



Игре бројевима

Универзитет у Београду, Математички факултет

Зететика

март 2024.

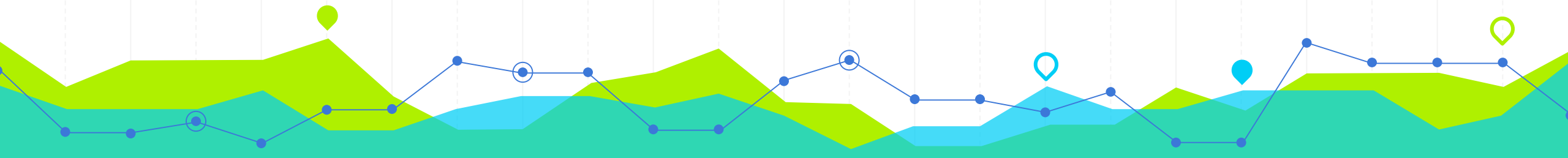
Предметни професор:

др Сташа Вујичић Станковић

Радили: Даничић Теодора 255/2023,
Јовановић Ђорђе 50/2023,
Лазић Никола 11/2023,
Ликар Вања 111/2023,
Микавица Ангелина 241/2023,
Милошевић Ана 72/2023,
Станковић Бојана 140/2023.



Бројеви су основа многих математичких и статистичких концепата, а у овој презентацији истражићемо различите аспекте игре бројевима, укључујући проценте, графиконе и њихову примену у реалном свету. Кроз ове концепте, схватићемо како бројеви нису само апстрактне вредности, већ моћно средство за разумевање и доношење информисаних одлука.





Бројевна писменост

Гаусов рачун

Како можемо израчунати суму првих n природних бројева? Управо овај проблем, за $n = 100$, је решио Гаус када је имао 7 година. Учитељ је својим ученицима задао да израчунају $1 + 2 + 3 + \dots + 100$, али је млади Гаус успео да паметним груписањем сабирака (први и последњи, други и претпоследњи...) суму израчуна значајно брже него што је било очекивано. Наиме, уочио је да оваквих парова има 50, а да је збир сваког пара 101, па је самим тим укупна сума морала бити $50 * 101 = 5050$. Ово решење проблема је било **брзо, елегантно, исправно и непорециво.**

Carl Friedrich Gauss (1777-1855), немачки математичар и научник

Innumeracy као појам

Нажалост, данас многи људи избегавају математику. Страх од математике има и научно име, матефобија. Математичар Џон Ален Паулош је математичку неписменост назвао "innumeracy" у својој књизи која носи исто име. Ипак, више него икад смо изложени информацијама (од којих многе садрже бројеве) са разних извора, од којих су многи непроверени, па је веома важна способност разумевања и провере истих.

John Allen Paulos (рођен 1945.), професор математике на Универзитету Темпл у Филаделфији

NATIONAL BESTSELLER

INNUMERACY

MATHEMATICAL ILLITERACY AND ITS CONSEQUENCES



John Allen Paulos



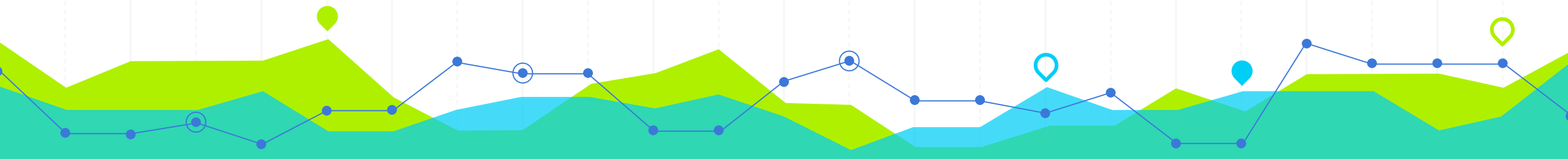
Постоји много начина на које бројеви могу да нас збуне и како људи могу да их искористе да нас заварају.



Бесмислени бројеви

Основна процена смислености бројева

Основни прорачуни су често довољни да закључимо да ли нека тврдња има смисла. Ипак, пре него што са њима почнемо, важно је бити упућен у тему о којој се прича.



Брисачи прозора

У једном обраћању 2018. године, председник Александар Вучић је изнео тврдњу да у Америци на сваких 10 секунди страда један чистач прозора. То би значило да их страда 6 по минути, односно 360 по сату, односно 8640 по дану. Како је у Америци тренутно запослено око 12 хиљада чистача прозора, ако би они заиста били у оваквој опасности, Америка би остала без свих ових радника за мање од 2 дана. Испоставило се да је ова информација преузета из сатиричног листа "The Onion".

Study: Every 10 Seconds A Skyscraper Window Washer Falls To His Death

NEW YORK—A study released Monday by the Department of Labor found that every 10 seconds, on average, a window washer...

Published March 17, 2011

информација о броју запослених чистача је преузета са сајта zipria.com



Геометријски низ

Крајем прошлог века, један чланак је тврдио да се број младих Американаца повредјених или убијених пиштољем дуплира из године у годину још од 1950. Ако претпоставимо да је 1950. постојала тачно једна жртва, можемо (пратећи ову претпоставку) да закључимо колико би жртава било наредних година. Приметимо да број жртава образује геометријски низ са количником 2 и првим чланом 1. n -ти члан овог низа има вредност 2^n , па бисмо одавде имали да је 1989. убијено или повређено преко 500 милијарди младих Американаца, што је, наравно, апсурдно.

Математички тероризам

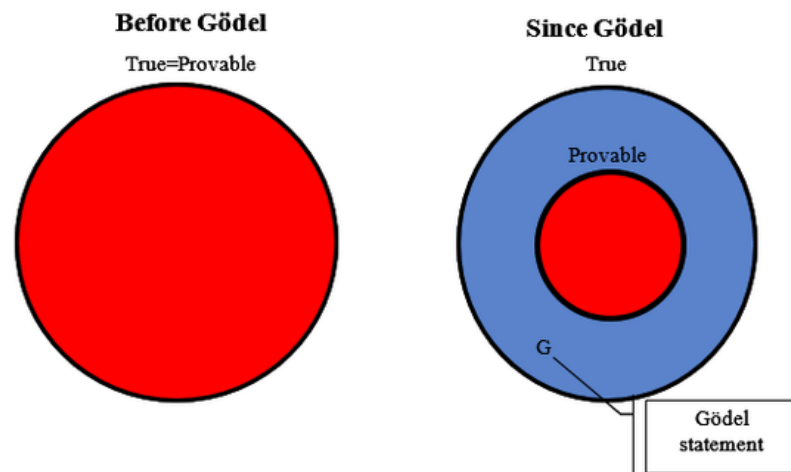


Figure 1. Before Gödel, all true statements in basic arithmetic were thought to be provable. Gödel showed that this view was wrong and that there are statements that are true but not provable.

*ово неће бити на испиту
Kurt Friedrich Gödel (1906-1978), аустријско-амерички
математичар и логичар

Геделова теорема о непотпуности*

Ова теорема тврди да ниједна теорија способна да изрази елементарну аритметику **није у исто време и конзистентна и потпуна.**

конзистентна - не могу се доказати две контрадикторне тврдње

потпуна - може се доказати свако тврђење које важи

Пошто ова теорема важи, а самим тим математика не може бити комплетна, Бог постоји.

Ојлер vs Дидро

Претходни слајд је пример математичког “тероризма”, коришћења напредне математике за збуњивање људи и извођење неисправних закључака. Сличну ствар је наводно учинио чувени математичар Ојлер у својој дебати са великим енциклопедичаром Дидроом.

Наиме, Ојлер је изјавио да због тога што $\frac{(a+b*n)}{n} = x$, Бог постоји. Питао је Дидроа, који је био атеиста, да ли може ово да оповргне, на шта је филозоф, потпуно збуњен, одговорио само ћутањем. Ова форма обмане је честа, али се може уочити у случајевима када аутор ни сам у потпуности не разуме о чему прича или примењује нерелевантне математичке формуле као метафоре на местима где би обичан језик послужио.

Leonhard Euler (1707-1783), швајцарски математичар и физичар

Denis Diderot (1713-1784), француски писац и филозоф, главни уредник широм света познате *Енциклопедије*



Велики бројеви

Коришћење примера

Људски мозак често има проблем са схватањем изразито великих бројева. Зато је о њима корисно размишљати кроз примере.

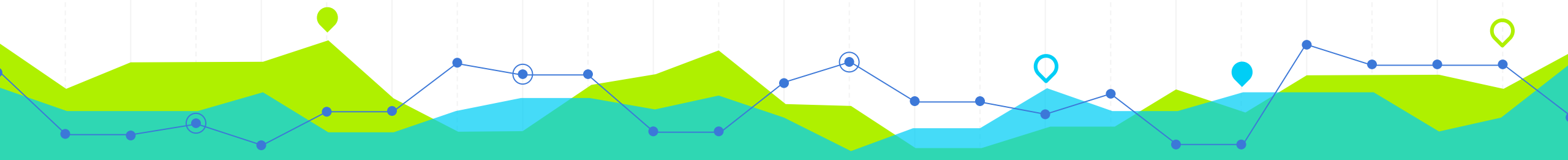
Природно је, рецимо, посматрати секунде. Хиљаду секунди траје око 17 минута. Милион секунди траје око 2 године. Милијарду секунди траје око 2 миленијума.



Научна нотација и игре бројања

За велике бројеве је погодно користити научну нотацију, којом број представљамо као $k * 10^n$, углавном узимајући да је $1 \leq k < 10$. Да бисмо стекли неки осећај за велике бројеве, ево пар примера записаних у научној нотацији.

Постоји $3.72 * 10^{13}$ ћелија у телу просечног човека, $1.26 * 10^{21}$ литара воде на Земљи, $6.02 * 10^{23}$ честица у молу супстанце (Авогадров број), 10^{80} атома у видљивом Универзуму.

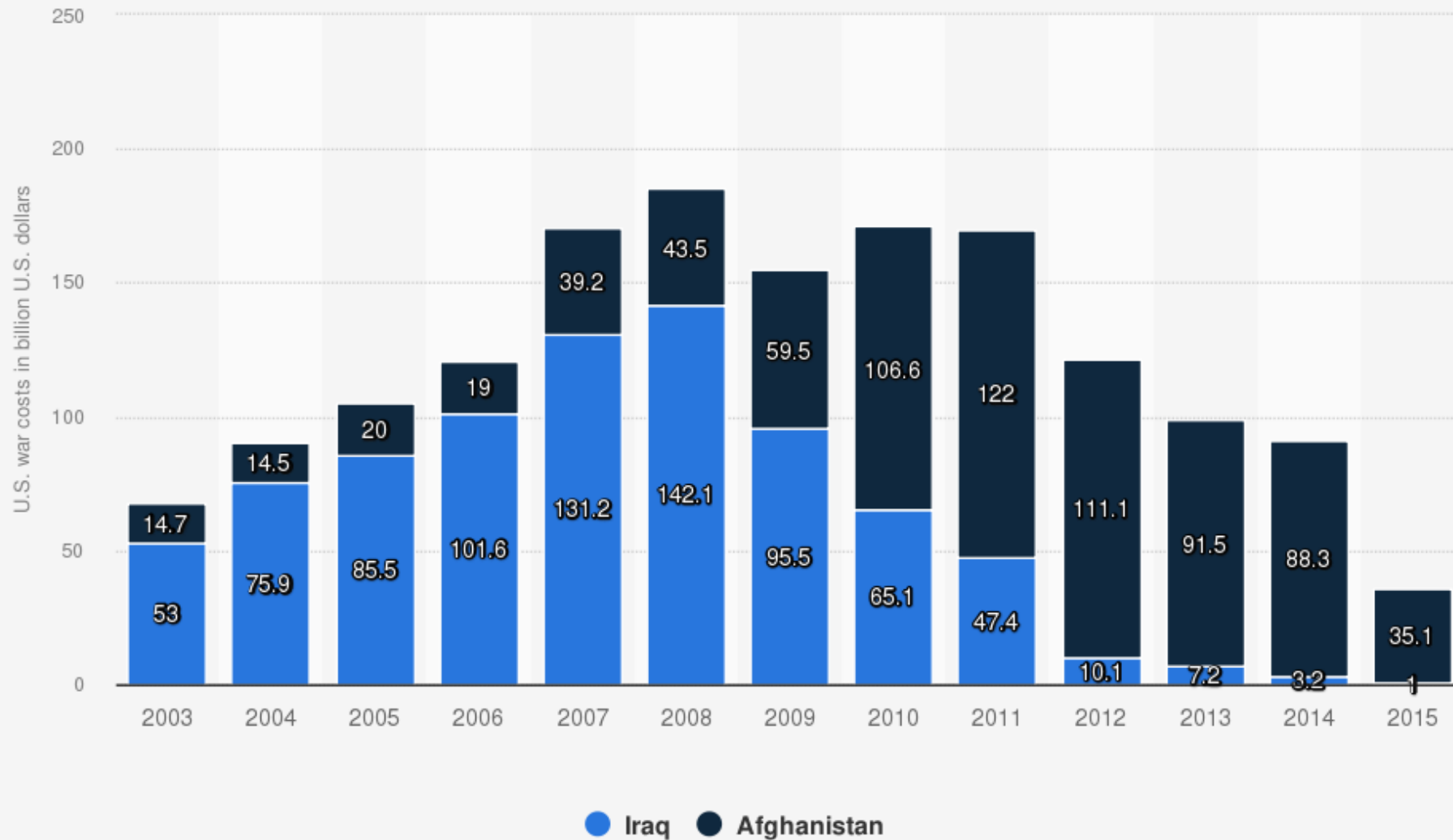


Рат у Ираку

Процењено је да је цена америчког рата у Ираку до Марта 2007. године износила око 378 милијарди долара. Перспективе ради, то је било довољно за годину дана запослења скоро 6 милиона учитеља, покриће око 17 милиона четворогодишњих факултетских школарина, или годину дана медицинског осигурања за око 200 милиона деце.



U.S. war costs in Iraq and Afghanistan from 2003 to 2015 (in billion U.S. dollars)



Цена америчког рата у Ираку и Авганистану до 2015. године у милијардама долара

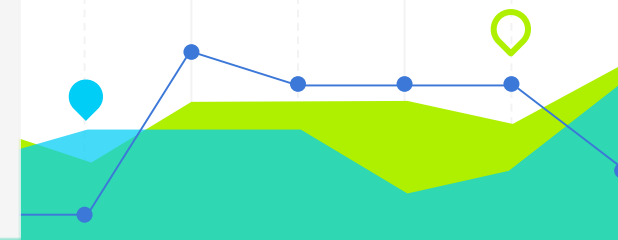
Sources

CRS; National Priorities Project; U.S. Government Printing Office

© Statista 2024

Additional Information:

Asia; National Priorities Project; U.S. Government Printing Office; CRS; 2003-2015





Вишеструко бројање

Ледена олуја у Квебеку

Често при пребројавању можемо направити грешку вишеструког бројања. Рецимо да је дошло до велике несреће и да желимо да пребројимо жртве. Ако полиција каже да има 10 жртава, а болница да их има 15, како да закључимо колико их је заправо? Ако покушамо на било који начин да комбинујемо ове бројеве, може доћи до грешке. Зато је важно да увек будемо сигурни шта тачно бројимо и на који начин то можемо исправно да учинимо.

На пример, током ледене олује у Квебеку 1998. године, првобитно је пребројано 55 жртава, али се временом испоставило да их је заиста било 22.

Умишљање правилности

Нумерологија

Нумерологија је веровање у постојање скривеног значења и магичних моћи над људима у бројевима. Њени пратиоци тврде да је њу практиковао и велики Галилео Галилеј. Посматрање догађаја и уочавање чудних бројева у вези са њима је облик нумерологије.



Numerology Life Path Numbers



The Leader



The Mediator



The Communicator



The Teacher



The Free Spirit



The Nurturer



The Seeker



The Powerhouse



The Humanitarian



The Intuitive



The Master



The Healer

9/11

Мађионичар Ури Гелер је уочи следеће у вези са овим нападом: Збир цифара у датуму је 11, од 11. септембра има 111 дана до краја године, Куле Близнакиње посматране са стране изгледају као број 11, први авион који је ударио куле је био лет 11, на коме је било 92 путника ($9 + 2 = 11$), итд. Гелер је након изношења свог открића замолио све људе да се моле 11 минута.





Линколн = Кенеди

Линколн је рођен тачно 100 година након Кенедија, а постали су председници са истим размаком, обојица су убијени у петак...

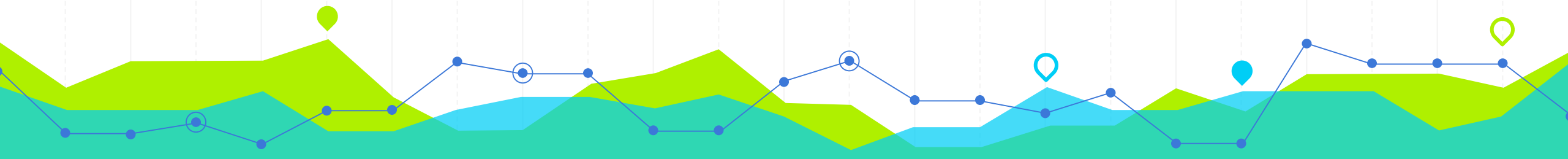
Разлог за наизглед велик број ових случајности проистиче из чињенице да сваком догађају можемо приписати мноштво бројева. Како није јасно шта тражимо, лако је уочити неке правилности ако изоставимо све остале "релевантне" бројеве.

Привид прецизности

Температура људског тела

Вредност од 98.6°F , која се узимала као просечна температура људског тела, је наизглед прецизна. Међутим, касније је предефинисана у 98.2°F . Како је могуће да је дошло до овако великог одступања? Испоставило се да оригинални број није добијен мерењем, већ превођењем раније заокружене вредности од 37°C у другу јединицу.

Дакле, пример показује да када радимо са апроксимираним подацима, нема смисла обављати јако детаљне прорачуне, јер ће резултат бити само привидно прецизан.



Мерење висине

Примера ради, претпоставимо да меримо висину стотине људи који имају између 1 и 2 метра, и да наше мерило може да мери једино тачно 1 метар или тачно 2 метра.

Заокружимо онда висину сваке особе на једну од та два броја. Када бисмо израчунали просек висине, могли бисмо да имамо број на две децимале, што је наизглед прецизно, али је ово мерење очигледно неупотребљиво.



Обмањујуће бројање

Плате две компаније

Посматрајмо компаније А и В.

Компанија А - просечна плата запосленог: \$22,000; просечна плата и профит власника: \$260,000;

Компанија В - просечна плата: \$28,065; просечан профит власника: \$50,000;

Ове две компаније су заправо једна те иста компанија и нема грешке у подацима. Оно што се променило је шта смо бројали.



Нека компанија има 90 запослених и три власника. Нека је укупна плата свих запослених \$1,980,000, плата сваког власника \$110,000 и укупан профит \$450,000.

У првом случају смо просечну плату запосленог добили дељењем укупне плате са бројем запослених, а просечну плату и профит власника као суму просечне плате власника и профита подељеног са бројем власника.

Међутим, у другом случају смо издвојили \$300,000 профита као укупан бонус за власнике, а рачунали смо и њихове плате за просечну плату, док је за просечан профит остало само $\$150,000/3=\$50,000$.

Видимо да смо мењањем онога што бројимо, односно другачијим "паковањем" добили потпуно другачије бројке.



Неповезани подаци

Чоко анкета

Када није јасно шта бројке у информацији представљају, шта тврде и о чему уопште говоре, кажемо да је податак неповезан.

На пример, шта можемо да закључимо из тврдње да 80% људи више воли неки бренд чоколаде. Овакве рекламе често виђамо, али треба поставити нека природна питања. Колико је људи тестирано? Који су људи у питању? Са чиме уопште поредимо овај бренд? Са једним другим или са свим осталима? Пошто одговоре немамо, сам податак нам значи врло мало.

Угљени хидрати у парчету хлеба

Још један пример су овакве тврдње: нови хлеб има дупло мање угљених хидрата. Често се овако рекламирају "здравије" опције, а овакви подаци, иако технички тачни, зававају. Мења се количина у паковању, препоручена порција или се додају неки други једнако штетни састојци.

Променљиве дефиниције

Гојазност у Америци

Када посматрамо неку информацију, важно је проверити тачне дефиниције појмова.

Иначе, можемо стећи погрешан утисак о некој информацији јер смо претпоставили да се користи алтернативна дефиниција.

На пример, 1996. године промењена је граница гојазности у Америци, односно смањена са BMI-а од 27.6 на светски стандард од 25.

Тако, ако бисмо узели истраживање из 1997. и истраживање из 1995., вероватно би биле коришћене различите дефиниције, па бисмо погрешно стекли утисак да је дошло до огромног скока у стопи гојазности.



Социјална брзина аутомобила

Аутомобил је изум који је решио један кључни људски проблем - како да пређемо из тачке А у тачку В што ефикасније.

Међутим, откриће аутомобила је имало и бројне лоше последице које нису биле одмах видљиве. Поред очигледних еколошких и здравствених проблема, наилазимо на један још фундаменталнији.

Све већи број људи има аутомобил, па се на путу ствара гужва. Пошто се ствара гужва, ауто више није довољно ефикасан. Зато се граде нови путеви, али је ово циклус који се наставља.

Уместо тога, Иван Илић предлаже да рачунамо такозвану социјалну брзину, која у свој рачун укључује све сате које потрошимо које су неопходне за коришћење аутомобила, а не само возњу.

Под тиме мисли на сав рад који морамо уложити да бисмо зарадили новац да платимо гориво, одржавање аутомобила, порез на путеве, итд.

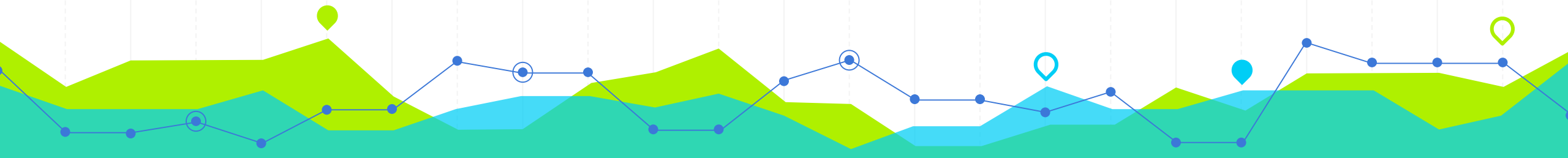
У свом раду показује да социјална брзина аутомобила није значајно већа од коришћења коња као превозно средство.

Рад са процентима

Број убистава у два града

Рад са процентима је генерално незгодан због тога што ове бројке саме по себи не могу дати целу слику, већ представљају део нечега. Узмимо следећи пример.

Нека је у граду А почињено 50 убистава у протеклој години, као и у граду В. Желимо да се преселимо у безбеднији од ова два града, па желимо проверити и да ли је стопа убистава у порасту или у паду. Пре пет година, догодило се 42 убиства у граду А, а 29 убистава у граду В. Простим рачуном можемо добити да је број убистава по години порастао у граду А за 19%, а у граду В за 72%. Делује да је град А безбеднији.



Међутим, ту није крај. Нисмо у вид узели број људи у градовима, односно ствар коју ови проценти представљају. Ако узмемо да је у граду А тренутно 600,000 људи, а да их је било 550,000 пре пет година, односно 800,000 и 450,000 за град В, можемо израчунати колики је био број убистава по 100,000 становника у овим периодима. Лако добијамо да су овогодишње бројке за град А $(50/600,000)*100,000=8.33$, односно $(50/800,000)*100,000=6.25$ за град В, а аналогно добијамо и да су резултати пре пет година били 7.64 и 6.44.

Сада коначно видимо да је у граду А број убистава по 100,000 становника порастао, док је у граду В опао, па можемо закључити да је град В безбеднији.





25%



30%



35%



40%



45%

Проценти

Проценти играју велику улогу на пољу статистике. Јасно је препознати да велики део јавности активно реагује када је у питању нека промена по питању процената, било да је то у куповини, метеоролошким или политичким информацијама, а постоји пуно погрешних схватања када су у питању операције са процентима.



75%



80%



85%



90%



95%

Сабирање процената

Једна од најчесталијих појава коју је могуће везати за процене јесте то да је честа грешка при поновном снижењу већ сниженог процента, при чему велики број људи сматра да је укупно снижење једнако збиру ова два процента. То није случај и може се разматрати и случај повећаног процента.

Уколико је, на пример, производ А снижен за 20%, његова нова вредност је $A - A * (20/100) = 0,8A$. Ако желимо да израчунамо вредност овог производа након што је он још једном снижен за 20%, то бисмо урадили овако $0,8A - (0,8A * 20/100) = 0,8A - 0,16A = 0,64A$.

Ово би значило да, уколико је предмет два пута снижен за по 20%, његово укупно снижење није 40%, већ 36%.

Исти принцип важи и за увећање.



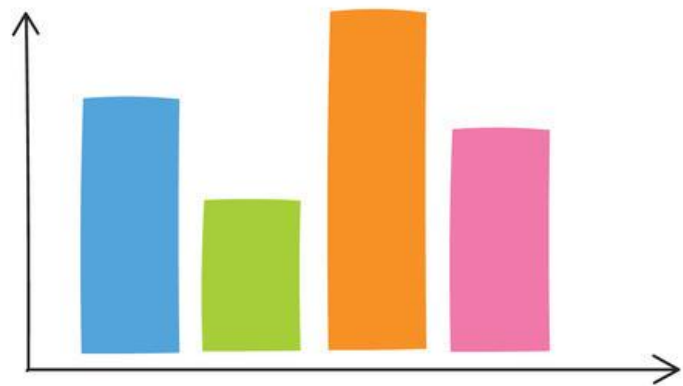
Такође је важно разумети да сабирање процента није комутативно. То значи да редослед операција може утицати на коначни резултат. На пример, ако се производ прво снизи за 20%, а затим се повећа за 20%, не враћамо се на почетну вредност. Уместо тога, крајња вредност ће бити мања од почетне због ефекта смањења на већ смањену вредност, што додатно наглашава потребу за пажљивим разматрањем операција с процентима.

У раду са процентима је јако важно бити конкретан и директно нагласити шта је оно што се конкретно смањује или повећава. Ово не мора нужно бити случај при куповини било чега, већ се може тицати и озбиљнијих тема попут свих оних које можемо везати за државне трошкове и финансије и слично. Јако је битно знати конкретно у односу на шта се нешто смањује, шта се конкретно повећава, да ли се нешто ради у односу на, рецимо, укупне трошкове, неки одређени сегмент, неку минималну категорију трошкова и слично. Када се говори о процентима, врло је могуће стећи погрешан утисак и рецимо, за умањење од 90% се може помислити да је јако ефикасно и значајно, а у стварности се можда смањивање врши над неком категоријом која је јако мала и чија промена нема баш толики утицај на укупну целокупну промену.

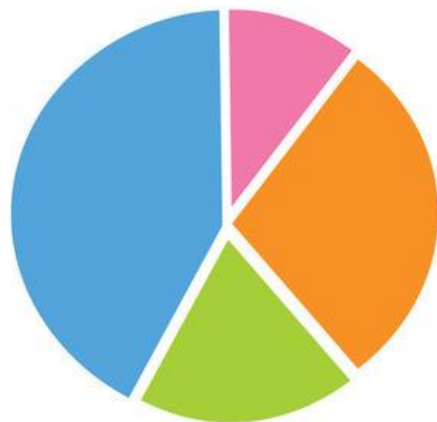
Визуелизација бројева

Често користимо графике и илустрације као визуену репрезентацију неких података. Иако су они врло лаки и zgodни за коришћење морамо бити пажљиви јер лако може доћи до непрецизности и обмањујућих закључака.

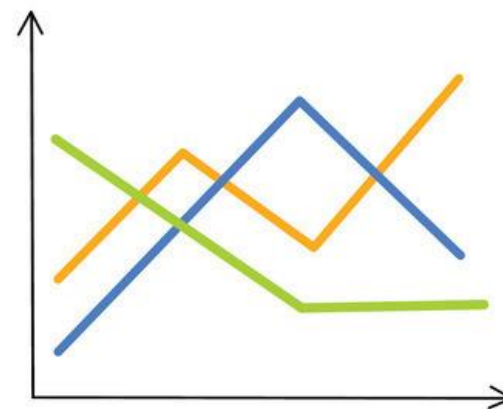




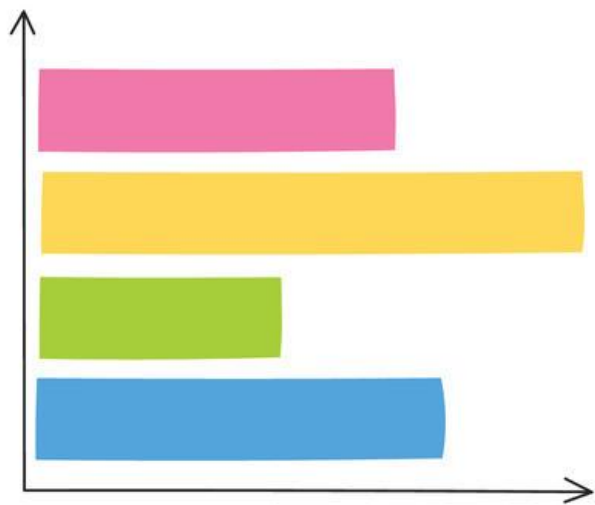
Column



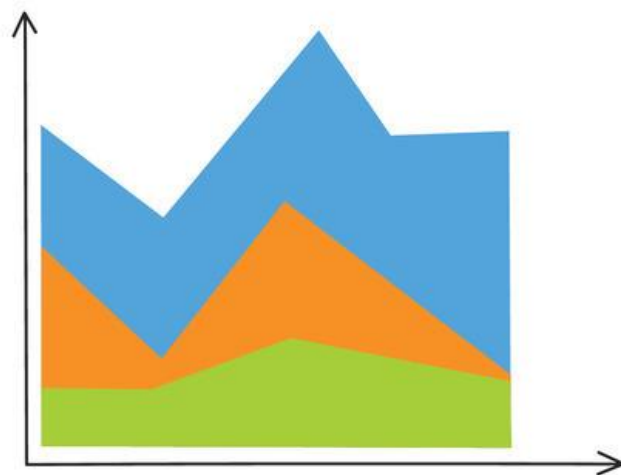
Pie



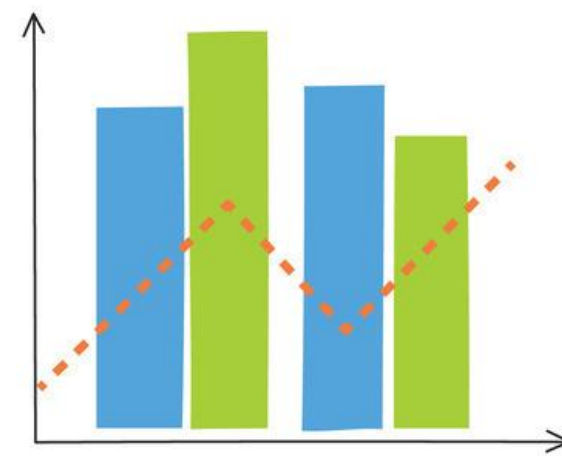
Line



Bar



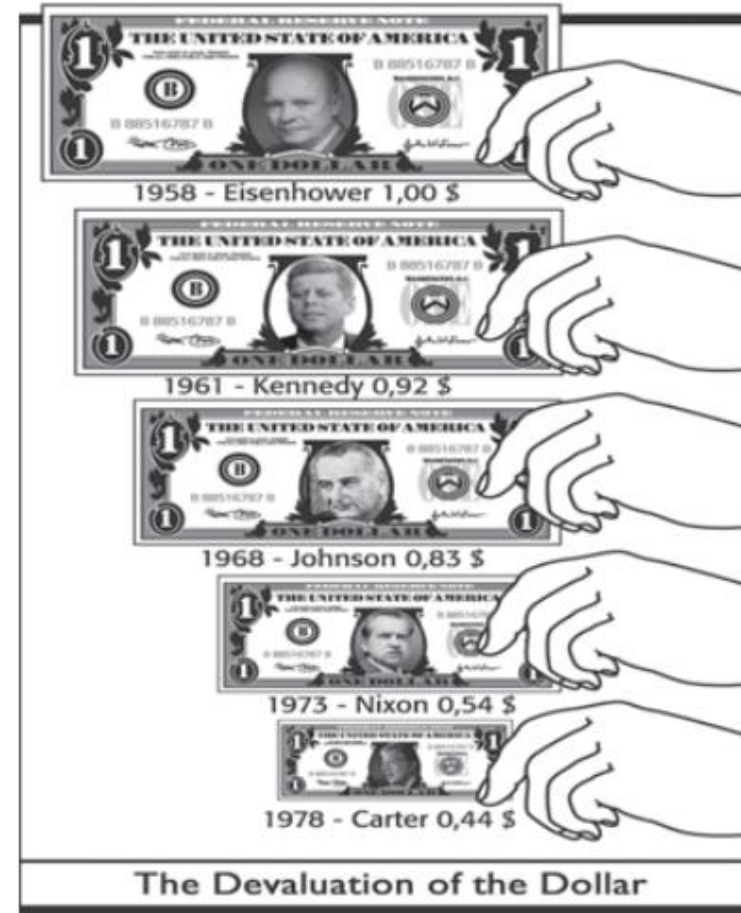
Area



Column - Line

Илустрације

На овој илустрацији је приказана девалуација долара током временског периода од 20 година. Желимо да нам мање новчанице пропорционално представљају мању вредност. Дужина новчаница се смањује како се смањује вредност долара али се смањује и ширина. Овако добијамо једну обмањујућу илустрацију на којој уместо да се почетна и крајња новчаница разликују око 2 пута, као и њихве вредности, оне се разликују чак 4 пута.



Туфте принцип

Туфте принцип означава то да свака величина коју је физички могуће измерити треба да буде пропорционална својој вредности на одређеној слици, па ово има доста великог утицаја на само формирање разних графика и илустрација који такође могу лако збунити посматрача и учинити да стекне далеко драстичнији утисак о датој ситуацији која је у реалности, када се посматра шира слика, доста другачија. Графици и илустрације могу бити изузетно корисни алати за визуализацију података, али исто тако могу довести до забуне када је у питању процентуалност.

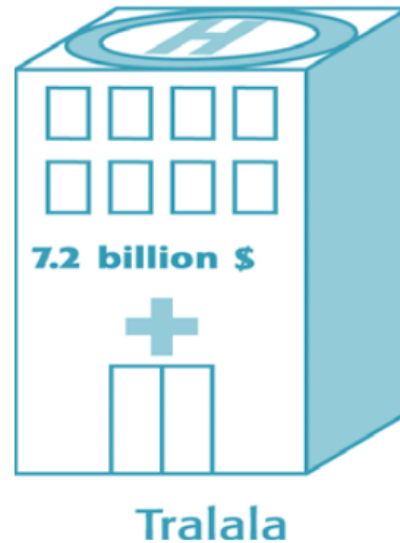


Често се догађа да графикон не садржи јасне референце о оси или почетној тачки, што може довести до нетачних интерпретација процентуалних промена. Без јасног дефинисања почетне тачке, посматрач може погрешно схватити раст или пад у односу на почетну вредност. Илустрације или графикони често могу бити изоловани од додатних битних информација које су кључне за разумевање процентуалних промена. Без ових важних података, посматрач може извући јако погрешне закључке и неће валидно проценити ситуацију. Сем тога, неке илустрације или графикони могу користити манипулативне визуелне технике како би истакли или умањили одређене процентуалне промене, што такође може довести до нетачних закључака. Због тога је јако важно и да се у примени графикона и илустрација користе референце које ће покривати све ове податке, али такође је битно моћи се ослонити на саму валидност графикона и на то да ће сви подаци бити веродостојно приказани, како сегментно, тако и целокупно.

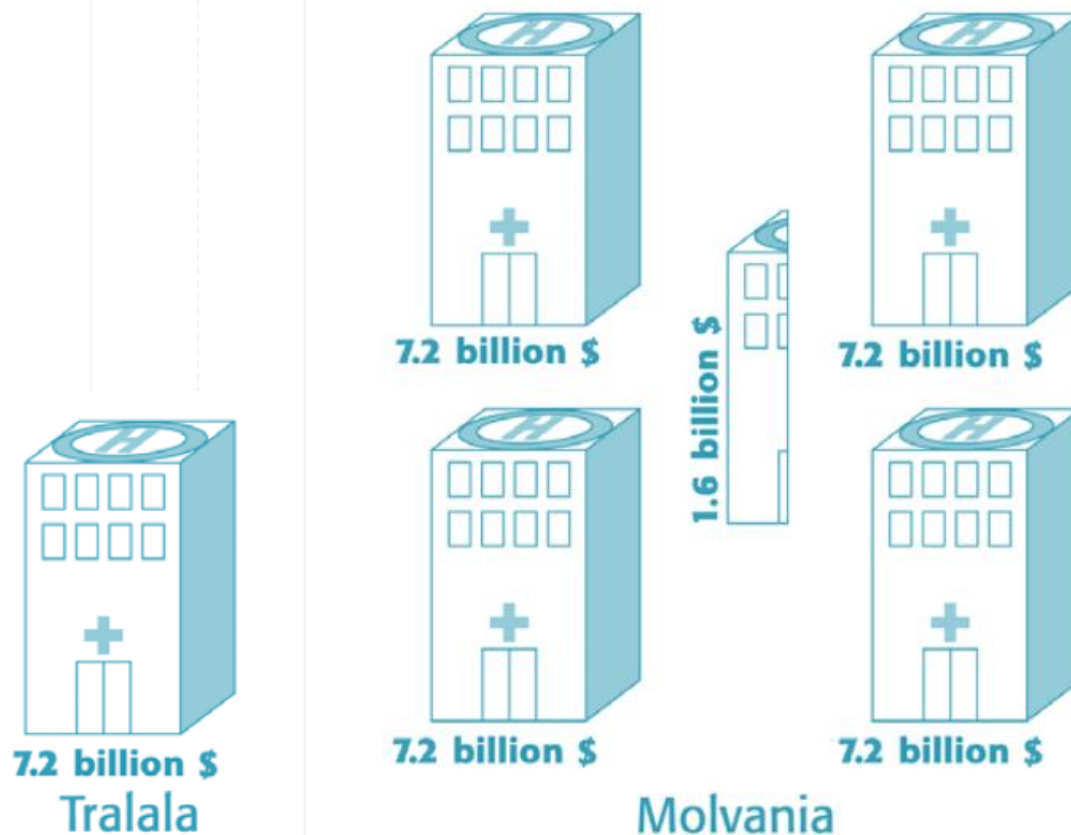


На следећем примеру ћемо показати још неке проблеме који могу да се јаве кад покушавамо да прикажемо неке податке графички.

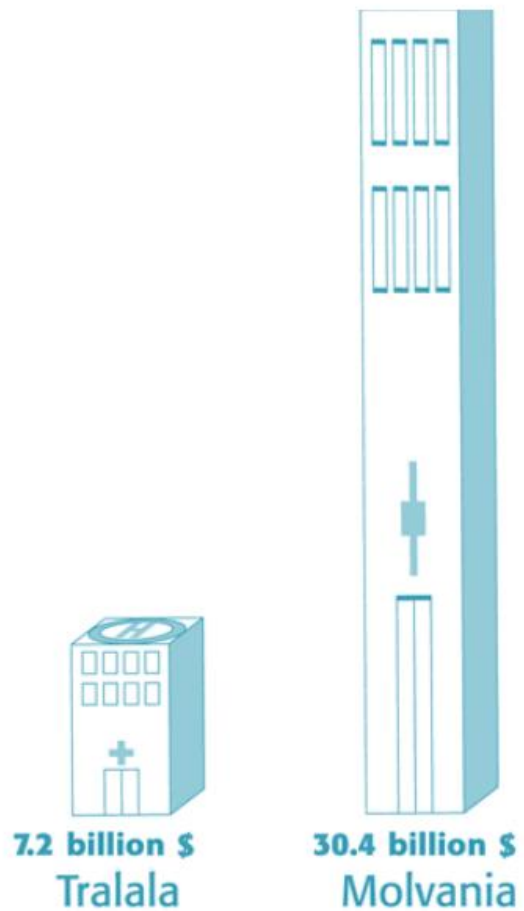
Замислимо две државе где једна на здравство троши 7,2 милијарде долара, а друга 30,4 милијарде долара. Прикажимо прву државу сликом болнице која ће представљати ту цифру. Како користећи ову слику можемо приказати други број, 30,4 милијарде, који је 4,2 пута већи од првог?



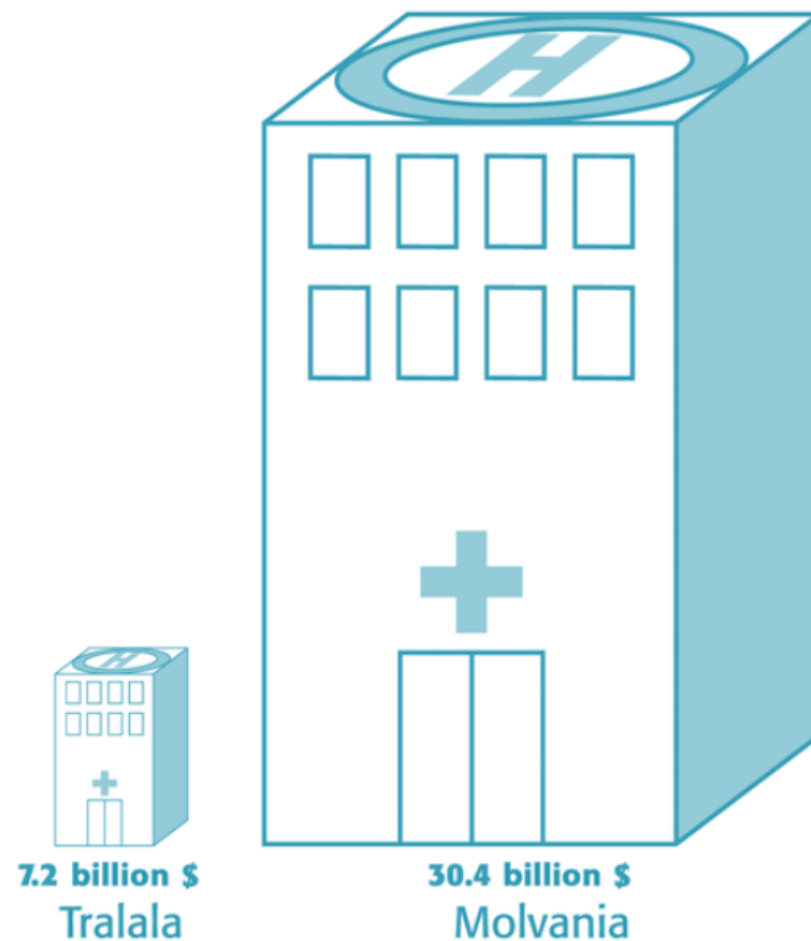
Ово можемо урадити тако што ћемо нацртати довољан број болница да прикажемо 30,4 милијарде. Недостаци оваквог приказа су јасни, почевши од збуњујуће слике четири болнице до саме прегледности.



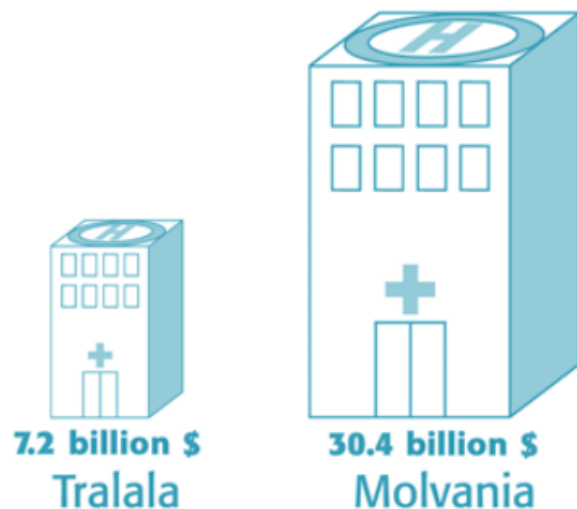
Друга опција је да представимо другу болницу 4,2 пута вишом, али опет можемо видети да је илустрација дегенерисана.



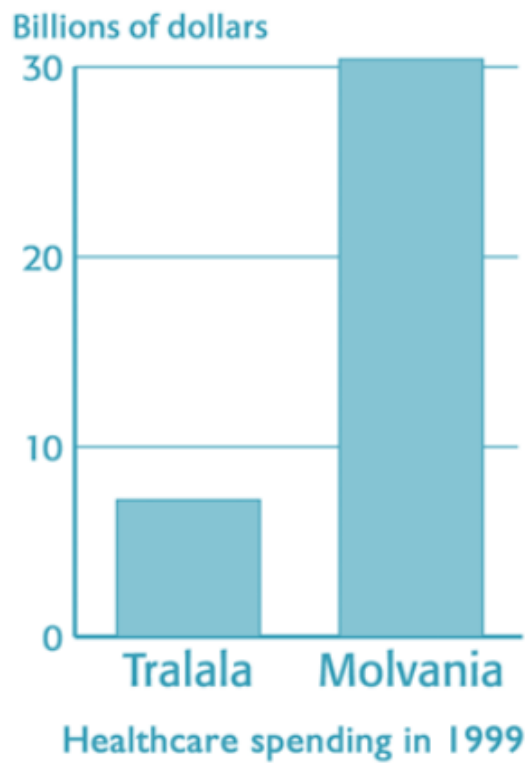
Да бисмо то поправили можемо сваку димензију увећати 4,2 пута, али овако добијамо непрецизну слику јер је друга болница много већа него што би требало да буде.



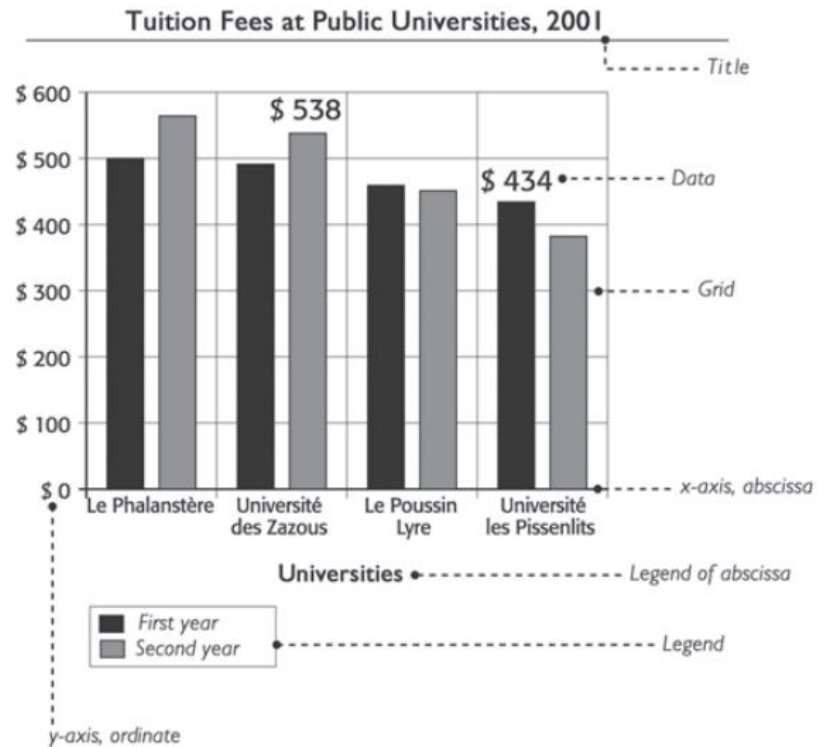
Да бисмо добили прецизну репрезентацију морамо увећати сваку димензију болнице исто пута, али тако да је укупно увећање 4,2.



Наравно најлакше би било да смо само искористили хистограм.

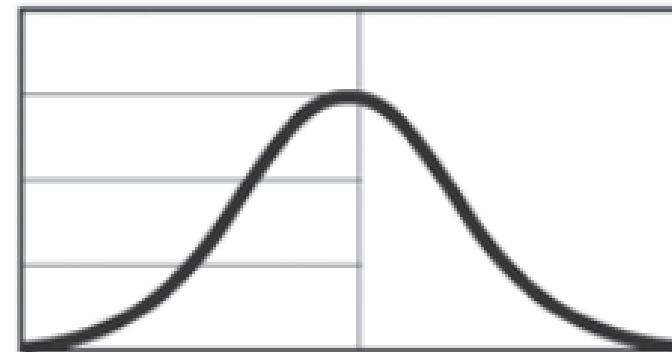
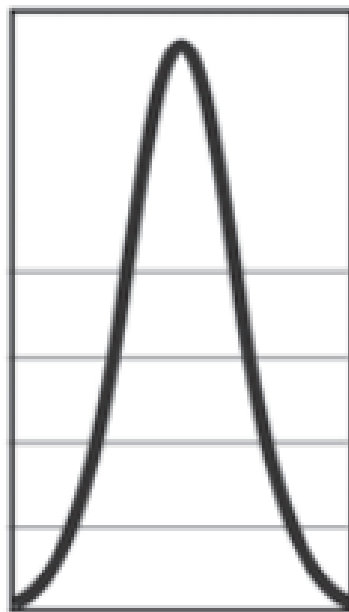
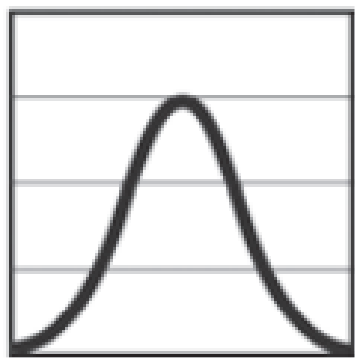


Графици и табеле

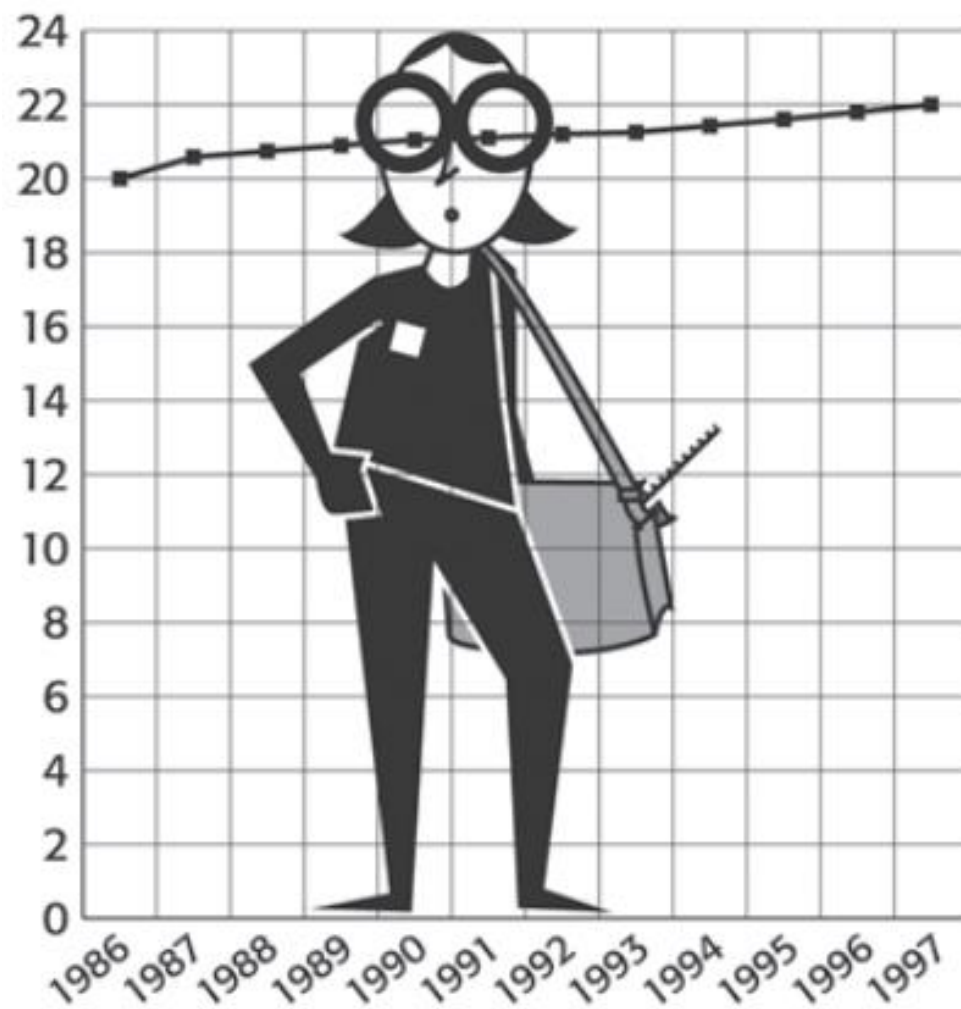


Као и илустрације, графици и табеле су такође подложни малверизацијама. Погледајмо прво један добар пример и његове карактеристике. Видимо јасно дефинисан наслов, легенду, X и Y осу са јасном скалом, које су добро обележене.

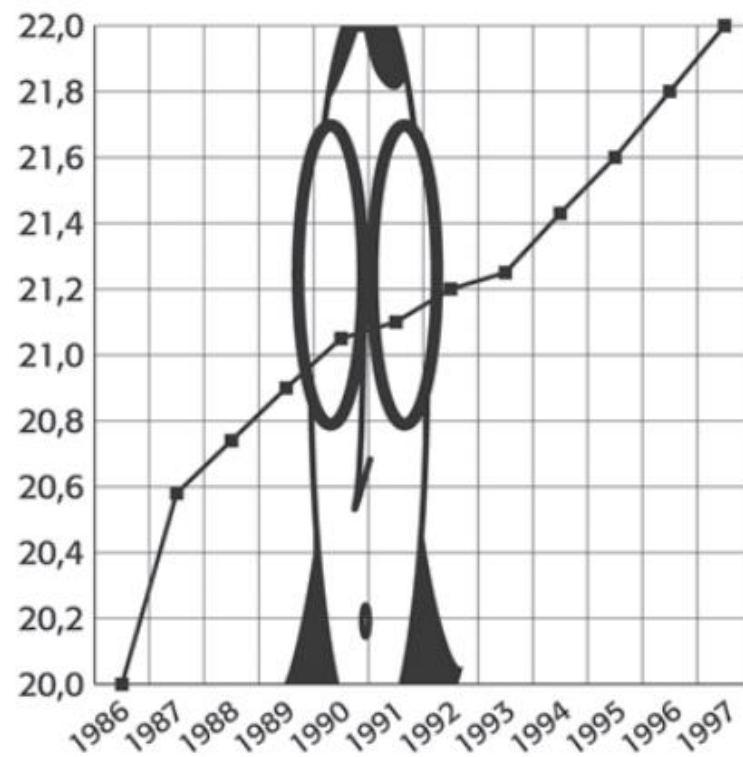
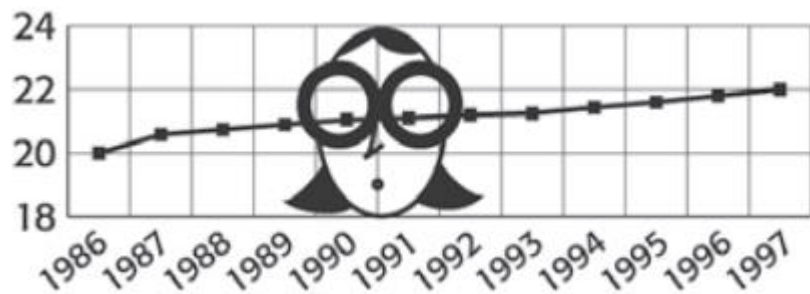
Посматрајмо нормални расподелу; као конвнцију узимамо да је висина криве $3/4$ њене основе, али ако желимо да дамо утисак да је стандардна девијација мања односно већа можемо да "stretch-ујемо" криву и променимо пропорције.

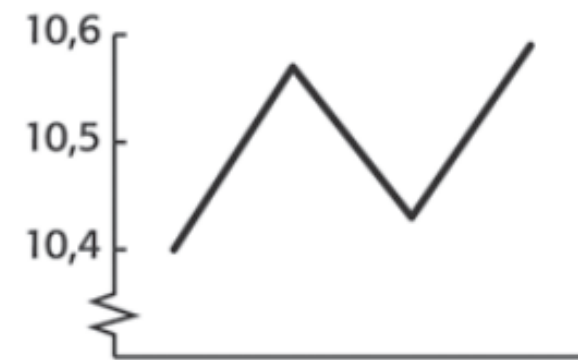
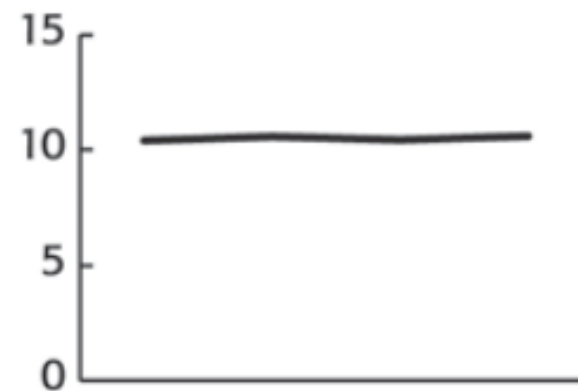
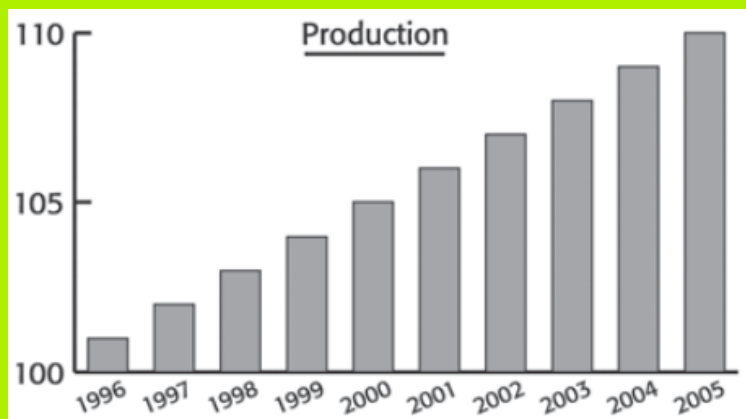
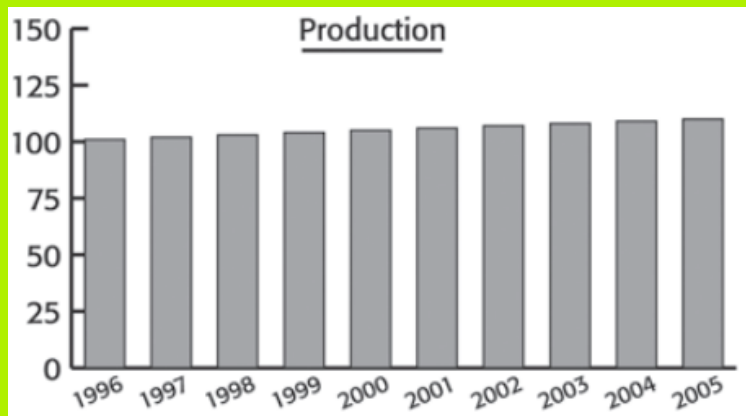


Још један начин на који можемо манипулисати графицима је мењањем Y осе, посматрајмо график који представља улагање у образовање у периоду од 12 година.



Овом графику можемо да одсечемо доњи део Y осе, али и да га додатно поделимо на интервале. Јасно можемо видети да нам ова два графика причају потпуно другачије приче, и то смо добили само простим манипулацијама. Ово се може радити на разне начине и на многим графичким репрезентацијама.





На сликама лево можемо видети пример на хистограму, а десно још један пример линијског графика, где цикцак линија на Y оси упозорава да почетак није у нули.

Неколико златних правила

Сада ћемо навести неколико златних правила и питања која себи треба да поставимо кад читамо неки график или илустрацију.

Да ли је график или илустрација јасна?

Да ли се текст подударара са оним што је на слици?

Да ли се пропорције илустрације подударарају са подацима?

Да ли је Y оса манипулисана?

Водећи се овим правилима ћемо углавном моћи да приметимо да ли је дошло до било каквих манипулација или неискрених приказа на графику или илустрацији коју посматрамо.

Визуелно и статистичко размишљање: Прикази доказа за доношење одлука

Фокусираћемо се на епидемију колере у Лондону 1854. године и одлуку о лансирању свемирске летелице Challenger 1986. године, како би истражили значај визуелног и статистичког размишљања у процесу доношења одлука на основу доказа. Доктор Џон Сноу је користећи статистичке графиконе открио узрок епидемије и зауставио је, док су погрешни прикази података довели до катастрофалне одлуке о лансирању свемирског шатла.

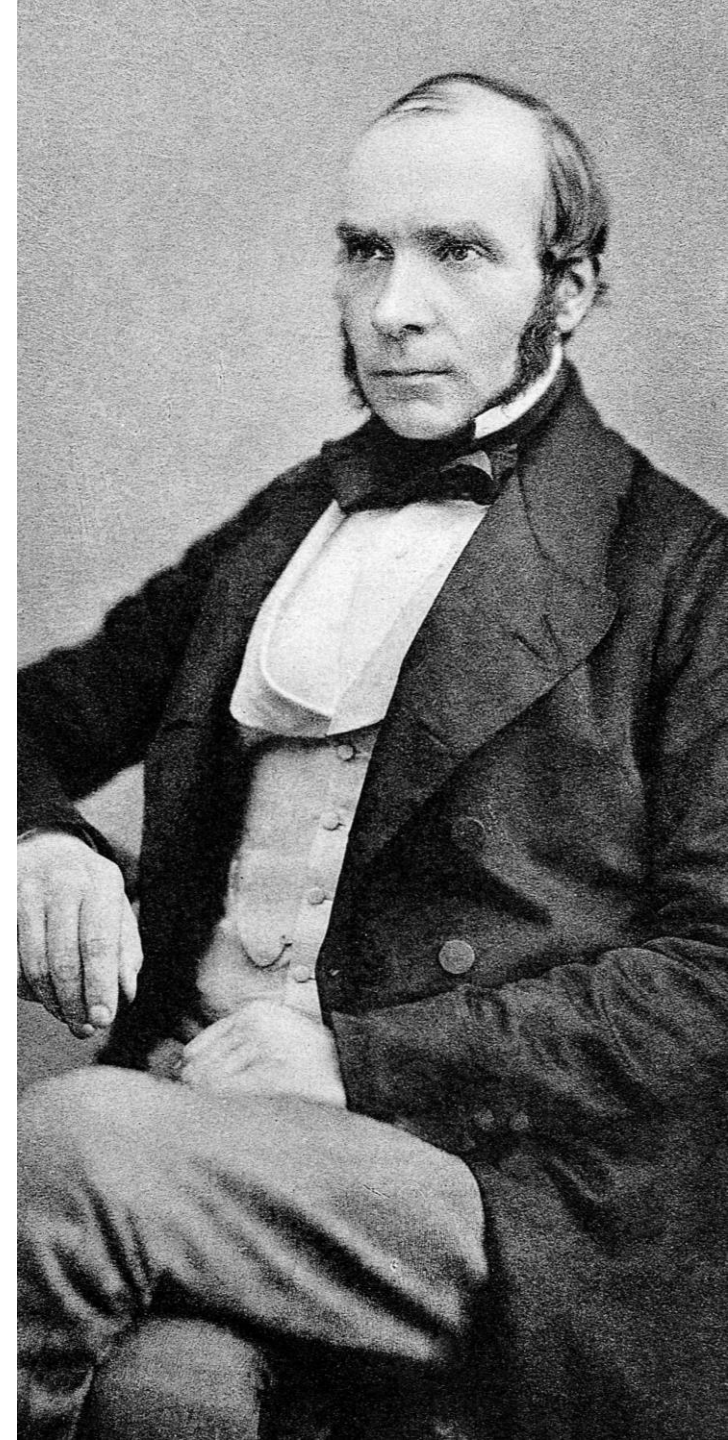


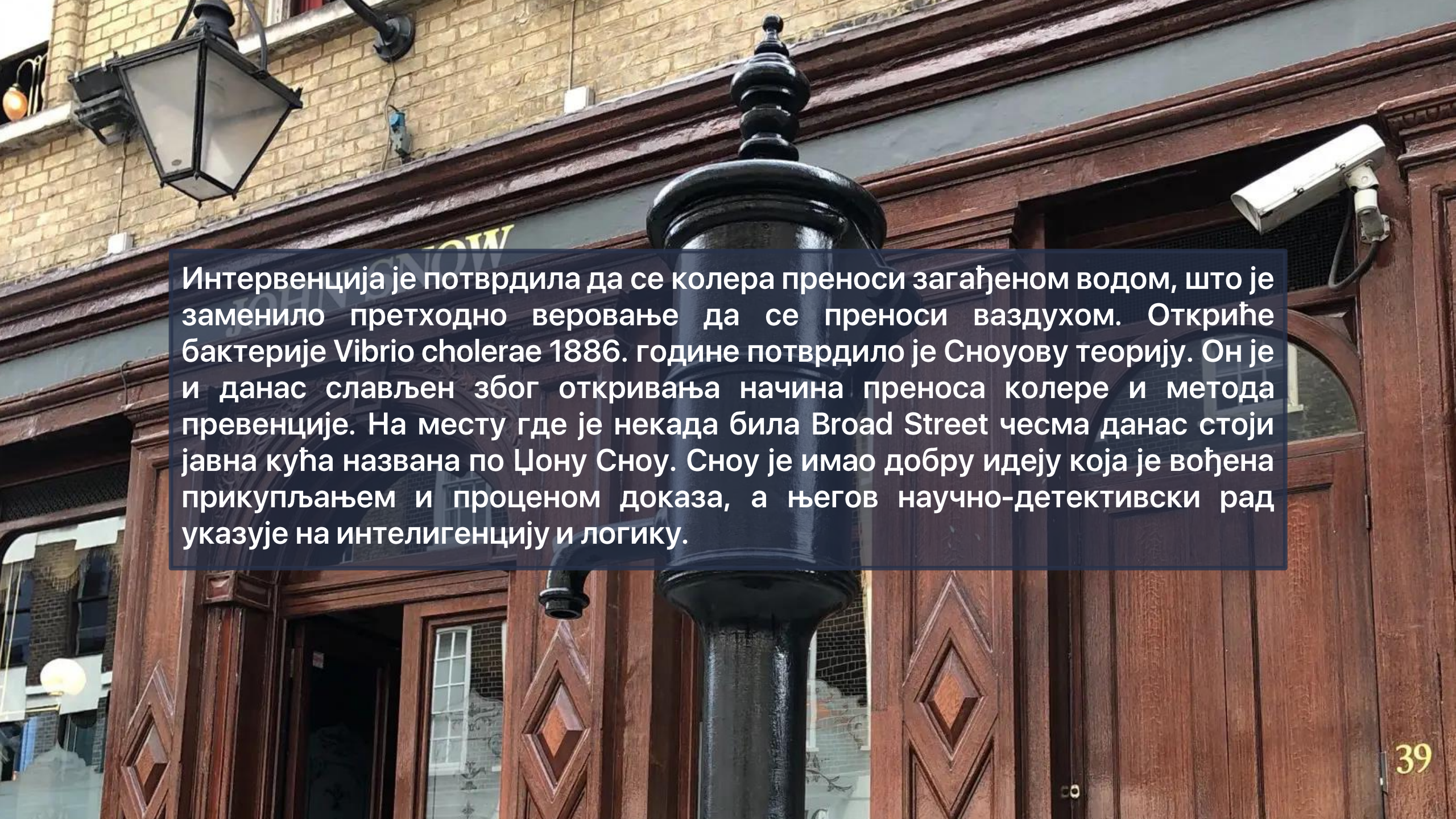
Епидемија колере у Лондону 1854. године

Епидемија колере у Лондону 1854. године је описана као најстрашнија у историји краљевства, са више од петсто смртних случајева у десет дана. Масовни бег становништва из погођених улица је додатно нагласио озбиљност ситуације.

Колера је избила у Broad Street-у у Лондону 31. августа 1854. године. Др Џон Сноу је сумњао на воду из заједничке чесме. Испитивање воде није открило сумњиве нечистоће, али додатно истраживање је показало да су смрти повезане са чесмом. Сноу је сазнао да су људи који су пили воду са Broad Street чесме били подложнији колери. Након што је информисао надлежне, чесма је уклоњена, што је довело до краја епидемије.

John Snow (1813-1858), енглески лекар

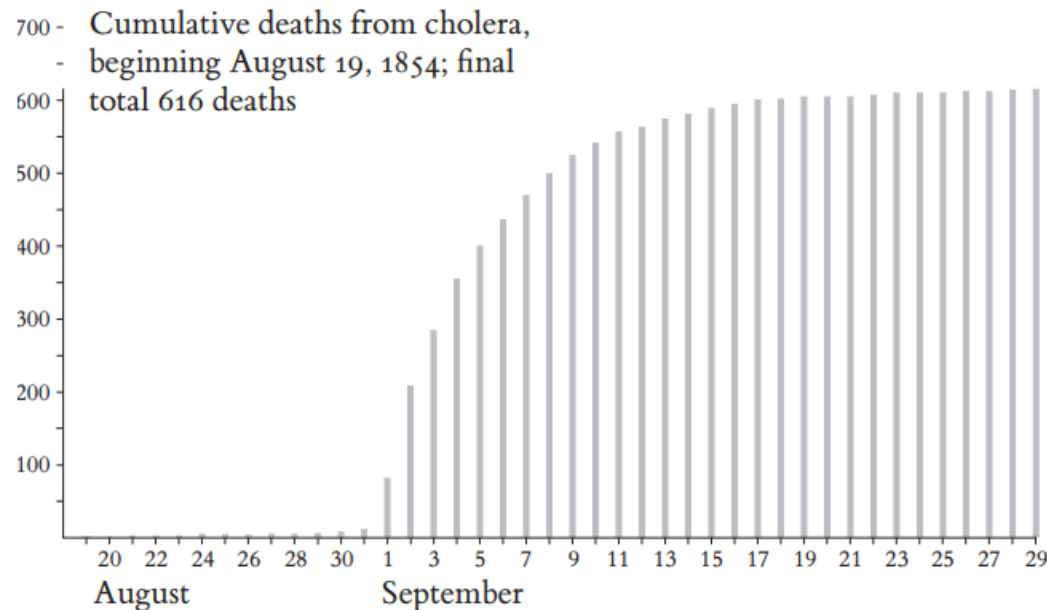
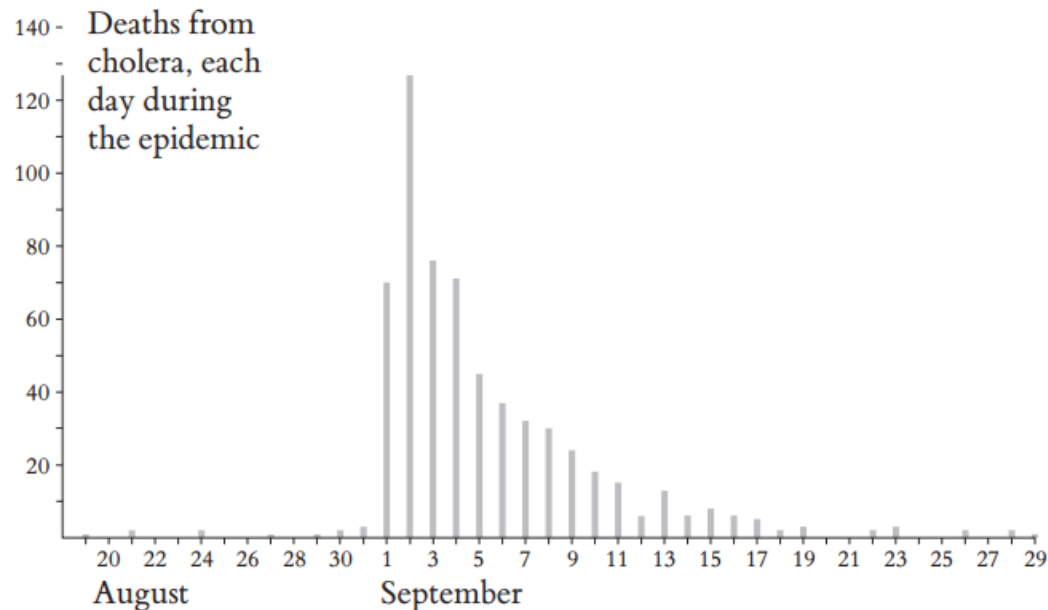




Интервенција је потврдила да се колера преноси загађеном водом, што је заменило претходно веровање да се преноси ваздухом. О откриће бактерије *Vibrio cholerae* 1886. године потврдило је Сноуову теорију. Он је и данас слављен због откривања начина преноса колере и метода превенције. На месту где је некада била Broad Street чесма данас стоји јавна кућа названа по Џону Сноу. Сноу је имао добру идеју која је вођена прикупљањем и проценом доказа, а његов научно-детективски рад указује на интелигенцију и логику.

Постављање података у одговарајући контекст за процену узрока и ефекта

Оригинални подаци су наводили имена жртава и описивали њихове околности, по реду датума смрти, али дескриптивна нарација није узрочно објашњење. Пролазак времена је слаба објашњавајућа варијабла, практично бескорисна у откривању стратегије како зауставити епидемију.



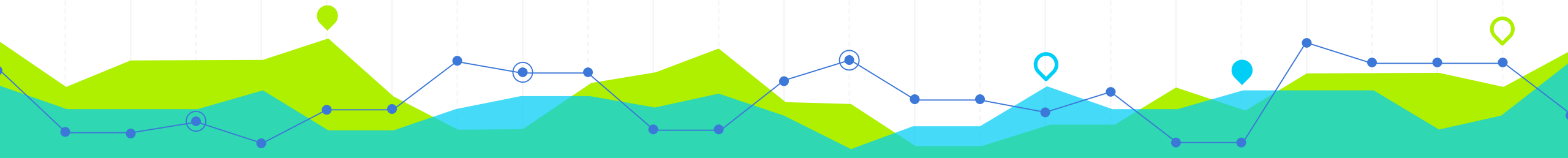
Прављење квантитативних поређења

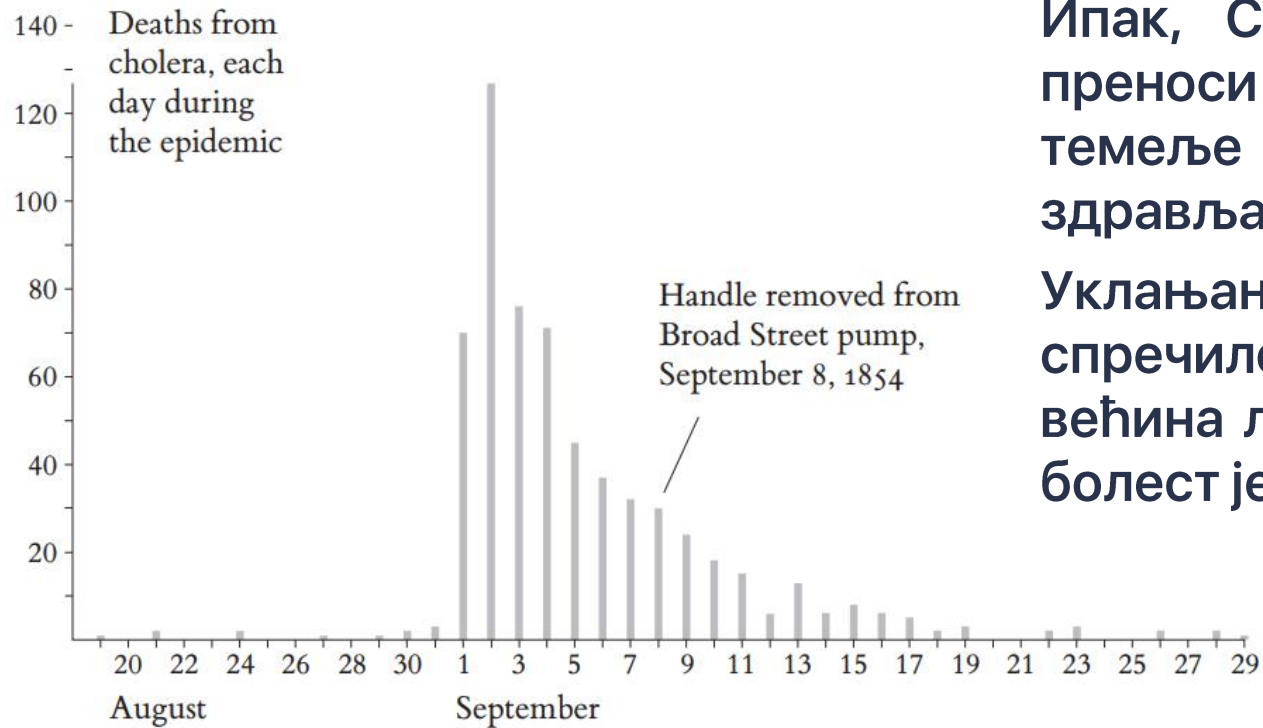
Истраживање искустава жртава колере је само део потраге за веродостојним доказима; да бисмо у потпуности разумели узрок епидемије, такође је потребна анализа оних који су избегли болест.

Сноу је пронашао кључне трагове у пивари и радној кући. У пивари није било жртава колере, што је било повезано са конзумирањем пива уместо воде из пумпе. У радној кући, иако је околина била заражена, само је мали број људи оболео, што указује на чисту воду коју су користили. Оваква анализа пружила је јасне доказе о вези између загађене воде и ширења колере, наглашавајући важност доношења одлука на основу релевантних података.

Разматрање алтернативних објашњења и противних случајева

Разматрање алтернативних објашњења и противних случајева кључно је за истраживаче који извештавају о својим налазима. Иако може бити тешко суочити се с претњама њиховим закључцима, важно је пажљиво проценити све релевантне доказе, не само оне који су у складу са изнетим објашњењима. Сноуов извештај открива неколико случајева смрти од колере који на први поглед немају очигледну везу са чесмом на Broad Street-у. Међутим, детаљнијим испитивањем, ови случајеви пружају снажне доказе о вези са чесмом. Сноуова пажљива и прецизна логика признаје значајну улогу др Фрасера у проналажењу овог кључног случаја, што додатно ојачава његов извештај.

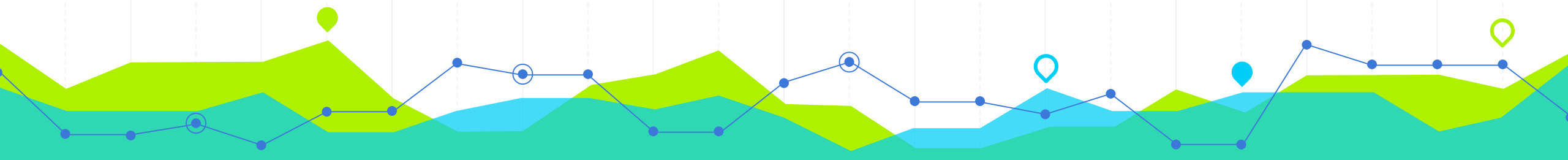




Иако је уклањање ручке са чесме на Broad Street-у постало симбол Сноуовог доприноса у борби против епидемије колере, модерни епидемиолози су скептични у вези са директним утицајем те интервенције на крај епидемије. Ипак, Сноу је тачно утврдио да се колера преноси водом, а не ваздухом, чиме је поставио темеље модерне епидемиологије јавног здравља.

Уклањање ручке са чесме на Broad Street-у спречило је поновно појављивање колере, јер је већина људи побегла из централног Лондона, а болест је остала без могућих жртава.

Аргумент против Broad Street чесме је заснован на разноликим доказима, укључујући мапу колере, студије необичних случајева, поређење живих и мртвих са њиховом конзумацијом воде из чесме, као и идеју о механизму контаминације.



Процена могућих грешака у приказаним бројкама и графиконима

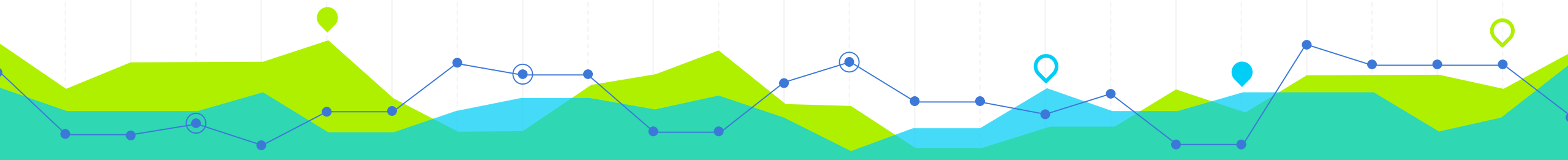
Сноуова анализа пажљиво прати изворе и последице грешака у прикупљању података, уз детаљне коментаре о могућим грешкама на мапи и табели, пружајући читаоцима уверење у квалитет статистичког истраживачког рада.



Сноу је направио мапу тачака, означавајући сваку појединачну смрт, али овај дизајн има своје трошкове и користи. Велики проблем је што такве мапе не узимају у обзир густину популације у подручју, што може довести до погрешних закључака. Сноуова мапа није у потпуности одговарала на питање „У поређењу са чиме?“ јер није узимала у обзир укупан број људи у подручју. Мапа је често тешко репродукована, а нека издања књиге су чак одустала од приказа мапе. Норме квалитета могу опати када су у питању визуелни прикази, па је важно применити високе стандарде статистичке исправности.



Агрегације током времена и простора могу прикрити релевантне детаље и генерисати обмањујуће сигнале. Недељни прикази смрти од колере, уместо дневних, могу дати погрешан утисак о ефекту уклањања ручке чесме. Такве агрегације су склоније манипулацији и могуће је изабрати временске интервале који подржавају одређени став. Графикони су осетљиви на избор интервала и могу дати различите резултате. Важно је да се прикажу детаљни подаци како би се проценили ефекти агрегације. Упркос критици, Џон Сноу је успешно показао како се преноси колера и тиме омогућио њено спречавање.



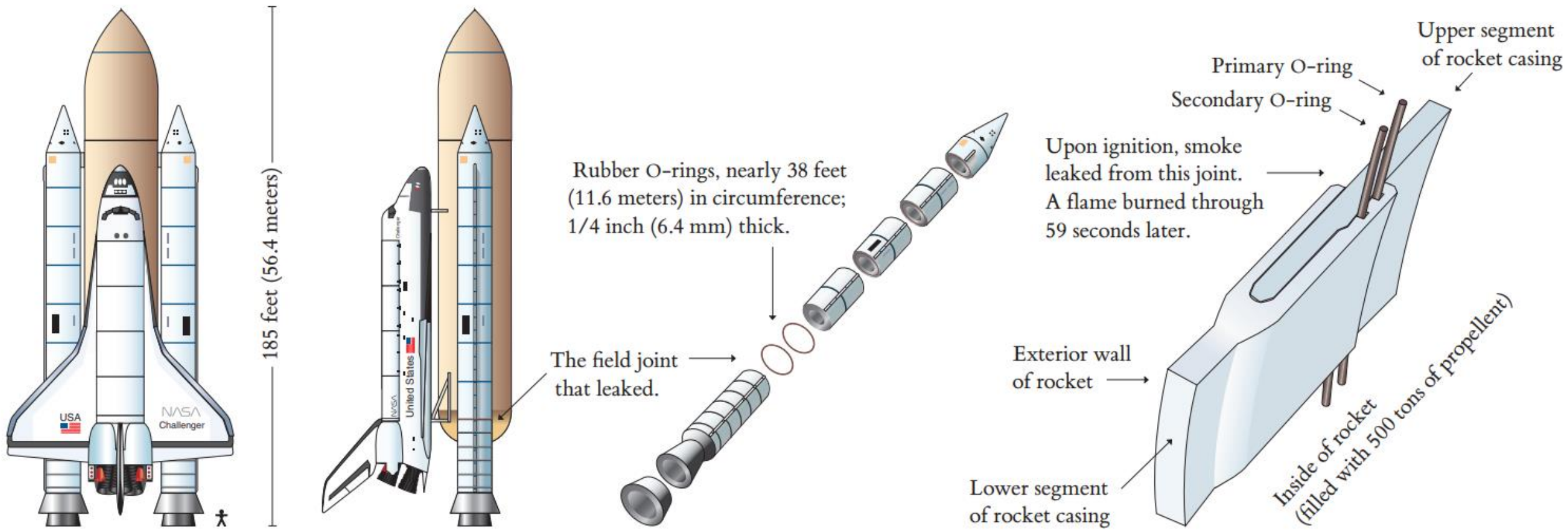
Одлука о лансирању свемирске летелице Challenger

28. јануара 1986. године, свемирска летелица Challenger је због цурења два гумена O-прстена експлодирала и у тој несрећи је погинуло 7 астронаута.

Прстенови су изгубили еластичност јер је летелица лансирана током веома хладног дана. Температуре тих дана су биле око нуле, док су сами прстенови били још хладнији. Због забринутости инжењери из Thiokol-а, који су направили ракету, противили су се томе да она полети.

The flight crew of Challenger 51-L. Front row, left to right: Michael J. Smith, pilot; Francis R. (Dick) Scobee, commander; Ronald E. McNair. Back row: Ellison S. Onizuka, S. Christa McAuliffe, Gregory B. Jarvis, Judith A. Resnik.





Дан пре лансирања, обавили су брзу и паметну анализу и закључили да хладно време представља претњу О-прстеновима. Инжењери су за пар сати направили 13 дијаграма који доказују да није сигурно да летелица буде лансирана. Докази су послати у NASA-у и дискутовани у два дугачка телефонска позива између Thiokol-а и NASA-е ноћ пре лансирања, али докази су били неуверљиви и NASA је одлучила да се ракета ипак лансира, и да О-прстенови немају никакве везе са хладним временом.

Познато је да страшне последице настају када херојски инжењери буду игнорисани од стране администратора.

Следећег јутра, Challenger је експлодирао 73 секунде након што је био покренут. Непосредни узрок несреће - отказивање O-прстенова - био је очигледан.

Почела је директна анализа како и зашто је дошло до несреће, потрагом за везом између ниске температуре и оштећењем О-прстенова током ранијих летова. Најпре проучавана су последња два лансирања (SRM 15 и SRM 22) у којима је чађ откривена у спојевима поља током прегледа. Температура је јако битан део анализе из разлога што је SRM 15 имао значајна оштећења О-прстенова, а такође је био лансиран по најхладнијем времену до тада.

„Ако један случај није довољан, зашто не погледати два?“

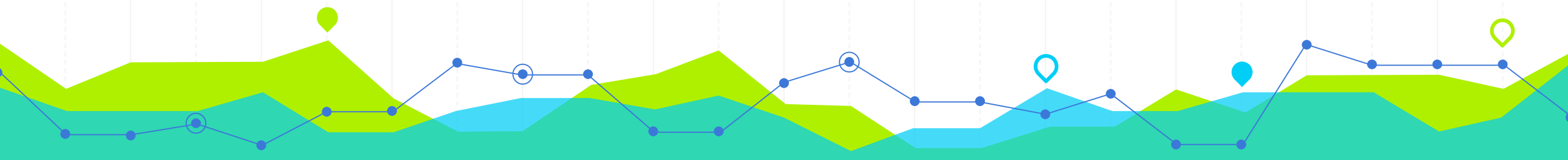
Иако је прокишњавање на SRM 15 било током хладног дана, прокишњавање на SRM 22 се десило током топлијег дана, што никако нису могли да објасне. Било је јасно да код хладнијег времена долази до ерозије, док је код SRM 22 проблем било само прокишњавање.

TEMPERATURE CONCERN ON
SRM JOINTS

27 JAN 1986



„О-прстенови чврстих ракетних потисних мотора нису били дизајнирани за ерозију. Ерозија је била знак да нешто није у реду. Ерозија није била нешто из чега се могла извести сигурност.“ - Richard Feynman

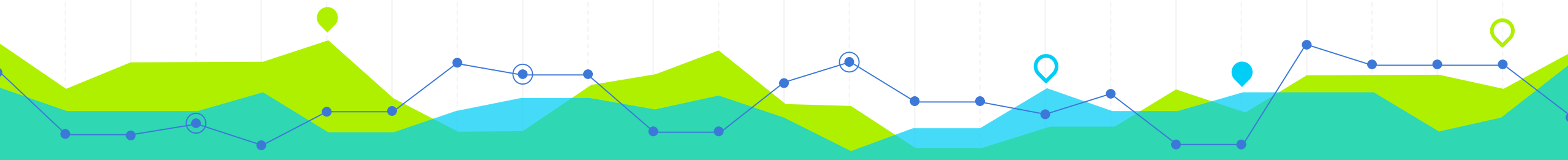


Током година, О-прстенови су имали проблеме при хладнијим температурама: заправо, свако лансирање испод нуле резултовало је оштећењем О-прстенова, док је топлијим данима само неколико летова имало ерозију.

Након многобројних истраживања дошли су до закључка да постоје правилни и неправилни начини приказивања података, и ако је ствар важна, онда правилно или неправилно представљање доказа може имати значајне последице.



Убрзо након несреће са ракетом Challenger, председничка комисија је започела истрагу у којој су постојали неки докази, али они и даље нису били довољни да процене опасност од лансирања у хладном времену. Постојао је недостатак јасноће у приказу узрока и последица. Урађено је још много анализа и истрага.



Новинари су научницима постављали разна питања попут: Да ли је О-прстен изгубио еластичност зато што је био јако стегнут, зато што је био хладан, или зато што је био мокар?

Никада није добијен конкретан одговор. Након доста истраживања закључци су извучени из података и прошли су захтевне тестове, базирали су се на различитим визуелним репрезентацијама (мапама, графиконима, табелама). И, како је илустровано графичким праксама у нашем случају свемирског шатла, такође је корисно имати бескрајну посвећеност проналажењу, причању и показивању истине.



Хвала на пажњи!

Литература

- A Short Course in Intellectual Self-Defense: Find Your Inner Chomsky, Normand Baillargeon, 2007
- Visual and Statistical Thinking: Displays of Evidence for Making Decisions, Edward R. Tufte, 1997

