Откривање аномалија

Ненад Митић

Математички факултет
nenad@matf.bg.ac.rs

Увод

Шта представља аномалију/елемент ван граница?

- Податак чије су вредности значајно различите од вредности осталих података у материјалу
- Аномалија је опсервација која се толико разликује од осталих опсервација да се јавља сумња да је настала помоћу другачијег механизма (Хокинсова (*Hawkins*) дефиниција аномалије)
- ...

Увод

Аномалије су релативно ретке, али могу значајно да утичу на резултат истраживања

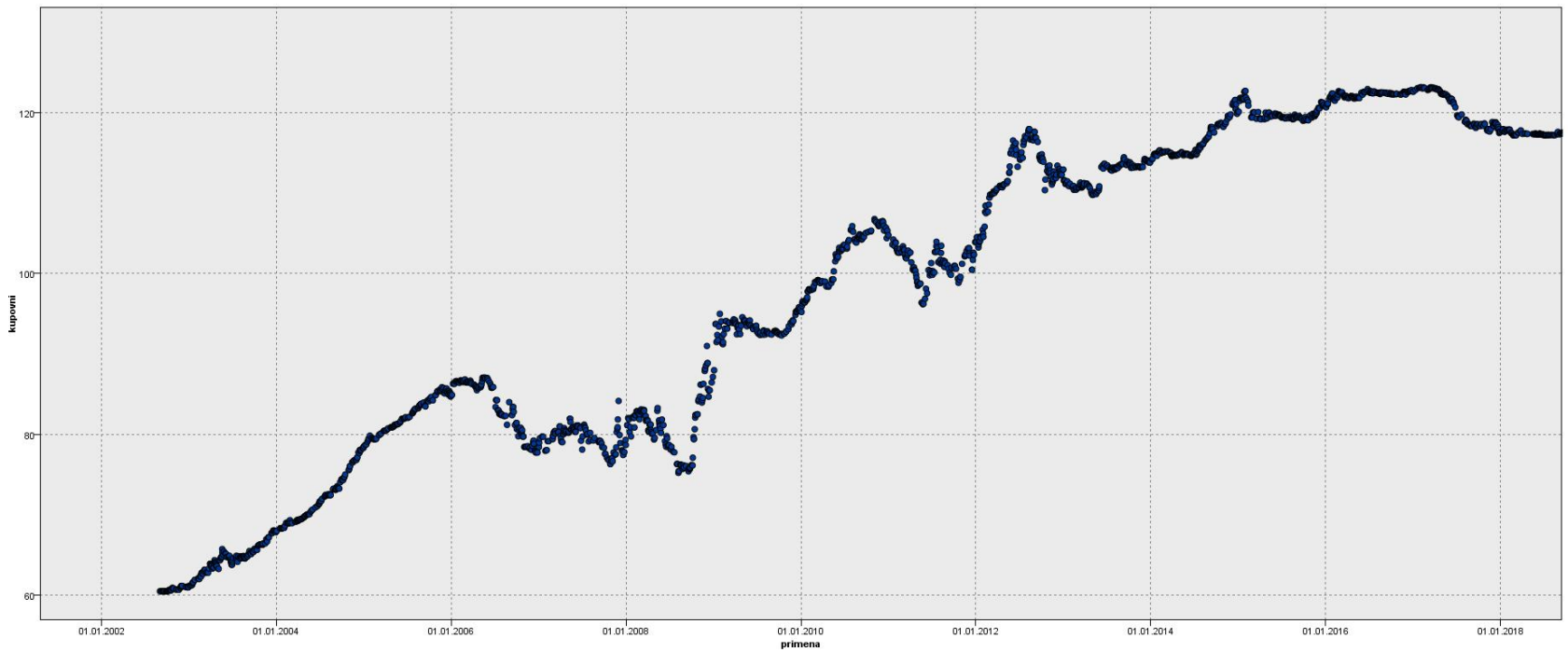
Различити узроци настанка:

- механичке/људске грешке,
- промене у понашању система,
- грешке у инструментима који формирају податке,
- сакупљени подаци су из различитих извора,
- ...

Увод

- Неки алгоритми ИП-а су отпорни на појаву аномалија, али не сви
- Аномалије се отклањају у фази припреме података
- Аутоматско откривање аномалија!? Опрез!

Важност откривања аномалија



Кретање куповног курса евра у периоду 2002-2018г.

Шум и аномалије

Шум

- погрешна вредност или догађај са грешком. Нпр.
  - тежина је погрешно записана
  - мерење тежине лимуна /лимета
- случајан догађај
- не мора да произведе неуобичајене вредности/објекте
- није од интереса у истраживању

Аномалије јесу од интереса ако нису резултат шума

Технике откривања аномалија

Претпоставка: постоји значајно већи број "нормалних"него "ненормалних"података (аномалија) у посматраном материјалу

Технике

- засноване на формирању модела
- са визуелизацијом
- засноване на статистици
- засноване на одређивању растојања
- засноване на одређивању густине

Карактеристике процеса откривања

Број атрибута

- један (универијантне методе)
- више атрибута (мултиваријантне методе)
- теже за откривање ако се користе сви атрибути
- шум / неупотребљиви атрибути
- аномалија само у односу на неке од атрибута
- ни један од атрибута нема аномалију али комбинација има (нпр. тежина x висина)

Карактеристике процеса откривања (наставак)

- Глобална /локална перспектива посматрања
- Величина аномалије
- Истовремено одређивање једне или више аномалија
- Ефикасност

Величина аномалије

- Методе које дају само бинарну карактеризацију (јесте/није)
  - најчешће засноване на класификацији
- Методе које свакој тачки додељују скор / величину аномалије
  - Величина аномалије представља степен по коме је објекат рангиран као аномалија
  - Праг величине
  - Број аномалија зависи од прага, контекста у коме се посматрају подаци, ...

Варијанте проблема откривања аномалија

- За дати скуп D наћи све тачке $x \in D$ чија је величина аномалије већа од неког прага t
- За дати скуп D наћи све тачке $x \in D$ које имају n највећих вредности величине аномалије
- За дати скуп D који највећим делом садржи нормалне али неозначене тачке и тестну тачку x, одредити њену величину аномалије у односу на скуп D

Методе засноване на формирању модела

Два корака:

1. Направи се модел са 'нормалним' понашањем на изабраном скупу
   - Са надгледањем
     - Аномалије су тачке које се не уклапају добро у карактеристике
     - Аномалије су тачке које нарушавају изглед модела
   - Ненадгледани модели
     - Аномалије су тачке које припадају ретким класама
2. Користећи направљен модел налазе се подаци који одскачу

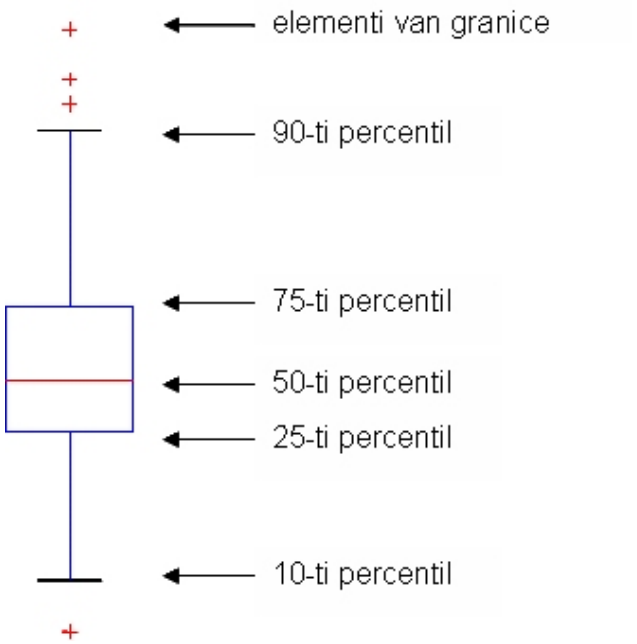
Избор и прецизно одређивање подскупа је захтевно ако је скуп података јако велики

Методе засноване на визуелизацији

Корисне ако се подаци представљају у мањем броју димензија

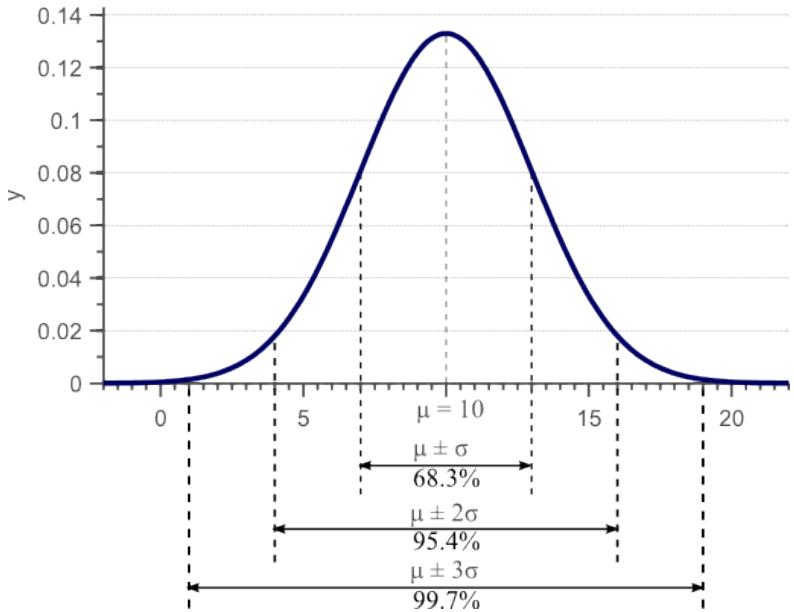
Проблем визуелизације мултидимензионих података

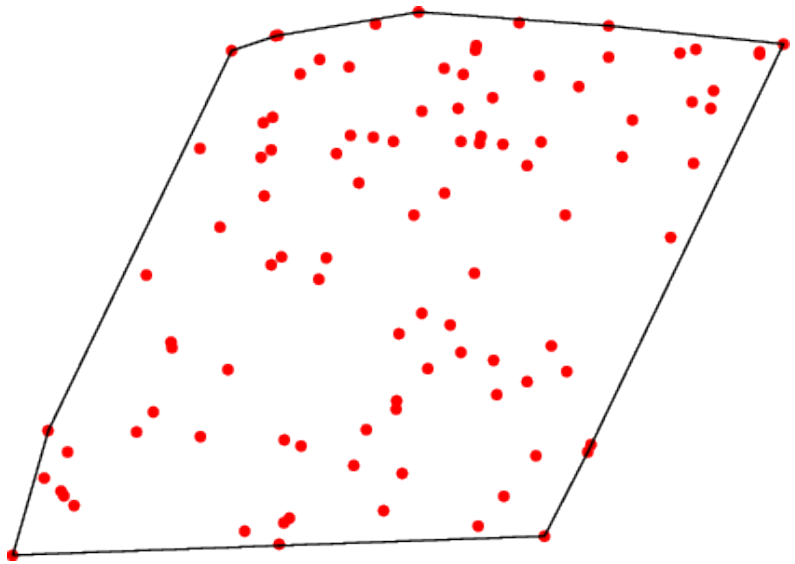
Ограничење: подложне субјективној оцени података



Методе засноване на визуелизацији

Пример: нормална расподела, конвексни пологин





Методе засноване на статистици

Елемент ван граница је објекат који има мању вероватноћу у односу на вероватноћу у односу на дистрибуцију вероватноћа у моделу података

- Претпоставља се познавање дистрибуције података
- Статистички тест зависи од саме дистрибуције, њених параметара, и постављеног прага поузданости
- Проблем: дистрибуција је често непозната, или подаци имају мешавину дистрибуција

Методе засноване на статистици

Најједноставнији примери: унимодална статистика

Пример: број година:
године={3, 56, 23, 39,156, 52, 41, 22, 9, 28, 139, 31, 55, 20, -67, 37, 11, 55, 45, 37}

- Статистички параметар: средина $m = 39.9$, стандардна девијација $\sigma = 45.65$
- Избором прага: $m \pm 2 \times \sigma$ добија се да су сви подаци ван скупа $[-54.1, 131.2]$ потенцијални елементи ван граница
- Са великом вероватноћом добија се да су подаци ван граница -67, 139 и 156.

Z-вредност

Унимодалне статистике користе тест поузданости крајева, односно веровантоћу да се елемент налази на крајевима

Функција густине за нормалну расподелу

$$F_X(x) = \frac{1}{\sigma \times \sqrt{2 \times \pi}} \times e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2 \times \sigma^2}}$$

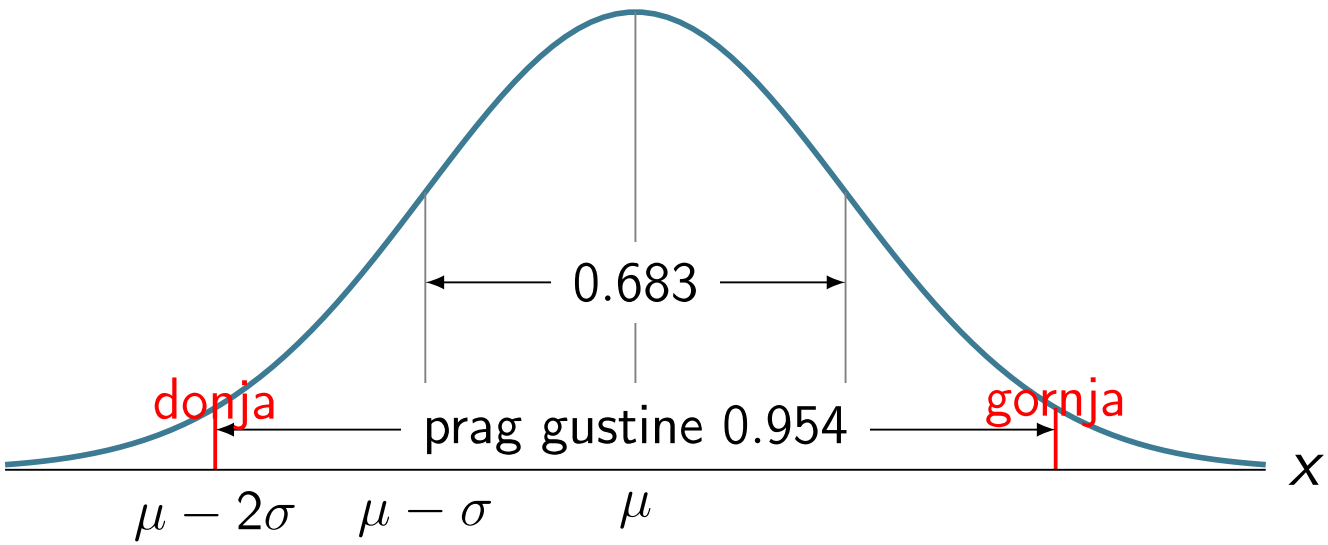
- Стандардна нормална расподела има средину 0 и девијацију 1.
- У одређеним случајевима средина и девијација могу да буду познате унапред

Z-вредност

- Алтернативно, код велике количине података, μ і σ могу имају високу поузданост и могу да послуже за рачунање Z вредности за случајну променљиву.
- вредност за посматрани податак x_i је $z_i = (x_i - \mu)/\sigma$
- Велике апсолутне вредности z_i одговарају горњим и доњим границама
- Нормална расподела може да се прикаже преко Z вредности јер у том случају одговара скалираној и транслираној случајној променљивој са средном 0 и девијацијом 1

Z-вредност

$$F_X(x) = \frac{1}{\sigma \times \sqrt{2 \times \pi}} \times e^{\frac{-z_i^2}{2}}$$



Грубо правило: ако је $|Z| > 3$ тада подаци представљају екстемне вредости

Груб-ов метод

- Када је број елемената мањи за процену μ и σ се користи Грубов метод
- Z вредност се рачуна на сличан начин
- Уместо нормалне расподеле користи се студентова t-расподела са n степени слободе
- Када је n велико, t-расподела конвергира ка нормалној расподели

Рачунање изгледних вероватноћа

- Претпоставка је да скуп D садржи примерке са мешавином две расподеле
  - M (расподела већине 'нормалних' података)
  - A (расподела података са аномалијом)
- Приступ:
  - Иницијално претпоставка је да сви подаци имају расподелу M
  - Нека је $L_t(D)$ претпостављена вероватноћа припадности за D у тренутку t
  - Сваку тачку $x_t \in M$ преместити у A и одредити $L_{t+1}(D)$ и $\Delta = L_t(D) - L_{t+1}(D)$
  - Ако је разлика $>$ прага тада је x_t аномалија

Особине метода заснованих на статистици

- Строга математичка заснованост
- Велика ефикасност
- Добри резултати ако је позната расподела
- Проблеми у процени код вишедимензионих података
- Аномалије могу да утичу на параметре расподеле

Методе засноване на одређивању растојања

Објекат је аномалија/ елемент ван граница ако је цео објекат или његов део удаљен више од предвиђене границе

Више техника

- K-најближих суседа (важан избор k)
- Рачунање растојања - Махаланобисово растојање
- Растојање се одређује између тачке x и средине $\overline{x}$ скупа података

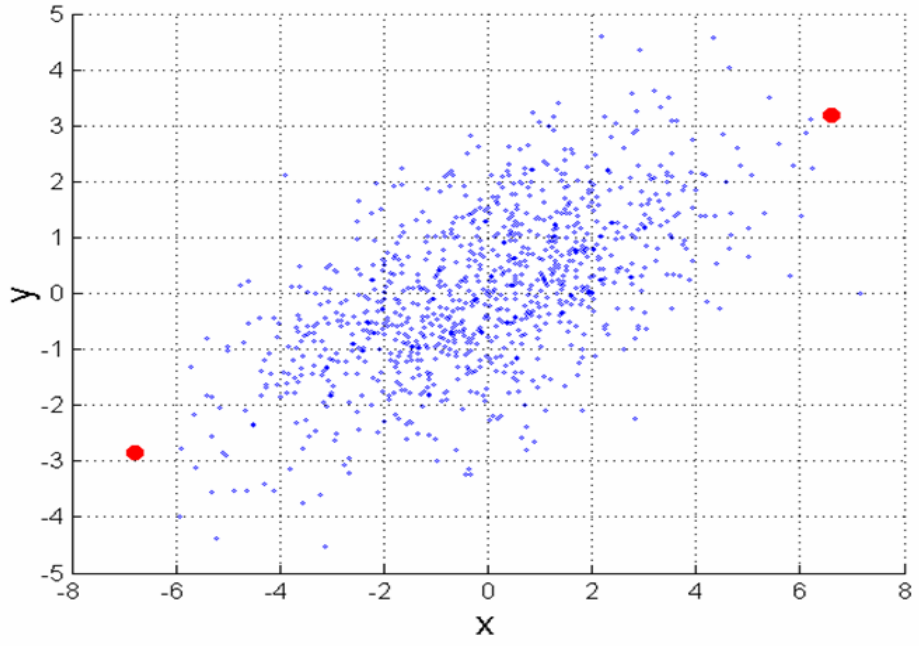
$$Mahalanobis(x, \overline{x}) = \sqrt{x - \overline{x})\Sigma^{-1}(x - \overline{x})^T}$$

где је Σ^{-1} инверзна матрица матрице коваријанси података

- ...

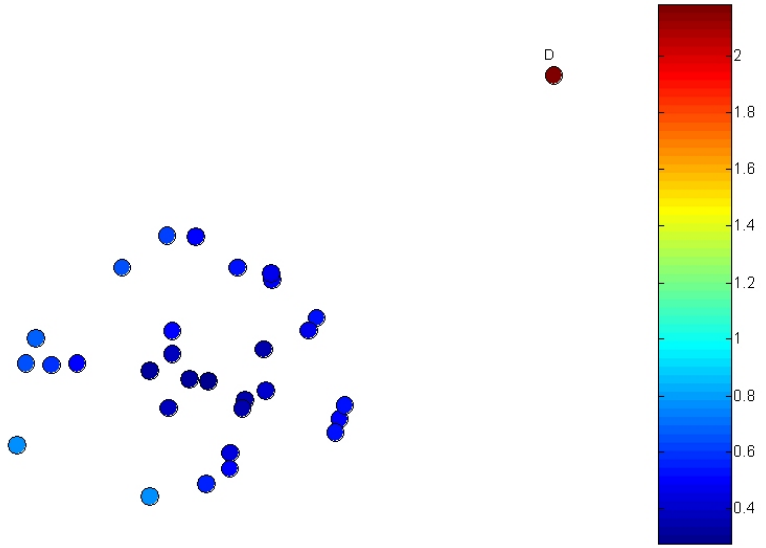
Утицај расподеле на растојање

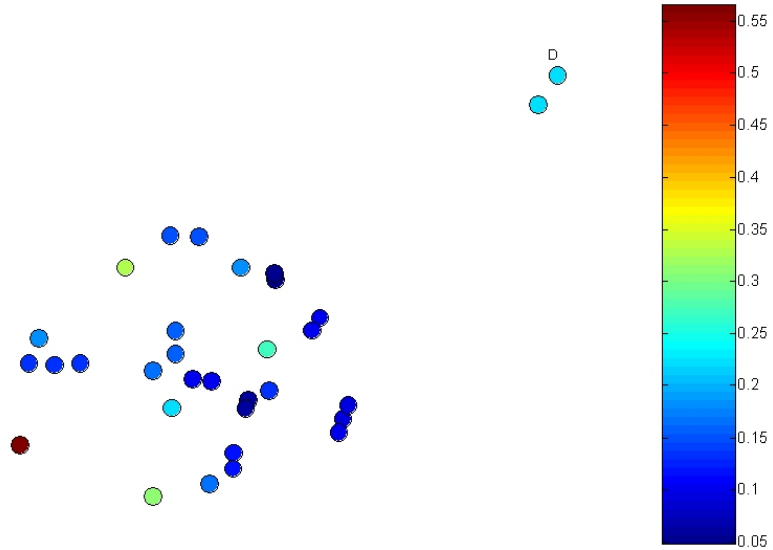
Међусобно растојање тачака $A(-6.8, -2.9)$ и $B(6.8, 3.1)$

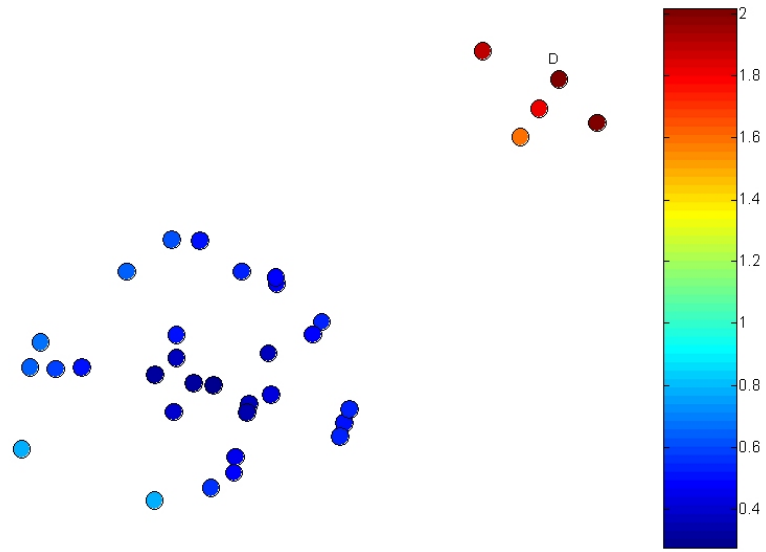


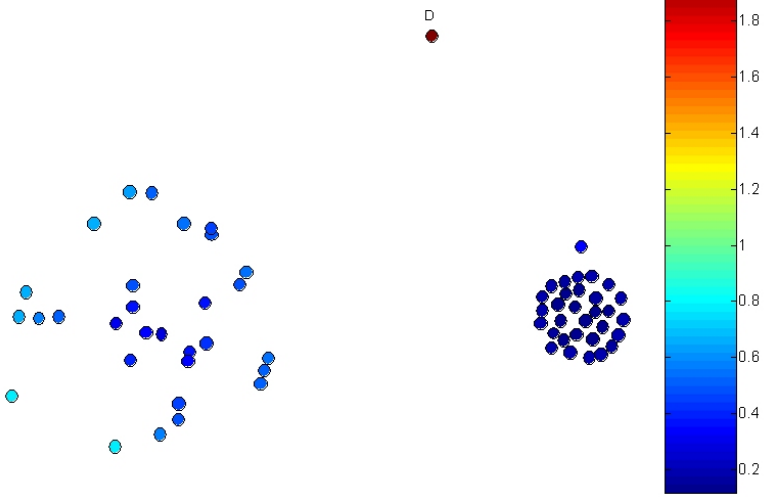
Еуклидско растојање тачака је 14.7, а Махаланобисово 6

Одређивање растојања K-нн









Особине метода заснованих на растојању

- Једноставне су за примену
- Рачунарски захтевне - $O(n^2)$
- Осетљиве на промене параметара
- Проблем са одређивањем растојања у вешедимензионом простору

Методе засноване на одређивању густине

Величина аномалије објекта је обрнуто пропорционална густини елемената у његовом окружењу

Више техника

- K-најближих суседа (важан избор k) - инверзно од растојања до knn суседа
- Инверзно просечном растојању до k суседа
- DBSCAN
- друге методе кластеровања

Проблем код региона са различитом густином

Густина према Knn суседа

Густина = инверзно од растојања до Knn суседа

$$gustina(x,k) = \left(\frac{\sum_{y \in N(x,k)} rastojanje(x,y)}{|N(x,k)|} \right)^{-1}$$

где је $N(x,k)$ скуп који садржи k најближих суседа од x, $|N(x,k)|$ је величина тог скупа, а y је најближи сусед.

Релативна густина према Knn суседа

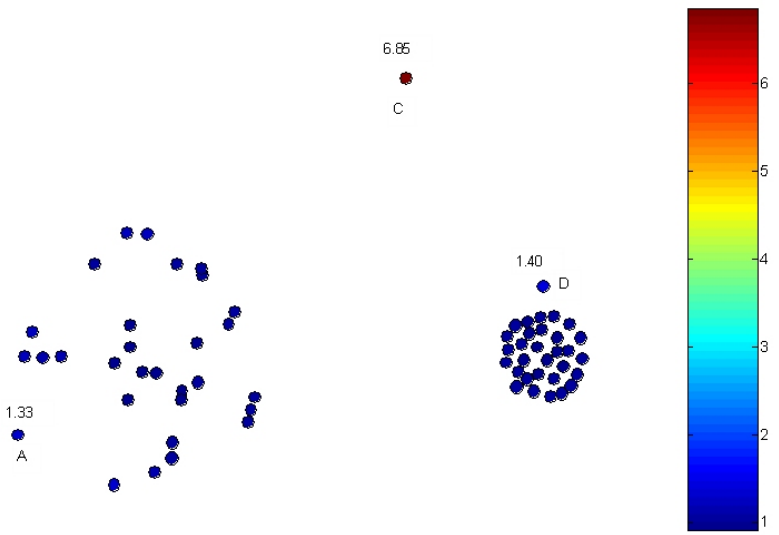
Ако су скупови различите густине тада може да се примени одређивање просечне релативне густине *prg*

$$prg(x,k) = \frac{gustina(x,k)}{\sum_{y \in N(x,k)} gustina(y,k)/|N(x,k)|}$$

где је $N(x,k)$ скуп који садржи k најближих суседа од x, $|N(x,k)|$ је величина тог скупа, а y је најближи сусед.

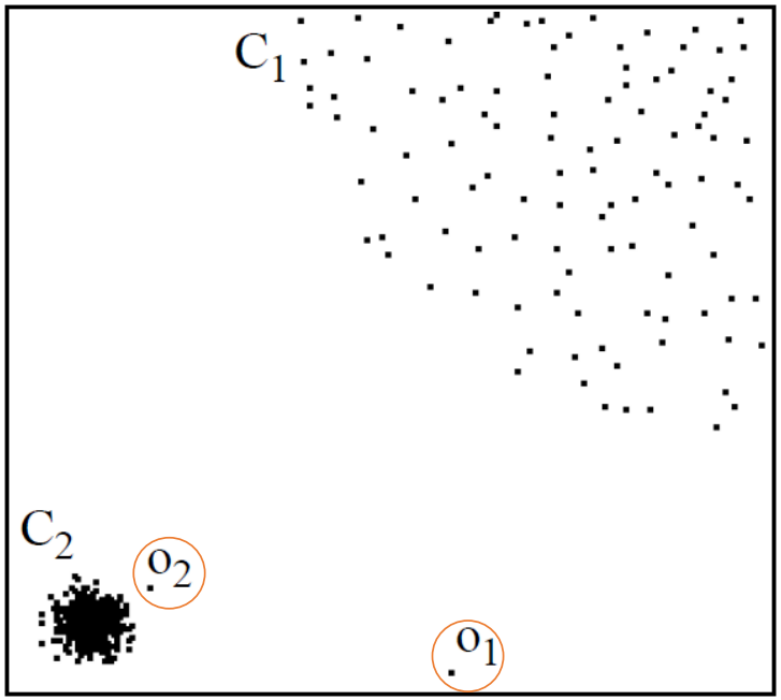
Релативна густина према Knn суседа

Употреба релативне густине омогућава боље одређивање аномалија у случају скупова са различитом густином



LOF приступ

- За сваку тачку се одреди густина у локалном окружењу
- Одреди се LOF (енг. *Local Outlier Factor*) за тачку x као просечан однос густине за x и густине њених најближих суседа
- Велики LOF —-> елемент ван граница



Приступ заснован на кластеровању

Објекат је аномалија/елемент ван граница ако је очигледно да не припада ни једном кластеру

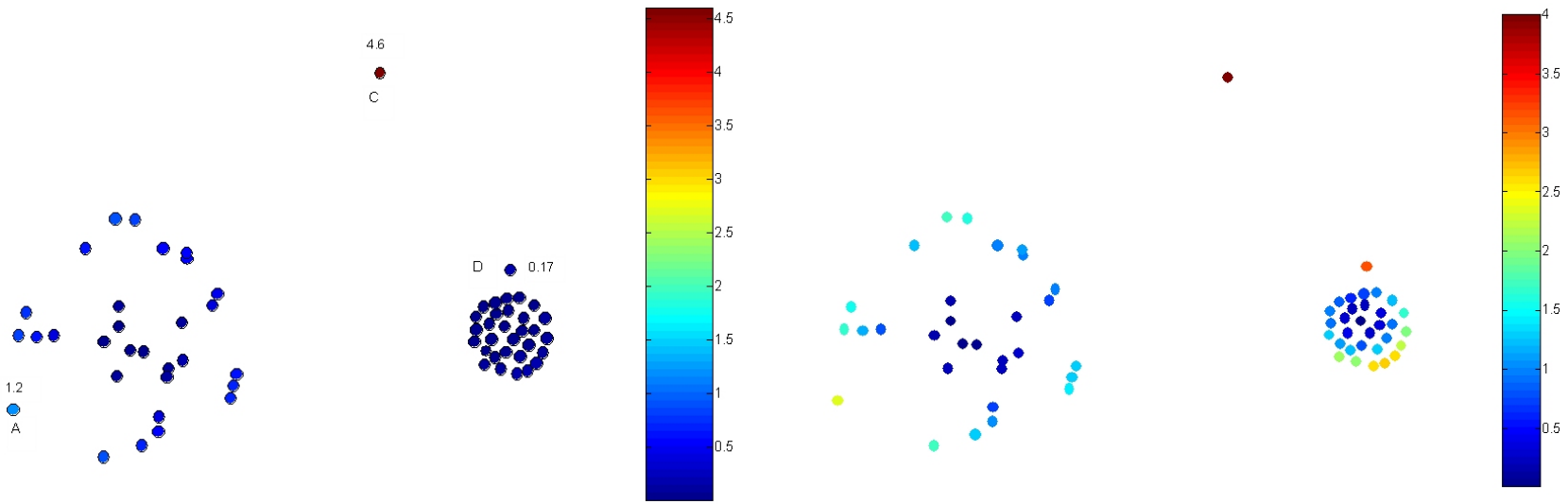
Објекат је елемент ван граница/аномалија

- Код метода кластеровања заснованих на прототиповима, ако није близу центру ни једног од кластера
- Код кластера заснованих на густини, ако је његова густина мала
- Код метода заснованих на графовима, ако није добро повезан

Проблем: Неке методе кластеровања формирају кластере са малим бројем елемената

Релативно растојање у односу на кластер

Растојање у односу на релативно растојање до најближег центроида



Особине метода заснованих на густини

- Једноставне су за примену
- Рачунарски захтевне - $O(n^2)$
- Осетљиве на промене параметара
- Проблем са одређивањем густине у вишедимензионом простору
- Проблем у одређивању технике кластеровања и броја кластера