

Универзитет у нишу

Електронски факултет

- семинарски рад -

**КВАЛИТЕТ ПОДАТАКА**

**ПРЕДМЕТ**: Прикупљање и предобрада података

за машинско учење

**Ментор**: Александар Станимировић **Студент:** Филип Трајковић 1574

Ниш, 2023.

Садржај

[1. Увод 3](#_Toc133580240)

[2. Квалитет података 4](#_Toc133580241)

[2.1. Појам квалитета података 4](#_Toc133580242)

[2.2. Мере квалитета података 5](#_Toc133580243)

[3. Расподела података 7](#_Toc133580244)

[3.1. Типови расподеле података 8](#_Toc133580245)

[3.2. Мере централне тенденције 12](#_Toc133580246)

[3.2.1. Средња вредност 12](#_Toc133580247)

[3.2.2. Медијана 12](#_Toc133580248)

[4. Корелација 13](#_Toc133580249)

[5. Варијанса 15](#_Toc133580250)

[6. Закључак 18](#_Toc133580251)

# Увод

Развој модерних софтверских и хадрверских система у савременом рачунарском окружењу утицао је на појаву све већег обима података. Велике количине података представљају основни садржајни материјал који се користи како би модерни софтверски системи имали висок ниво корисности у својим независним доменима примене. Како подаци представљају основни садржај сваког система у рачунарском окружењу, неопходно је над њима извршити низ корака који ће позитивно утицати на побољшање квалитативног нивоа тог садржаја. Низ корака који се спроводе у процесу побољшања квалитативног нивоа података се врше са циљем како би се употребна вредност самих података унапредила. Употребна вредност сваког појединачног податка је важан аспект из разлога извођења даљих закључака или проналаска законитости сагледавајући читав скуп података.

Низ корака који се спроводе са циљем побољшања квалитативног нивоа скупа података се односе на процес прикупљања и предобраде података који се обавља пре саме фазе анализе података или доношења закључака. Поступак прукупљања података је процес у којем се најпре врши процес агрегације прикупљених појединачних инстанци узорака при чему се највише обраћа пажња да квалитет узорака буде висок, односно да добијене вредности узорака буду приближне опште-познатом опсегу вредности који је базиран на доменском знању. Прикупљене узорке који се налазе изван овог опсега је могуће укључити у коначан скуп података уз обавезне додатне анализе у процесу предобраде података.

Неки од корака у процесу прикупљања и предобраде су процеси агрегације узорака, различитих испитивања квалитативних својстава узорака или целокупног скупа података, испитивања постојања појединачних вредности унутар скупа, испитивање валиданости добијених вредности узорака, процес анализе података у домену дистрибуције података, испитивање концентрације узорака око одређених вредности мера централне тенденције, сагледавање међусобних удаљености појединачних узорака на нивоу целокупног скупа података, упоређивање зависности између различитих фичера који се у скупу података налазе и др.

Претходно поменути кораци у процесу самог прикупљања и предобраде представљају обавезну фазу у процесу целокупне обраде и анализе података јер са собом носе испитивања елементарних и суштинских својстава сваке велике количине података. На основу добијених резултата у овој обавезној фази, добијају се мета-подаци о анализираном скупу на основу којих се могу препознати даљи кораци који се требају додатно укључити или искључити у процес даље анализе. Уколико добијени мета-подаци не задовољавају критеријуме квалитета података којима се овај рад бави, посматрани скуп података ће представљати ризичну групу узорака и потребно је одбацити такав скуп. Критеријуми квалитета података које треба сваки скуп да задовољи су обрађени у даљем тексту овог рада.

# Квалитет података

Квалитет података се односи на развој и имплементацију активности које примењују технике управљања квалитетом на податке како би се осигурало да подаци одговарају специфичним потребама организације у одређеном контексту.

Квалитет података игра важну улогу у областима које се баве активностима везаним за анализу и обраду података при чему се на основу тих обрађених података могу извести одређене законитости из којих се креирају модели попут модела машинског учења. У процесима креирања модела машинског учења неопходно је да подаци носе високо квалитативна својства како би се процесу учења пружиле што прецизније и поузданије информације које тај скуп носи са собом, а које нису очигледне. Квалитет података у машинском учењу се односе на способност података да што више одговарају реално стању и потребама одређеног проблема који се покушава решити моделом машинског учења.

Подаци за које се сматра да одговарају њиховој намени сматрају се подацима високог квалитета. Тако добијени подаци високог квалитета представљају адекватну групу узорака над којима се касније могу вршити анализе успешности алгоритама, проблема у току моделовања и др.

## Појам квалитета података

Појам квалитета података представља квалитативну меру добијеног узорка чија се вредност у процесу процене квалитета проверава у односу на претходно стечено знање из датог домена. Вредност квалитета сваког појединачног узорка се уз помоћ мера квалитета проверава на основу чега се доноси коначни закључак о квалитативним својствима посматраног узорка.

Уколико се прикупљени подаци спадају у групу података који нису високог квалитета, процес даље анализе се мора обавити под високом дозом опреза при чему се и добијени резултати морају узети са резервом јер анализирани скуп не представља адекватну релевантну комбинацију вредности узорака за обављање истраживања.

Примери проблема са квалитетом података укључују дуплиране податке, непотпуне податке, недоследне податке, нетачне податке, лоше дефинисане податке, лоше организоване податке и лошу безбедност података. Како би се поменути проблеми са квалитетом уочили у адекватном временском интервалу пре иницирања процеса анализе података, неопходно је најпре извршити испитивања над добијеним скупом података користећи одређене мере квалитета како би се добила што јаснија слика о нивоу квалитета података који се обрађују.

## Мере квалитета података

Неке од основних мера квалитета података су:

* Тачност
* Јединственост
* Конзистентност
* Потпуност
* Релевантност
* Правовременост



Слика 1. Основне мере квалитета података

**Тачност**

Представља меру квалитета података која дефинише вредност одступања података од стварне или исправне вредности оригиналног податка. Тачност је валидан избор евалуације за проблеме класификације података који су добро избалансирани и без великог броја “outlier”-а. Тачност вредности података се мери тако што се верификује у односу на познати извор тачних информација. Ово мерење може бити сложено ако постоји више извора који садрже тачне информације. У таквим случајевима, потребно је изабрати ону која највише утиче на домен проблема и израчунати степен усклађености сваке вредности података са извором. Уз помоћ матрице конфузије можемо да дефинишемо тачност следећом формулом:

где су елементи:

А - вредност тачности, - “True positive” вредност, - “True negative” вредност, - “False positive” вредност, - “False negative” вредност

**Јединственост**

Јединственост података се односи на квалитативну меру сваког појединачног податка у великом скупу различитих података. Јединственост представља особину података која се односи на сваку појединачну ставку у подацима где се већим квалитетом подразумева и већа количина јединствених података. Јединственост података јесте супротност мултипликативности података тј. дуплицирања појединачних записа (врста) у табели података. Мултипликативност доводи до повећања обима скупа података без уношења варијабилности или различитости унутар скупа. Приликом процеса препроцесирања података, неопходно је извршити редукцију скупа података избацивањем дупликата - мултиплицираних вредности појединачних врста у табели.

**Конзистентност**

Конзистентност података се односи на униформност података док се крећу кроз мреже и апликације. Исте вредности података ускладиштене на различитим локацијама не би требало да буду различите. Један од начина да се осигура конзистентност података је детекција аномалија, која се понекад назива и анализа “outlier”-a (ванредних вредности), која помаже да се идентификују неочекиване вредности или догађаји у скупу података. Конзистентност проверава да ли су вредности података ускладиштене за исти запис у различитим изворима без контрадикторности и да ли су потпуно исте – у смислу значења, као и структуре и формата.

**Потпуност**

Потпуност података се односи на број попуњених вредности унутар скупа података што доприноси целовитости или свеобухватности скупа података. Како би скуп података био потпун неопходно је да не постоје празнине или недостајуће информације које на тај начин скуп података чине тежим за обраду и извођење даљих закључака из података. Непотпуни подаци су често неупотребљиви, али се често и даље користе чак и са информацијама које недостају, што даље може довести до скупих грешака и лажних закључака. Непотпуни подаци су често резултат неуспешно прикупљених података. Неке од техника које се примењују како би се отклонили проблеми непотпуних података су: попуњавање празних поља одређеним вредностима или извацивање целе врсте или колоне из скупа података. Врста технике која се примењује зависи од броја недостајућих података у односу на целокупан скуп.

**Релевантност**

Релевантност података се односи на степен значаја информација које се налазе у одређеном скупу података. Релевантност података показује корисност типа података који се прибавља, његову квалитативну вредност и степен искоришћености тог податка у процесу обраде и анализе скупа података. Уколико подаци не носе високу релевантну вредност унутар целокупног скупа података, могуће их је одстранити како не би потенцијално утицали на коначни закључак процеса анализе података. Такође, процес прикупљања података није нимало јефтина операција, па је стога неопходно обратити пажњу на релевантност података који се прикупљају како целокупни процес не би уносио додатне трошкове у току анализе.

**Правовременост**

Правовременост података представља меру квалитета података која се односи на доступност и ажурираност података у одређеном временском тренутку и као таква мера представља једну од најважнијих мера које утичу на исправност и валидност података који се обрађују. Доношење битних пословних одлука се често ослања на валидност и доступност података којима се располаже, те је стога више него неопходно да подаци над којима се врши анализа буду правовремено одржавани и ажурирани у базама података. Правовременост такође утиче и на тачност података у одрђеном временском тренутку. Уколико подаци нису правовремено промењени или обновљени, може доћи до доношења погрешних закључака и акција на основу неисправних података. Метрика која се односи на правовременост података се изражава у процентима података који се могу добити у одређеном временском оквиру као што су дани, недеље, месеци, итд.

# Расподела података

Расподела података представља меру која описује начин дистрибуције података у односу на целокупан скуп података према вредности учесталости понављања података у распону од минималне до максималне вредности. Расподела података се представља графиком вредности при чему су на х-оси представљене све вредности одређеног „feature“-а, тј. променљиве од интереса која се посматра, док су на у-оси представљене учесталости тих вредности у целокупном скупу података.

Дистрибуција се односи на то како су подаци распоређени или груписани око одређених вредности или опсега. Груписање око одређене вредности носи са собом високо квалитативну меру која представља начин простирања података у односу на учесталост у добијеном целокупном скупу узорака.

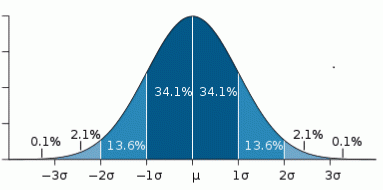
Како бисмо детаљно описали расподелу података користе се одређени типови расподела који додатно доприносе процесу закључивања о структуираности и мери густине, квалитативних и квантитативних карактеристика посматраног скупа података. Ови типови расподела описују обрасце по којима се подаци распоређују у целокупном скупу података и могу допринети побољшању разумевања законитости које владају у посматраном домену који је тим скупом података описан. Облик дистрибуције квантитативних (нумеричких) података се може одредити при чему треба постојати логичан редослед или распоред вредности при чему се могу идентификовати ниске (минималне) и високе (максималне) вредности на графику, као и густина распореда најзаступљенијих вредности у односу на мање заступљене вредности или граничне вредности које треба додатно испитати („outlier“-и).

## Типови расподеле података

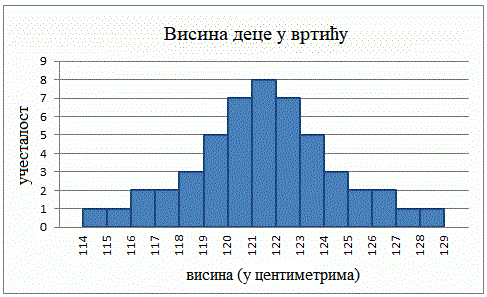
Типови расподеле података представљају распоред варијабилности вредности података на нивоу целокупног скупа података. Уколико се подаци представе уз помоћ хистограма, типови расподеле података утичу на изглед графика тако што одређују где се налази највећи број вредности, око колико вредности су груписани сви узорци података, са којом тенденцијом раста или опадања се вредности скупа мењају и сл. Неки од основних типова расподеле података су:

* симетрична расподела
* бимодална расподела
* асиметрична расподела
* униформна расподела

**Симетрична расподела**

 Симетрична расподела представља расподелу података у којој две стране дистрибуције изгледају идентично у односу на вредност мере централне тенденције – средњу вредност. Нормална расподела представља идеалан пример за симетричну расподелу података. Изглед графика овакве расподеле је представљен у облику симетричног звона при чему се овај облик формира захваљујући облику колона које представљају податке. На следећем примеру можемо видети како симетрична расподела изгледа на хистограму:

Слика 2. Процентуална количина података у односу на средњу вредности - µ

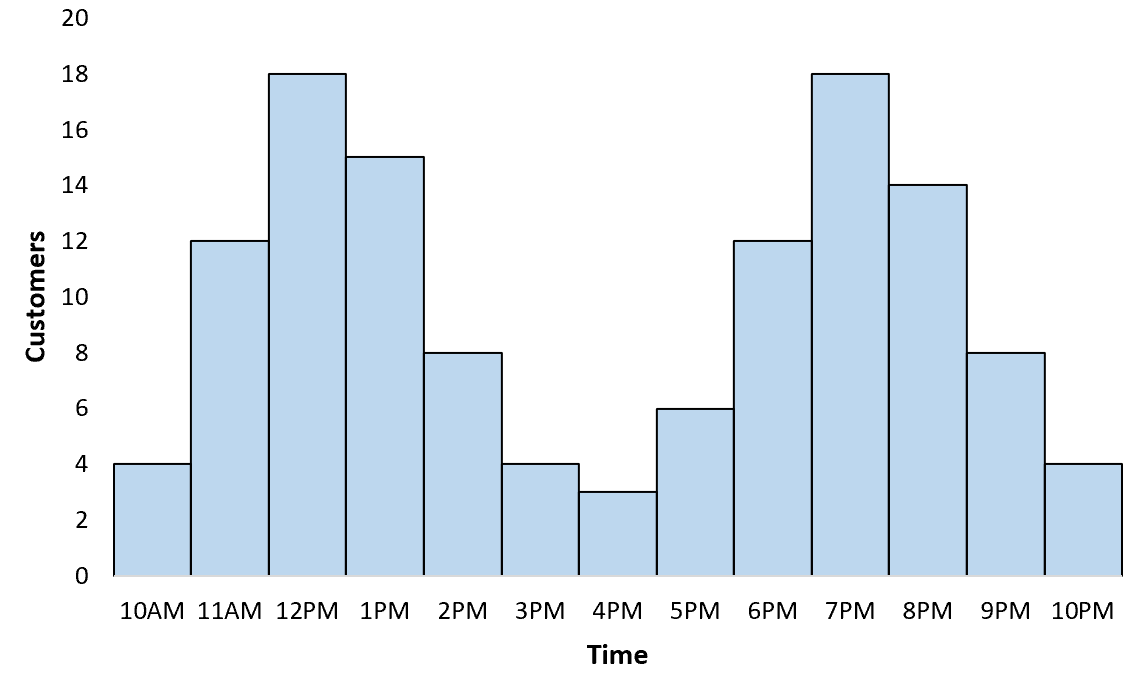


Слика 3. Симетрична расподела на примеру ученика

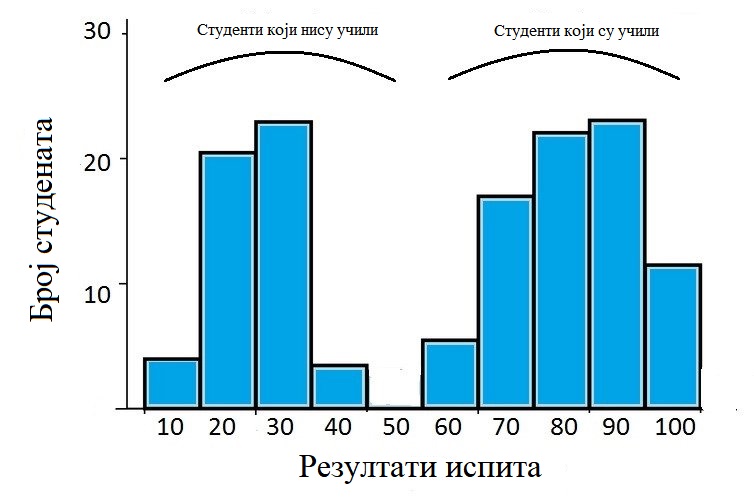
**Бимодална расподела**

Бимодална расподела података представља расподелу података чије се вредности концентришу око два најучесталија опсега вредности. Ова два опсега вредности учествују равноправно у расподели података те се стога све вредности из скупа података више или мање дисјунктно придружују једном или другом опсегу. Дисјунктно придруживање опсегу се односи на чињеницу да једна вредност не може истовремено припадати у оба опсега равноправно.

Оваква расподела података указује да у целокупан скуп података поседује две групе вредности што је на графику представљено са два „врха“. Око ових „врхова“ се гомилају све остале вредности. Бимодална расподела се често може представити и као две унимодалне расподеле које независно представљају своју групу узорака из скупа података.



Слика 4. Бимодална расподела на примеру посећености купаца у времену



Слика 5. Бимодална расподела на примеру резултата испита у односу на број студената

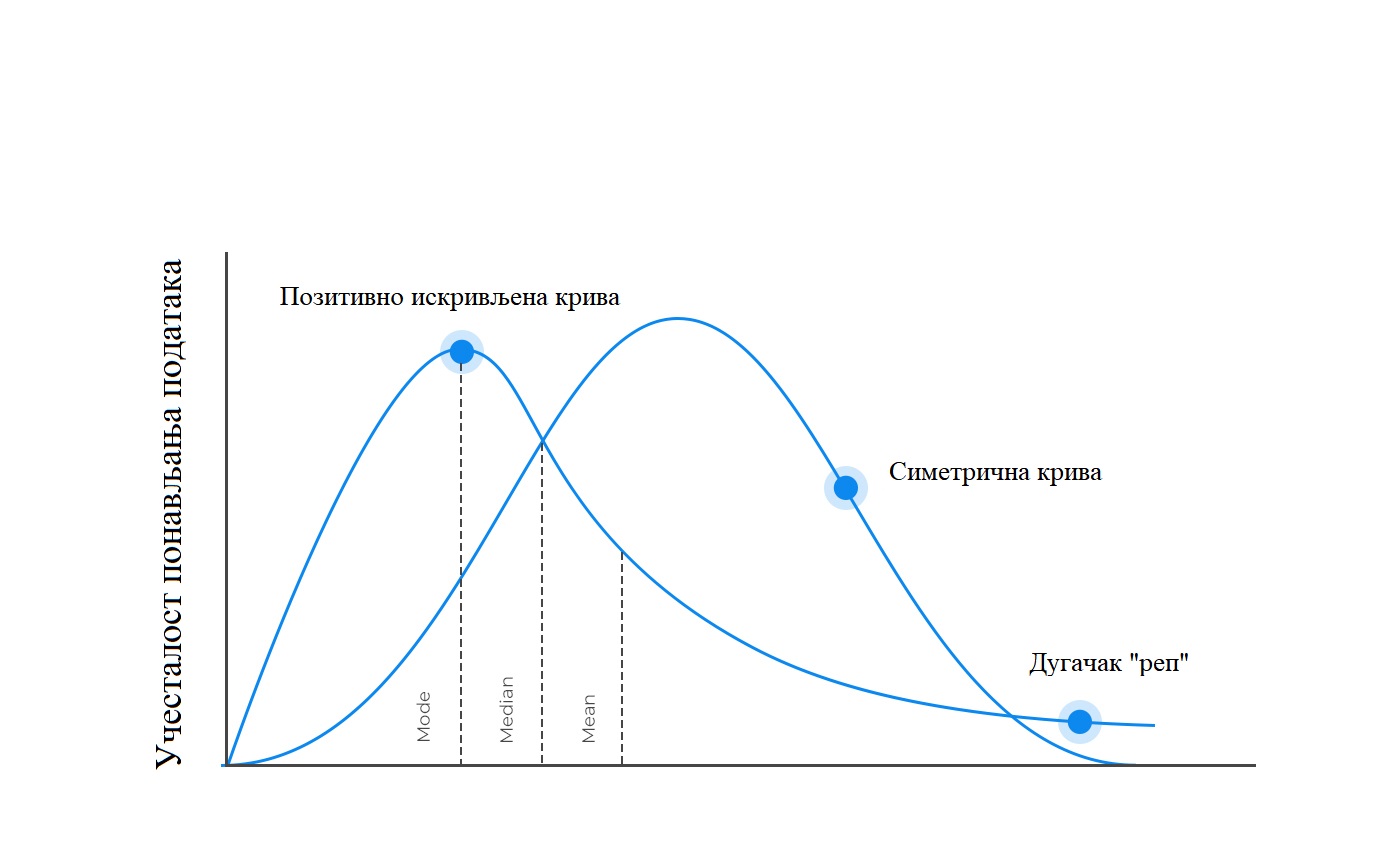
**Acиметрична расподела**

Асиметрична расподела представља тип расподеле података при чему график криве која описује податке није симетричан у односу мере централне тенденције скупа података. Овакав график има дугачки „реп“, односно вредност функције која умерено опада искључиво само са једне стране у односу на мере централне тенденције. Овакав „реп“ се креира на основу волумена података који се налазе изван опсега са најучесталијим вредностима у подацима.

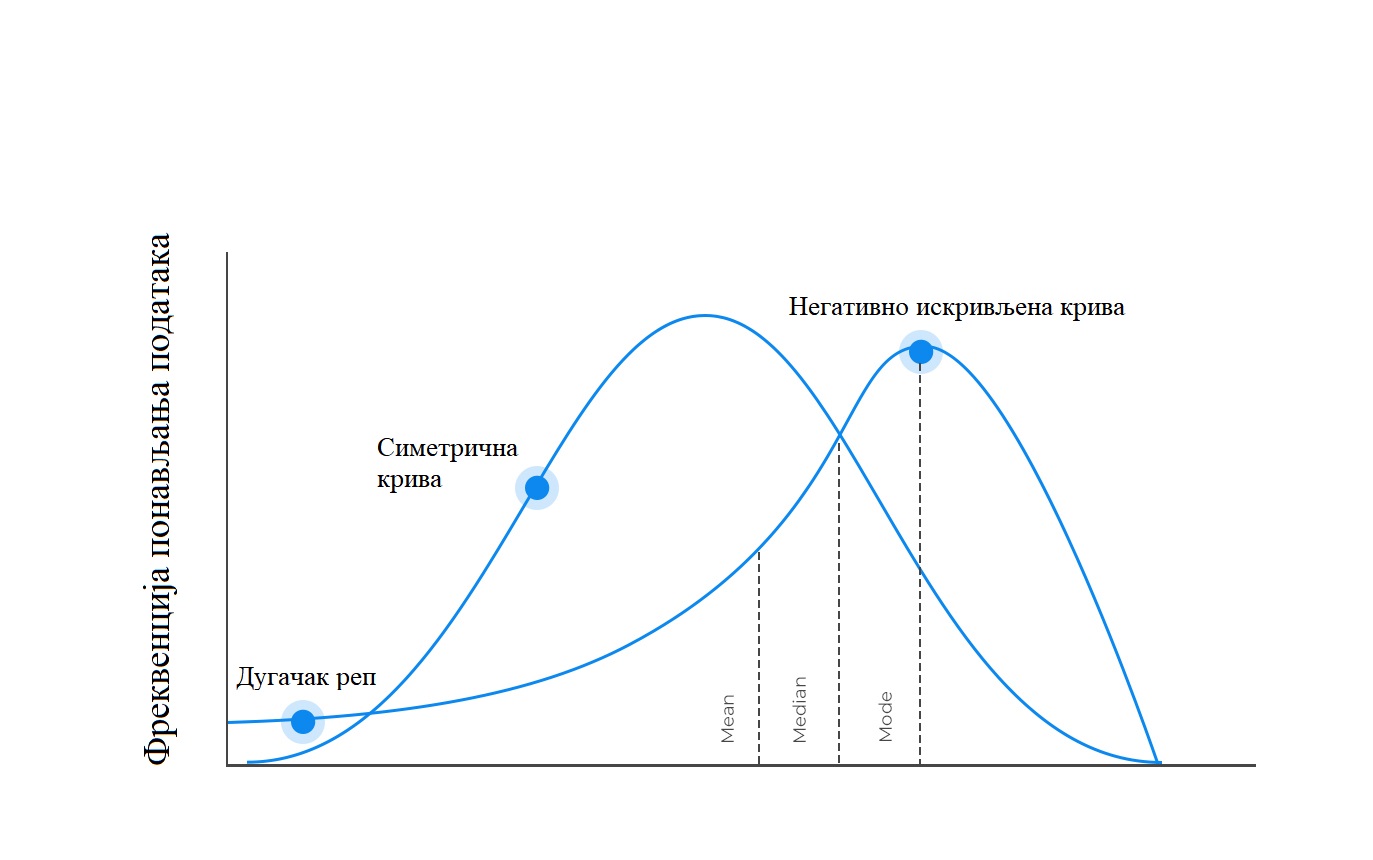
Овакви типови података садрже велики број података чије вредности одступају од најучесталијих вредности из главног опсега. Најудаљеније вредности од главног опсега се називају „outlier“-има и такве вредности се након детаљне анализе у великом броју случајева одбацују из скупа података као невалидне. Овакве вредности могу утицати на коначан исход доношења закључака из података те је стога веома важно и неопходно ове вредности обрадити на адекватан начин.

У зависности од тога са које стране функција учесталости спорије опада, разликујемо две врсте асиметричне расподеле података. Уколико функција спорије опада са десне стране у односу на опсег најучесталијих вредности, таква асиметрична расподела се назива – **позитивно** или **десно кошење** расподеле података. Уколико функција спорије опада са леве стране у односу на опсег најучесталијих вредности, таква асиметрична расподела се назива – **негативно** или **лево кошење** расподеле података.

Битна карактеристика код асиметричне расподеле података јесте чињеница да су вредности мера централне тенденције различите једна од друге. Ова карактеристика је уочљива на следећим графицима који представљају горепоменуте асиметричне врсте расподеле података – позитивно и негативно кошење расподеле података.



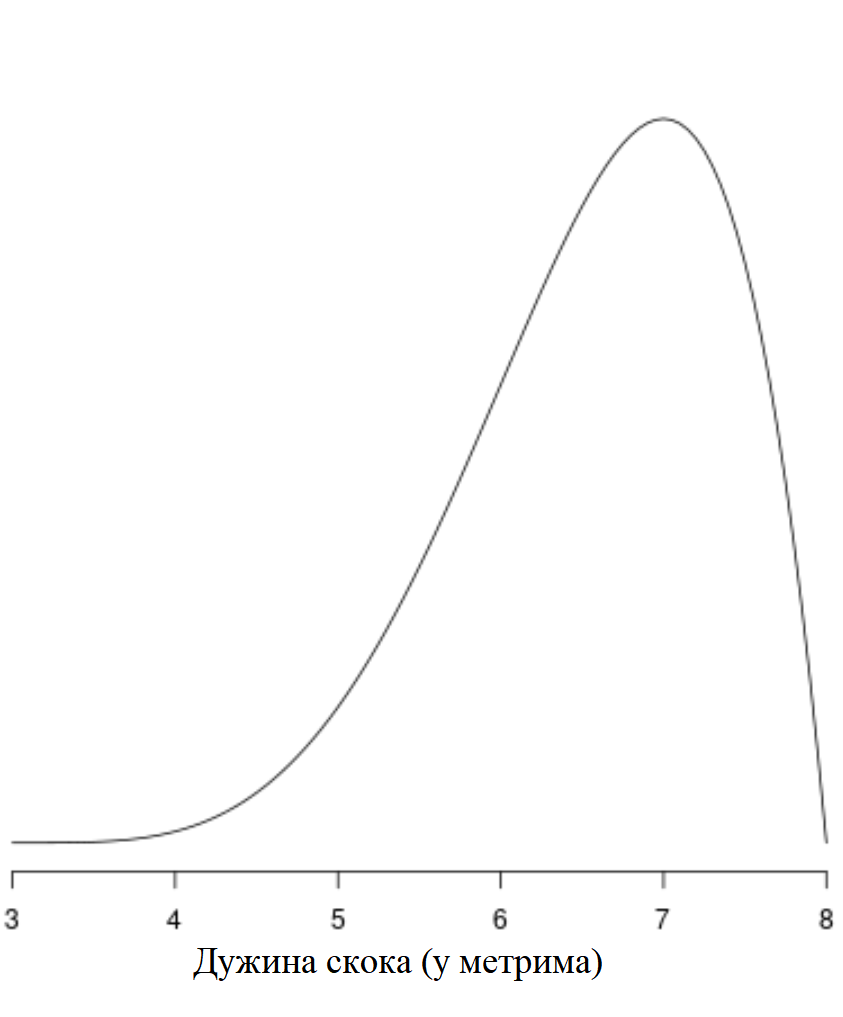
Слика 6. Позитивно или десно кошење расподеле података



Слика 6. Негативно или лево кошење расподеле података

На овим графицима може се јасно уочити дугачки реп који се образује на основу вредности изван опсега који садржи највећи број вредности и вредности „outlier“-а које представљају граничне вредности које се могу одбацити. Јасно се може уочити да се вредности „mean”, “median” и „mode“ разликују и то по вредности у зависности од типа кошења криве расподеле података.

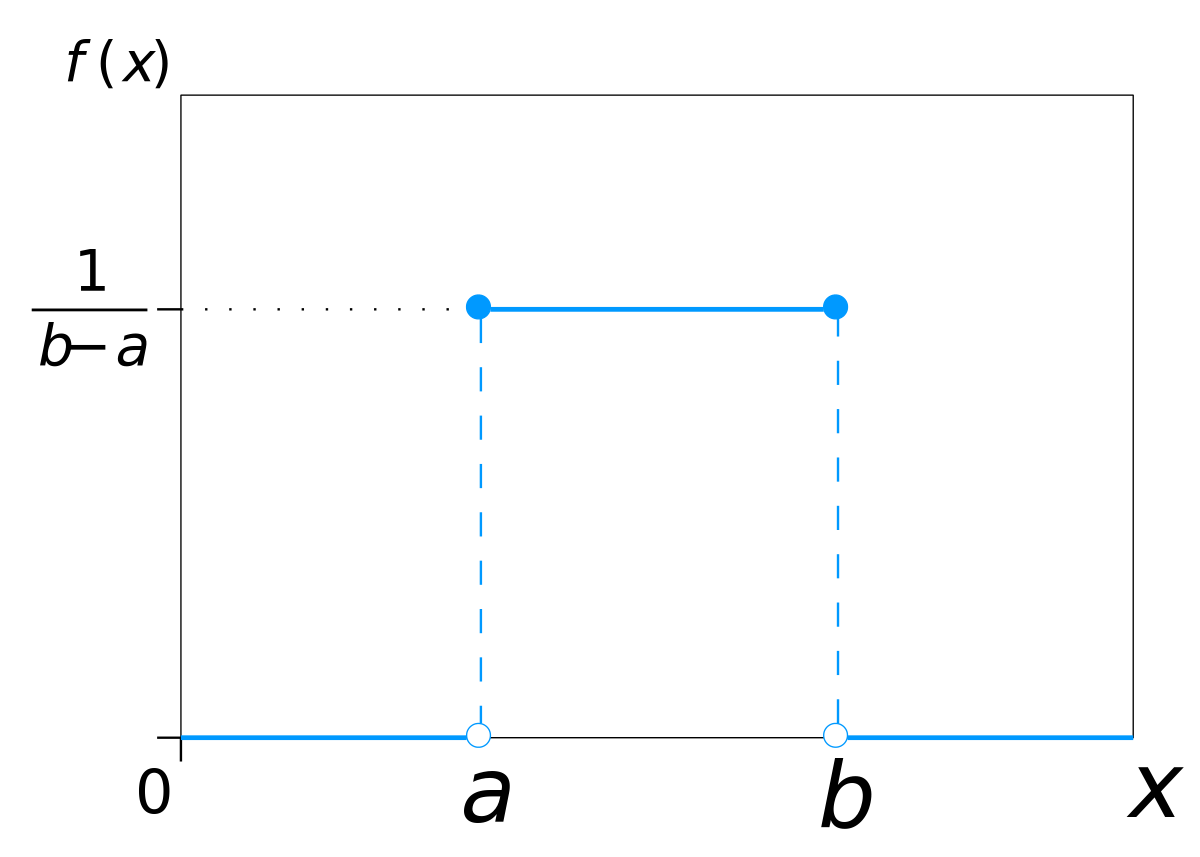
Следећи пример показује реалан скуп података на којем су презентовани подаци из дисциплине скок у даљ, из спорта атлетике. На графику уочавамо лево кошење криве што означава да се у датом опсегу вредности неравномерно распоређују у односу на мере централне тенденције.



Слика 7. Пример левог кошења криве у атлетској дисциплини скок у даљ

**Униформна расподела**

Униформна расподела података је специјалан случај расподеле података при којој све вредности из скупа података са подједнаком учесталошћу учествују у расподели података. Овај специјалан случај је представљен правом линијом између вредности a и b који чине интервал [a, b] свих могућих вредности унутар скупа при чему a представља минималну вредност, док b представља максималну вредност која се може добити. Вероватноћа P са којом се може добити свака појединачна вредност из посматраног скупа је:



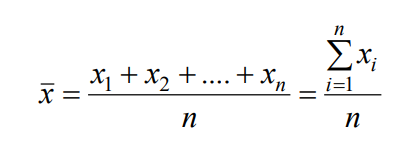
Слика 7. График униформне расподеле података на опсегу [a, b]

## Мере централне тенденције

Мере централне тенденције представљају фамилију вредности које имају за циљ да целокупан скуп података опишу уз помоћ једне јединствене вредности. Оваквим представљањем, тежи се да се скуп података представи неким заједничким својством. Најбитнији елементи ове фамилије вредности су: аритметичка средња вредност, геометријска средња вредност, хармонијска средња вредност, средња квадратна вредност, средња кубна вредност, модус и медијана. У даљем тексту ће бити презентовано неколико издвојених мера централне тенденције при чему свака носи другачију квалитативну вредност, али се свака од њих равноправно употребљава у односу на остале.

### Аритметичка средња вредност

Аритметичка средња вредност представља најзаступљенију и највише коришћену меру централне тенденције. Аритметичка средња вредност узима у обзир све вредности из скупа података приликом процеса рачунања коначне вредности. Управо из разлога што узима све вредности из скупа, може довести до неправилних закључивања о скупу података зато што се у процесу израчунавања користе и граничне „outlier“ вредности које могу значајно утицати на коначну вредност израчунавања. Вредност аритметичке средине се израчунава као количник суме свих вредности из скупа података и броја узорака. Овај поступак је приказан на следећој формули:



Ова мера централне тенденције има високу употребну вредност код скупова података који имају Гаусову (нормалну) расподелу података. Уколико је расподела података асиметрична тј. искошена неопходно је користити неки други приступ зато што тада средња вредност не приказује реалну вредност око које се подаци гомилају.

### Медијана

Медијана представља меру централне тенденције која са вишим степеном веродостојности одређује средњу вредност у односу на аритметичку средњу вредност. У процесу израчунавања медијлне вредности се елиминишу вредности које могу негативно да утичу на реално стање расподеле података тако што елиминише граничне вредности – „outlier“-е.

Како би се израчунала медијална вредност, најпре је неопходно сортирани добијени вектор података у растући/опадајући редослед редослед. Уколико је број елемената вектора непаран, за медијалну вредност се узима елемент који се налази на средини датог низа.

Ово се може видети на следећем примеру.

Пример: Нека је дат низ непарног броја елемената са следећим бројевима:



Након сортирања овог низа бројева добија се следеће:



Обзиром да је дати низ непарног броја елемената, узимамо елемент на средини као коначну вредност медијане – 56.

Пример 2: Нека је дат низ парног броја елемената са следећим бројевима:



Најпре се врши корак сортирања улазних вредности и добија следеће:



Након сортирања, издвајају се два елемента са средине низа и врши се рачунање аритметичке средине између ова два броја.

Коначно решење овог примера је 55.5.

### Модус

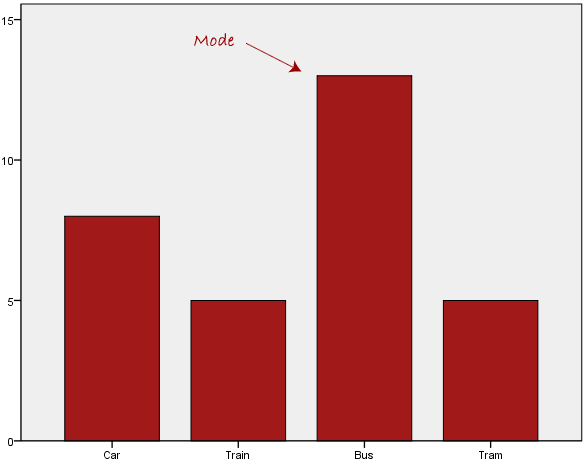
Модус представља меру централне тенденције при чему коначну вредност представља један или више узорака из посматраног скупа података. Модус вредност представља вредност узорка који има највећу вредност учесталости у скупу података. Уколико постоји више узорака који имају идентичну вредност фреквенције у скупу података, сви узорци се узимају као валидне модус вредности.

Ова мера централне тенденције се најчешће користи код фичера који могу имати мањи број могућих вредности као што су категорички подаци. Са повећањем броја могућих вредности које одређени фичер може да садржи, драстично опада квалитативна вредност коју ова мера носи са собом. Овај проблем се јавља из разлога зато што је код нумеричких података мања вероватноћа да ће вредности фичера имати потпуно идентичну вредност, јер се код мерења дешава одређен степен одступања. Због овог проблема, применљивост модуса је ниска код нумеричких типова података.

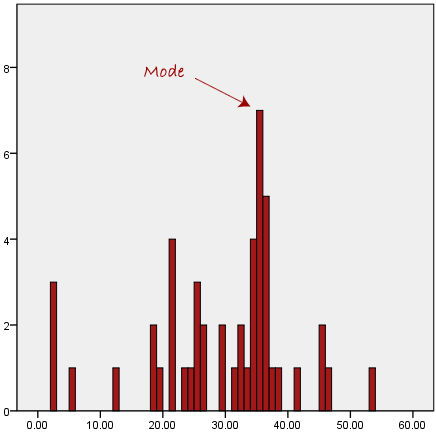
Код категоричких података код којих је број могућих вредности фичера мањи, ова мера може имати високо квалитативну вредност и може бити употребљена у различите сврхе.

Такође, још један проблем који се јавља јесте да је могуће да вредност модуса буде драстично удаљена од главног опсега у којем се налазе остале вредности из посматраног скупа података, па стога вредност модуса неће носити валидну информацију о целокупном скупу података.

Ова модус вредност је на хистограму представљена усправним правоугаоником са највећом висином, тј. највећом вредношћу на у-оси.

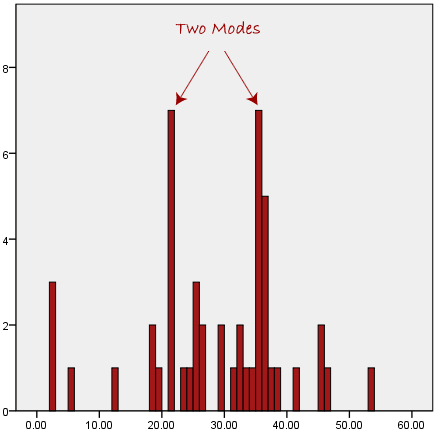


Слика 8. Модус категоричких података

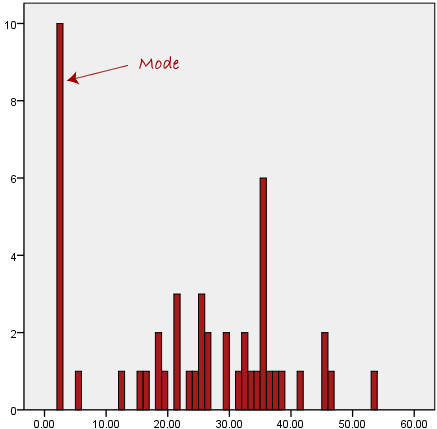


Слика 9. Модус нумеричких података

На следећим сликама су представљени неки од проблема који се јављају приликом израчунавања модуса.



Слика 10. Две вредности модуса са истом учесталошћу



Слика 11. Вредност модуса представљена „outlier”-ом

# Корелација

Корелација представља нумеричку вредност линеарне зависности између појединачних фичера унутар посматраног скупа података. Приликом рачунања корелације, врши се упоређивање сваког фичера са сваким од преосталих фичера из скупа података при чему се за сваку везу добија зависност у одређеном нумеричком опсегу. Моделовањем зависности на овај начин, могу се изразити одређена имплицитна међусобна својства између података. Подаци попут међусобних зависности између појединачних фичера могу бити од суштинске користи зато што носе високу употребну и квалитативну вредност у процесу анализе података и закључивања законитости које делују у посматраном скупу података.

Вредност корелације или Пирсонов коефицијент корелације између два посматрана фичера се рачуна као количник вредности коваријансе између два фичера и производа појединачних вредности стандардних девијација поменутих фичера. На овај начин се вредност коваријансе између две фичера нормализује у опсегу од [-1, 1].

Вредност корелације може бити негативна или позитивна, што је условљено знаком испред вредности корелације.

Уколико је вредност корелације негативна, линеарна законитост која важи између два фичера је обрнуто линеарно зависна. Негативна корелација означава да се вредност једног фичера смањује уколико се вредност другог фичера повећава и обрнуто.

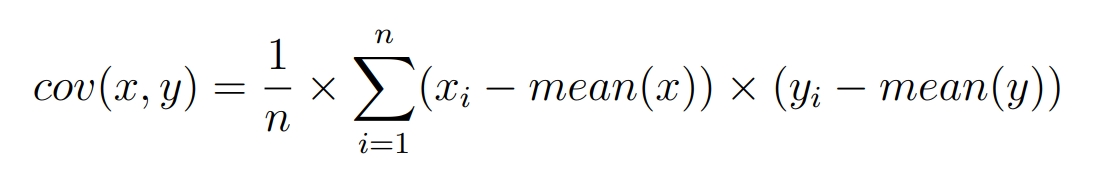
Уколико је вредност корелације позитивна, линеарна законитост која важи између два фичера је директно линеарно зависна што означава да се вредност једног фичера повећава са повећањем вредности другог фичера и обрнуто.

Уколико је вредност корелације између два фичера једнака нули, линеарна зависност између два фичера не постоји. Вредности корелације које су позитивне или негативне вредности приближне нули представљају слабо условљену корелацију између фичера и не представљају довољно квалитативну меру на основу које се може утврдити висока зависности између фичера.

Вредности корелације које су у опсегу [-1, -0.5] или [0.5, 1] представљају високо условљену зависност и такву линеарну релацију између посматраних фичера треба јасно издвојити јер се на основу те релације могу извести одређени високо квалитативни закључци о скупу података.

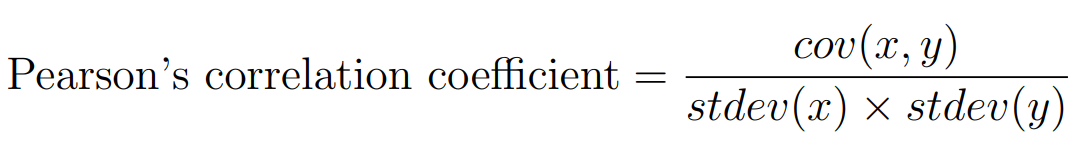
Приликом израчунавања вредности корелације на нивоу целокупног скупа података, применом уграђених функција из пајтон библиотека, добија се матрица корелације – симетрична матрица која за врсте и колоне има улазне фичере посматраног скупа података. На главној дијагонали добијене матрице се налази вредност 1 јер је главна дијагонала пресек врста и колона истог фичера. У остала поља ове матрице се смештају вредности корелације између свих осталих фичера појединачно и то у пресеку врста и колона свих фичера понаособ.

Формула рачунања коваријансе два улазна фичера X и Y:

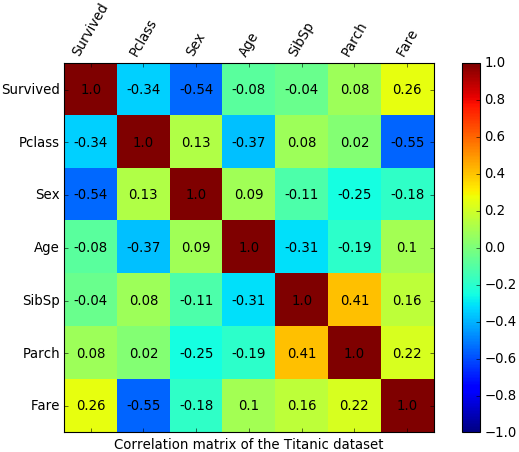


где су: X, Y – улазни фичери, n – број елемената улазних фичера X и Y

Након израчунавања коваријансе улазних фичера, могуће је извршити рачунања вредности Пирсоновог коефицијента корелације на следећи начин:



На следећем примеру је приказана матрица корелације за скуп података о путницима Титаника са различитим вредностима корелације између појединих фичера. Градијенталним опсегом боја је представљен степен корелације између фичера што се може видети са десне стране слике.

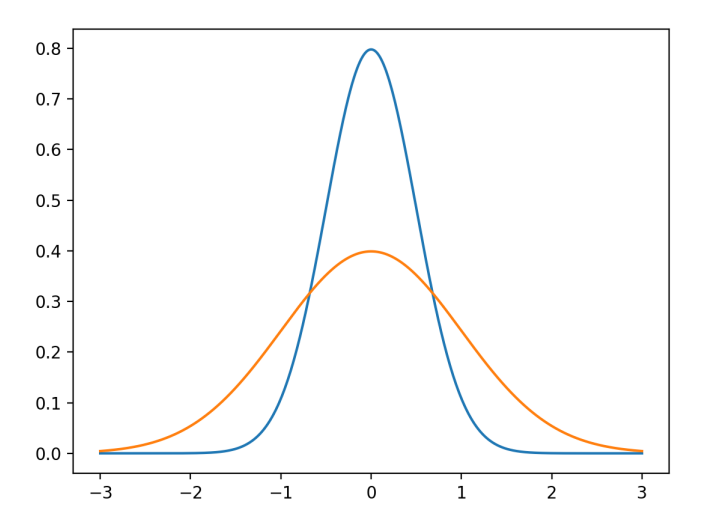


Слика х. Матрица корелације скупа података о путницима Титаника

# Варијанса

Варијанса представља меру која показује колико просечна вредност узорака одступа или варира од мере централне тенденције – средње вредности. Ова мера детаљније описује начин ширења вредности у целокупном скупу података. Варијанса може имати ниску или високу вредност што утиче на то колико ће подаци бити груписани око средње вредности. Скуп података са ниском варијансом ће имати вредности груписане у близини средње вредности, што значи да ће нагиб криве одређен расподеле података бити већи око средње вредности. Скуп података са високом варијансом ће имати вредности које су удаљеније од средње вредности и, на примеру Гаусове расподеле података, представљаће облик широког звона.

Вредност варијансе не може бити негативна, тачније налази се у скупу вредности [0, +∞).



Слика х: Изглед Гаусове дистрибуције података са високом(плава крива) и ниском(наранџаста крива) варијансом

Варијанса може имати два различита облика:

* Варијансу узорака
* Варијансу популације

Варијанса узорака

Варијанса узорака Гаусове расподеле података се рачуна као средња квадратна вредност разлике сваког појединачног узорка из скупа у односу на средњу вредност целокупног скупа података.



Слика х2: Формула варијансе узорака

где је: – варијанса узорака, – вредност i-тог елемента узорка, - средња вредност свих узорака, број узорака

Варијанса популације

Варијанса популације расподеле података се рачуна готово идентично као варијанса узорака уз разлику да се сума квадратних разлика дели са n – вредношћу броја узорака у целој популацији.



Слика х2: Формула варијансе популације

где је: – варијанса популације, – вредност i-тог елемента популације, µ - средња вредност популације, N - број узорака

# Закључак

Литература

1. <https://www.heavy.ai/technical-glossary/data-quality>
2. <https://www.kdnuggets.com/2019/10/5-classification-evaluation-metrics-every-data-scientist-must-know.html>
3. <https://www.metaplane.dev/blog/data-consistency-definition-examples>
4. <https://dataladder.com/10-data-quality-metrics-you-should-measure/>
5. <https://www.precisely.com/blog/data-quality/5-characteristics-of-data-quality>