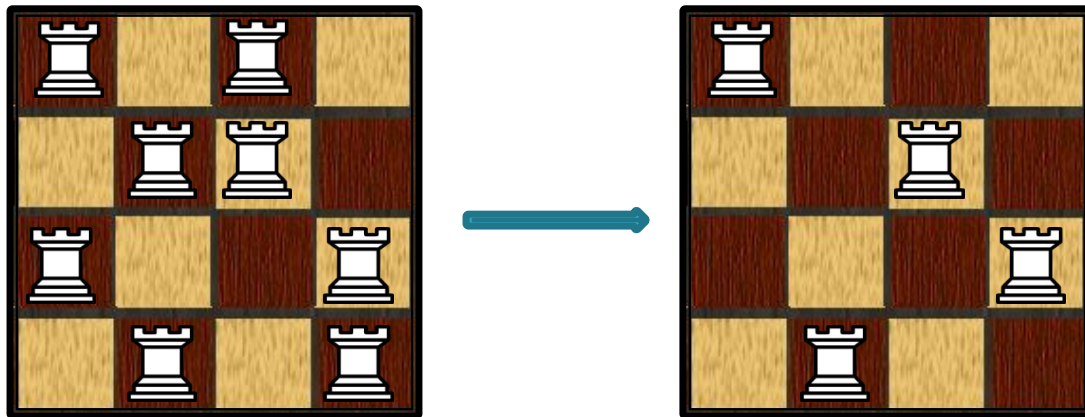
- Demonstrarea unor rezultate matematice
 - Matrice \rightarrow graf
 - Diagonală / Matrice de permutări - cuplaj

Probleme

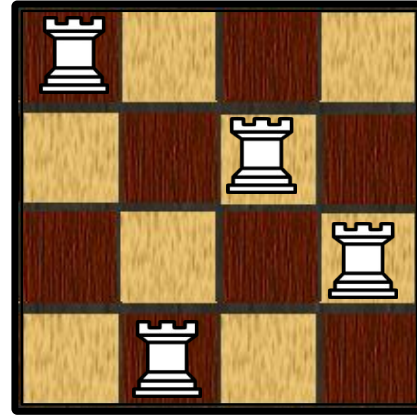
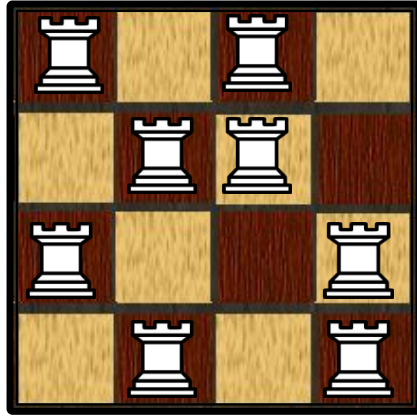


Probleme

Pe o tablă de tip șah de dimensiuni $n \times n$ sunt așezate ture, astfel încât pe fiecare linie și fiecare coloană se află **același număr de ture**. Găsiți numărul maxim de ture care nu se atacă două câte două - **Cuplaje**



Probleme



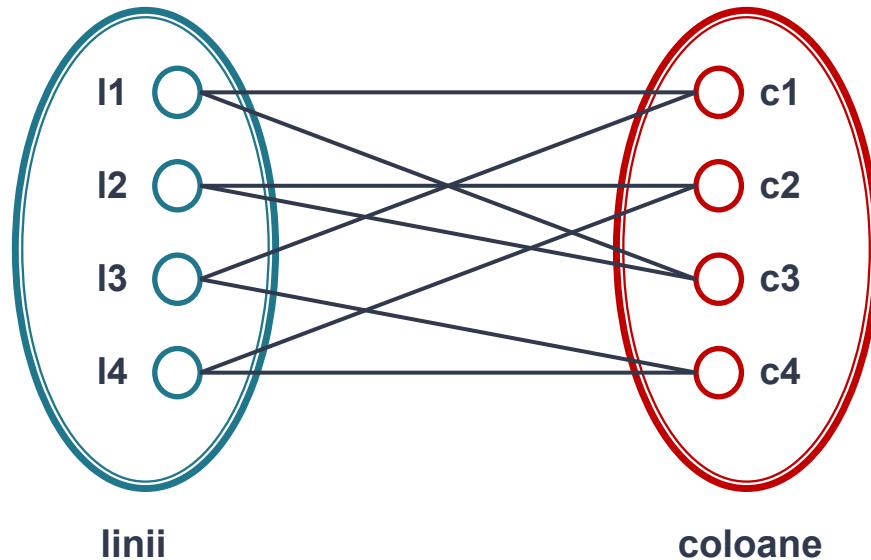
$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

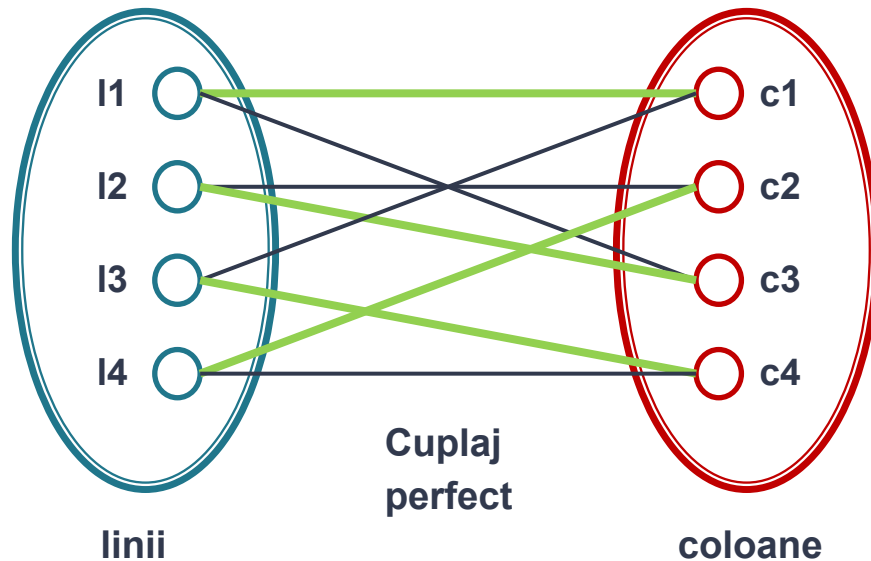
Probleme

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \longrightarrow P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



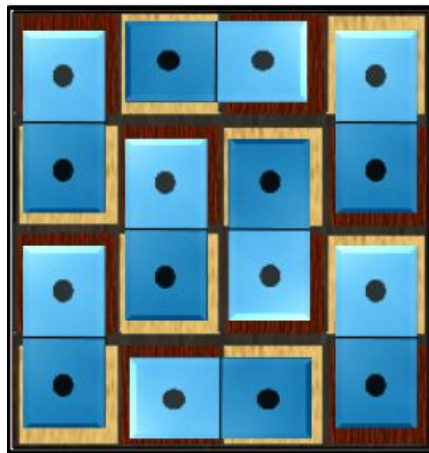
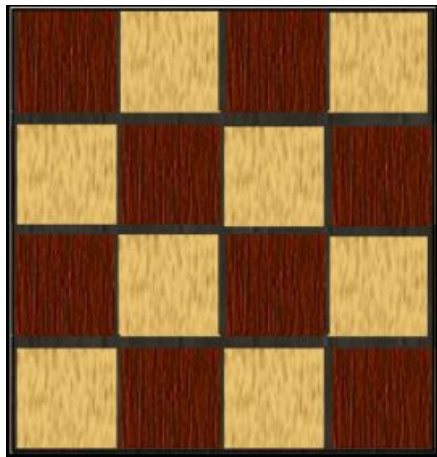
Probleme

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \longrightarrow P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



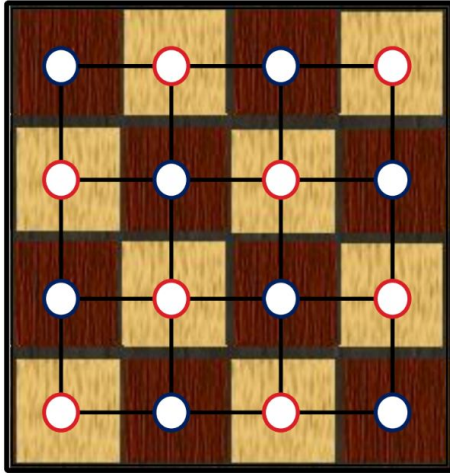
Probleme

Acoperirea unei table cu piese de domino

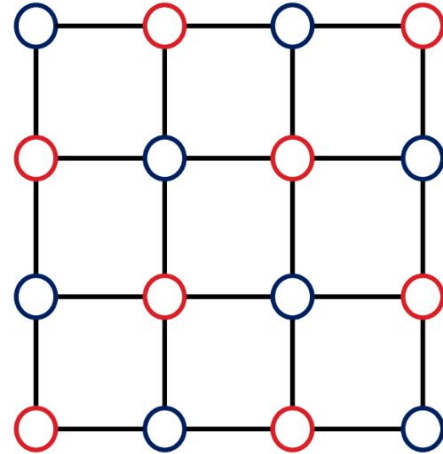


Probleme

Tabla



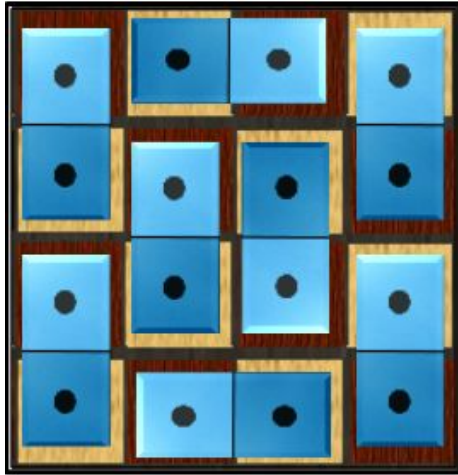
Graful grid



Probleme

Tabla

Acoperire

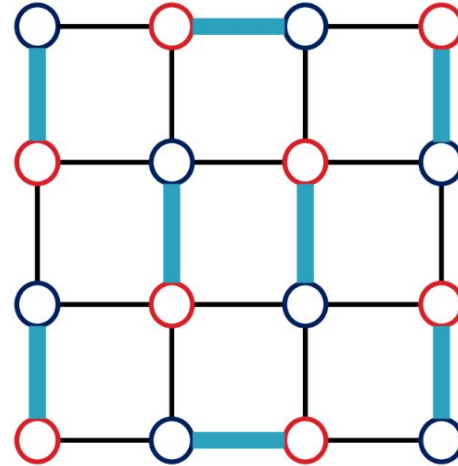


⇒

Graful grid

⇒

Cuplaj perfect



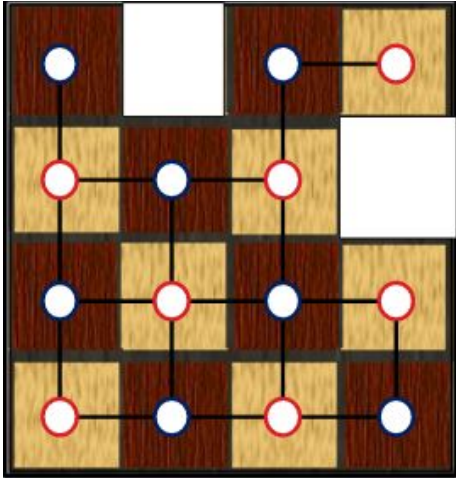
Probleme

Acoperirea unei table cu piese de domino

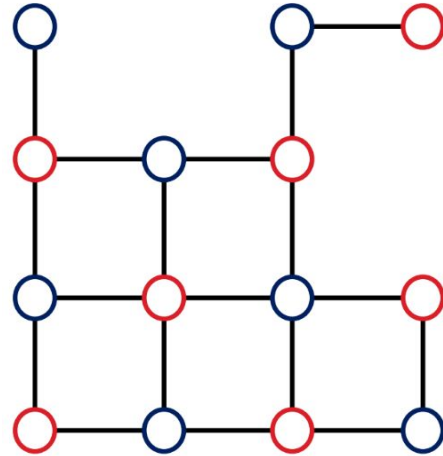
- ☐ Tabla poate fi acoperită $\Leftrightarrow m \cdot n$ par
- ☐ Dacă tabla de șah poate fi acoperită, dar eliminăm două pătrățele din ea, în ce condiții rămâne acoperibilă?

Probleme

Tabla

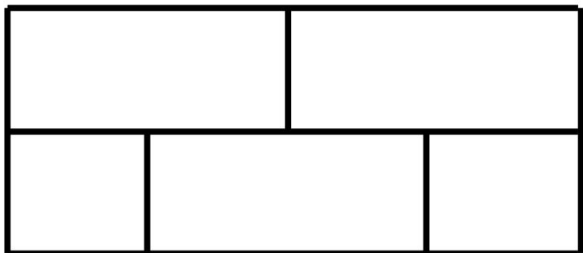
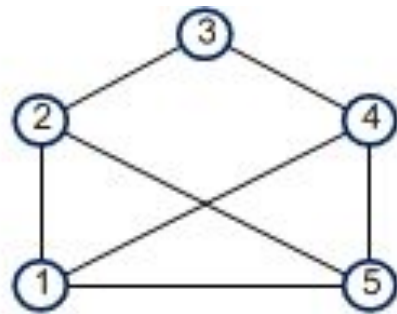
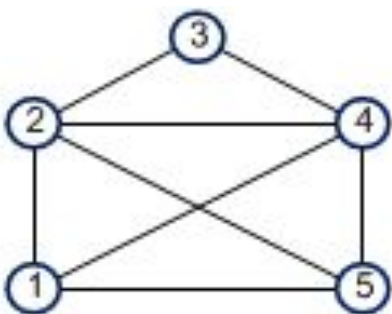
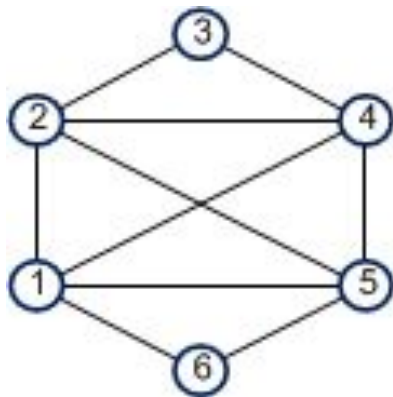


Grafic grid



Probleme

Se poate desena diagrama printr-o curbă continuă închisă, fără a ridica pixul de pe hârtie și fără a desena o linie de două ori?



Există o linie continuă, neînchisă, care să intersecteze, în interior, fiecare segment, o singură dată?

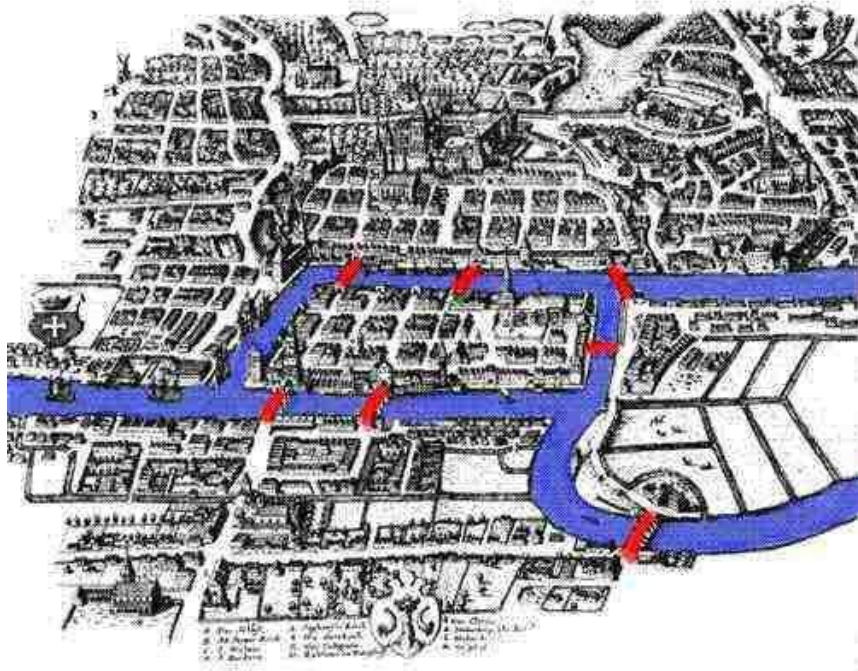
Alte aplicații

- ☐ Rețele de calculatoare
- ☐ Limbaje formale
- ☐ Probleme de planificări, repartiții etc
- ☐ Teoria jocurilor

Istoric



Problema celor 7 poduri din Königsberg

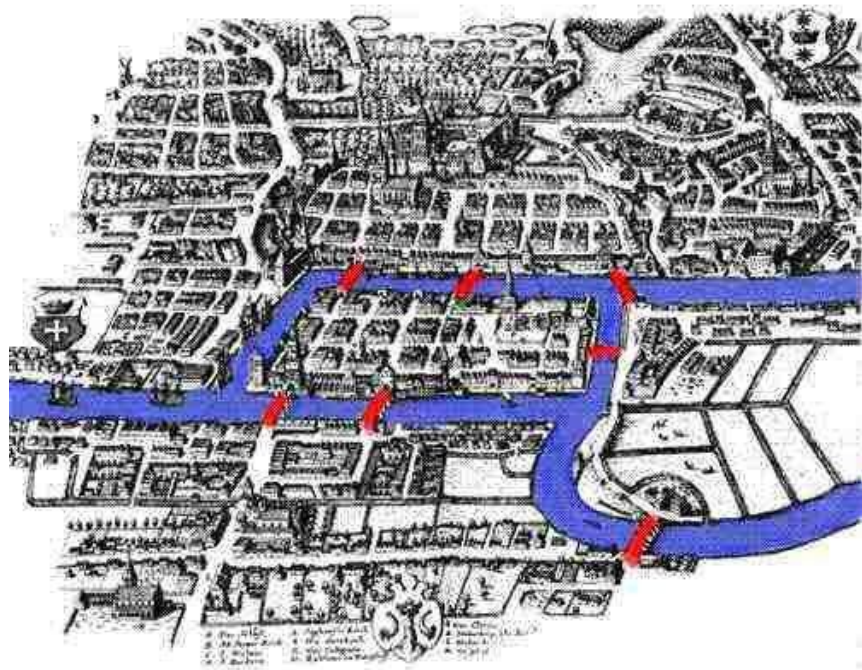


<https://www.maa.org/book/export/html/116597>



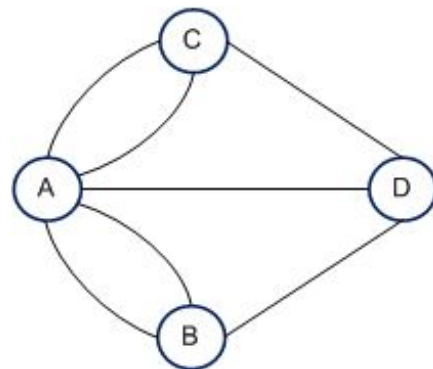
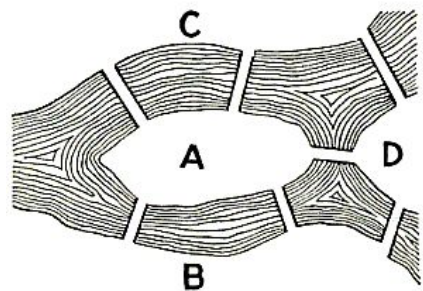
Este posibil ca un om să facă o plimbare în care să treacă pe toate cele 7 poduri, o singură dată?

Problema celor 7 poduri din Königsberg

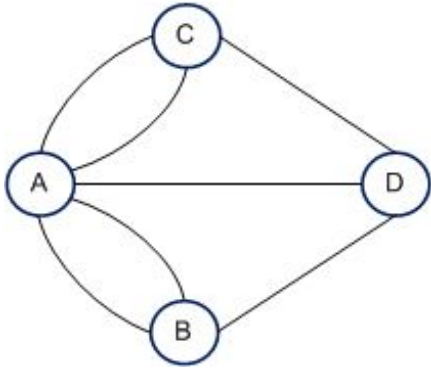


<https://www.maa.org/book/export/html/116597>

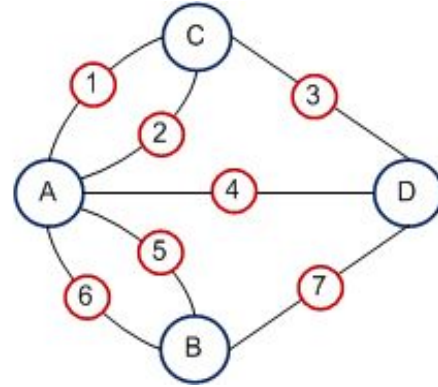
Modelare:



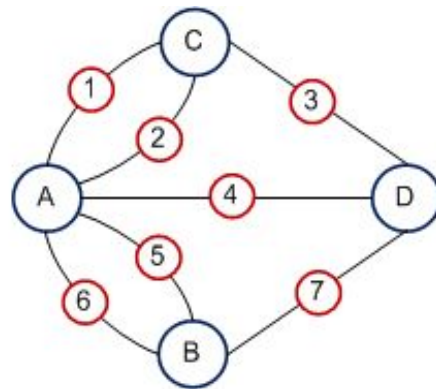
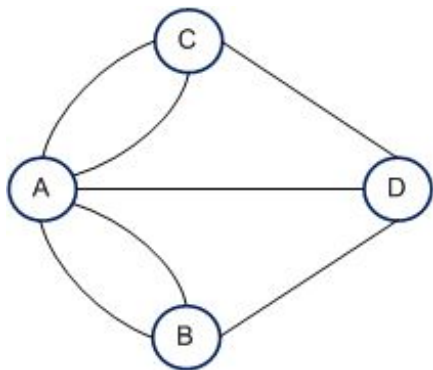
Problema celor 7 poduri din Königsberg



Multigraf



Problema celor 7 poduri din Königsberg



□ 1736 - **Leonhard Euler**

Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis

Ciclu eulerian - traseu închis care trece o singură dată prin toate muchiile

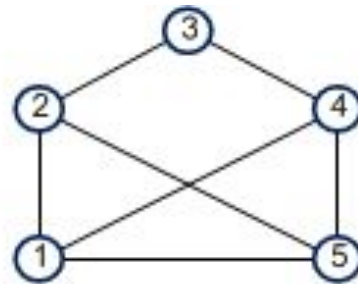
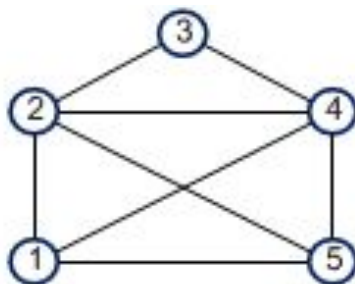
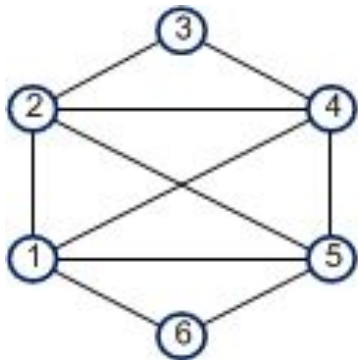
Graf eulerian

Problema celor 7 poduri din Königsberg

Interpretare

Se poate desena diagrama printr-o curbă continuă închisă, fără a ridica pixul de pe hârtie și fără a desena o linie de două ori (în plus: să terminăm desenul în punctul în care l-am început)?

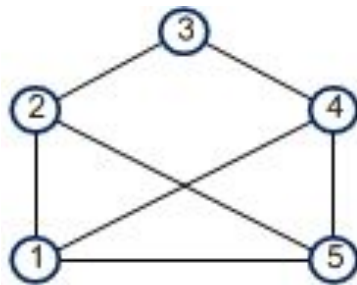
- tăierea unui material



Problema celor 7 poduri din Königsberg

Interpretare

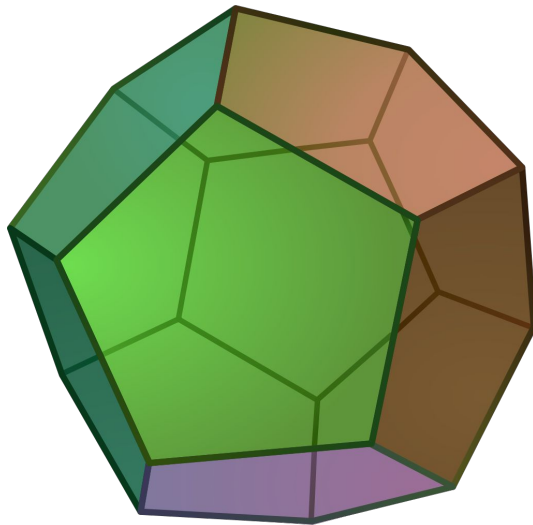
De câte ori (minim) trebuie să ridicăm pixul de pe hârtie pentru a desena diagrama?



Jocul icosian

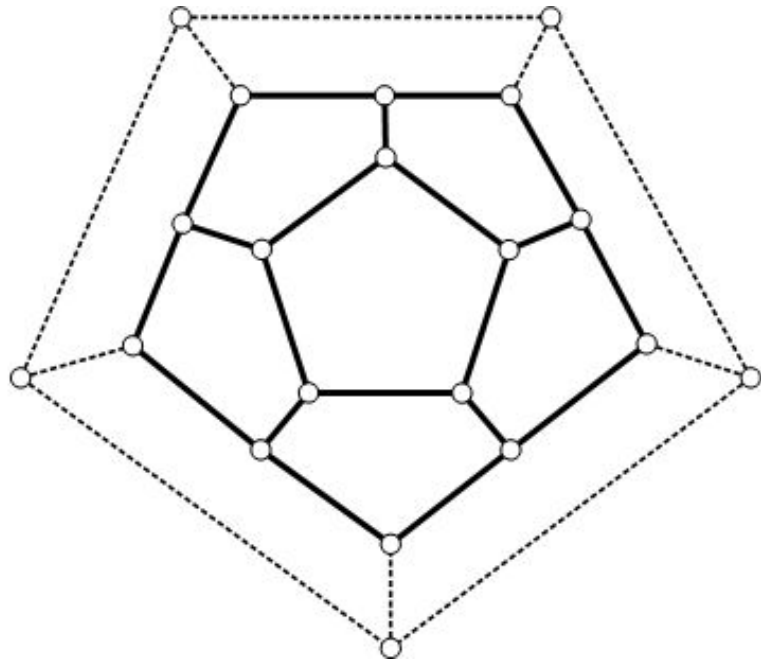
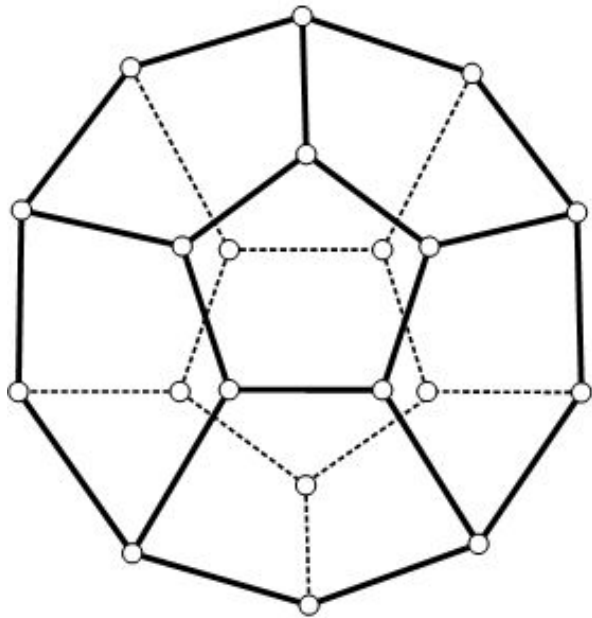
- 1856 - **Hamilton** - "voiaj în jurul lumii"

Există un traseu închis pe muchiile dodecaedrului care să treacă prin fiecare vârf o singură dată?

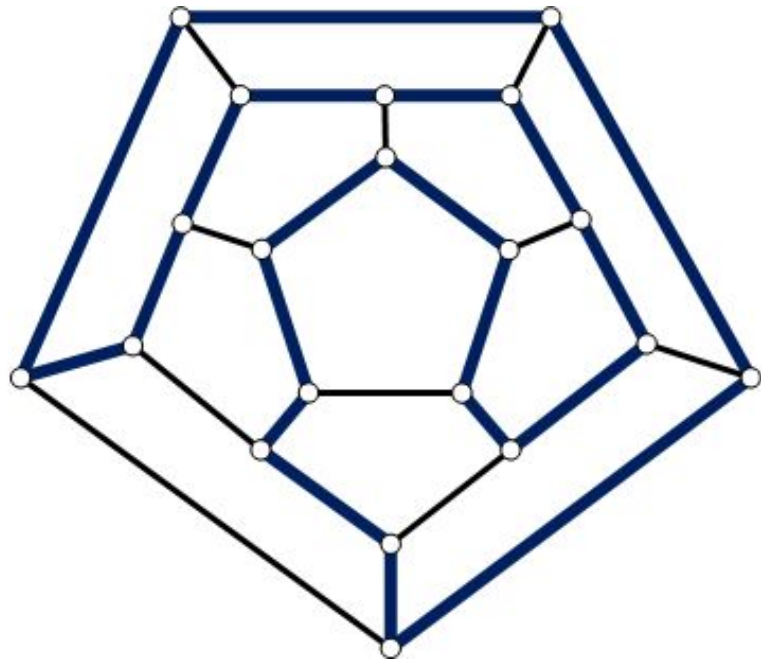
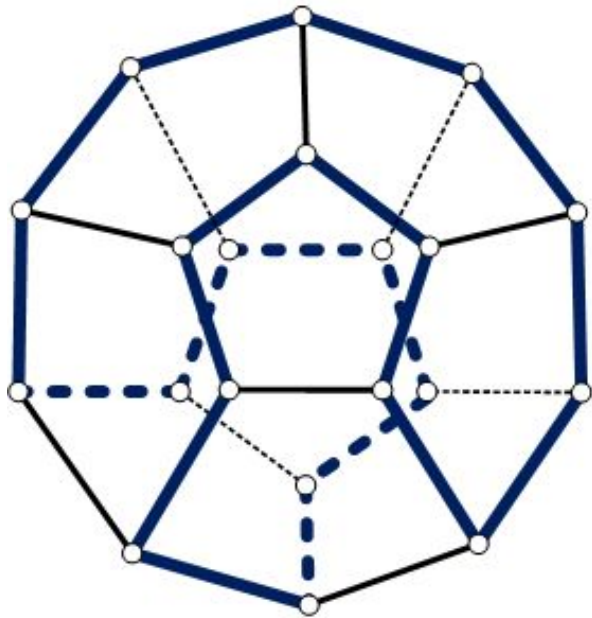


<https://ro.wikipedia.org/wiki/Dodecaedru>

Jocul icosian



Jocul icosian



Jocul icosian

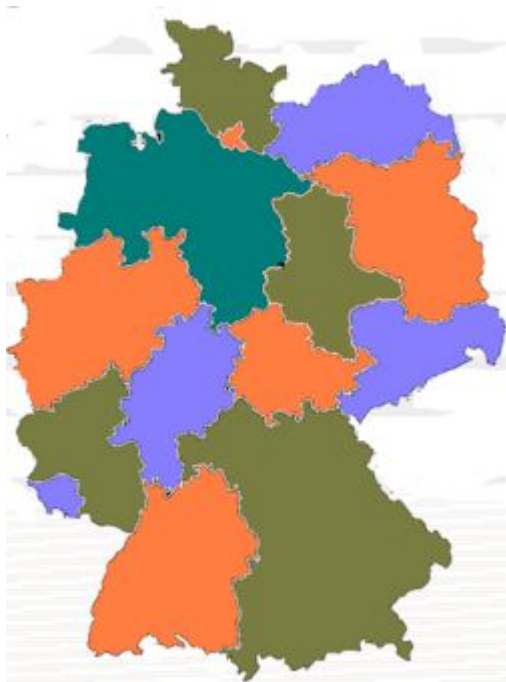
Ciclu hamiltonian - trece o singură dată prin toate vârfurile

Graf hamiltonian

Problema comis-voiajorului

Problema celor 4 culori

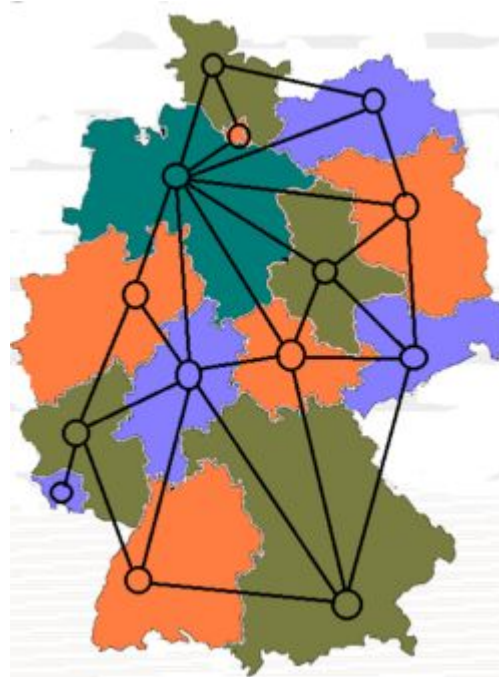
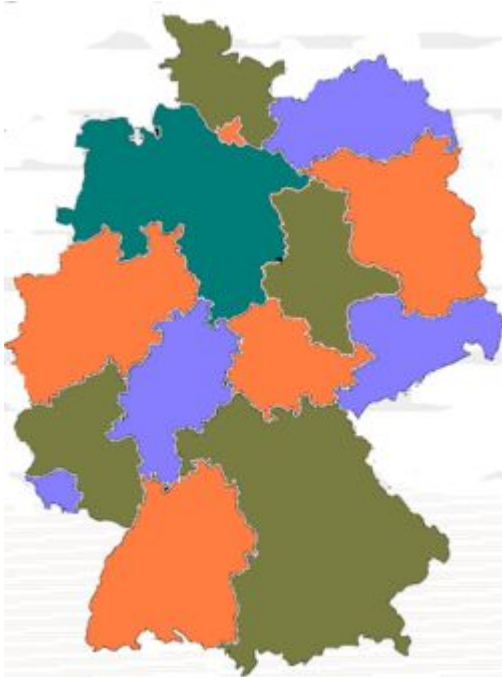
- 1852 - **DeMorgan** - "Problema celor 4 culori"



Se poate colora o hartă cu patru culori, astfel încât orice două țări, care au frontieră comună și care **nu se reduc la un punct**, să aibă culori diferite?

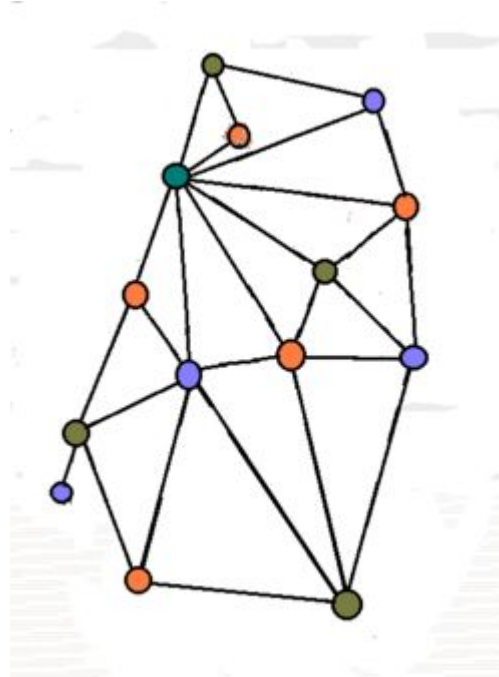
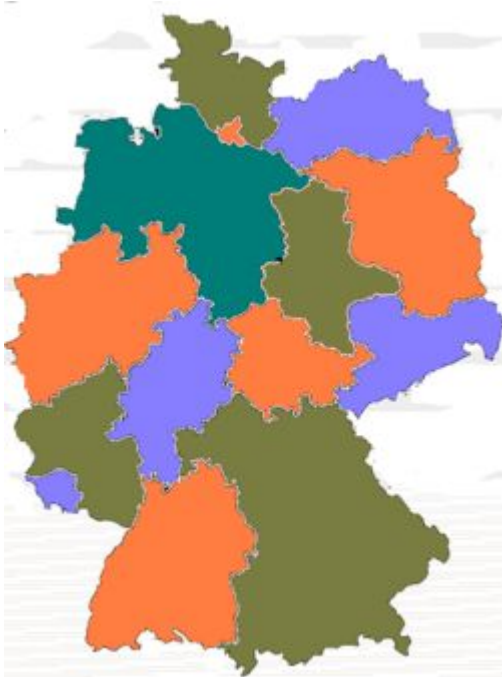
Problema celor 4 culori

- 1852 - **DeMorgan** - "Problema celor 4 culori"



Problema celor 4 culori

- 1852 - **DeMorgan** - "Problema celor 4 culori"



Problema celor 4 culori

- **Problema celor 4 culori - Appel și Haken** au răspuns afirmativ, în 1976, cu ajutorul calculatorului

