

ВИЗУАЛИЗАЦИЈА НА ПОДАТОЦИ

Елена Хаџиева¹

1. ВОВЕД

Покрај познатата изрека „Сликата вреди илјада зборови“, која важи општо за учењето преку слика во однос на учењето преку зборови, ја одвојувам и следнава изрека специјално наменета за визуализацијата на податоци, [3]: „Визуализацијата ви дава одговори на прашања на кои не сте ни помислиле.“ – Бен Шнеидерман (Ben Shneiderman), професор по компјутерски науки на универзитетот во Мериленд, САД.

Во ова време на информациски технологии во кое живееме, може да се каже дека сме преплавени од податоци. Секојдневно се собираат податоци повеќе отколку што можеме да замислиме. Според магазинот Форбс (прилог од 7.8.2019, [6]), Американците во секоја минута користат 4 416 720 GB интернет податоци, што вклучува 18 100 000 пораки и 4 497 420 пребарувања на Google. Сешто се пребарува, пребројува, компаниите собираат податоци во обидот да профитираат повеќе, научниците собираат податоци за да одговорат на неодговорени прашања. На таков начин се добиваат огромни множества со податоци, кои во сива форма не даваат скоро никаква идеја за поврзаноста на изнесените бројни или текстуални податоци, некакви разлики или сличности, екстремности или трендови. На Сликата 1 е прикажано како изгледаат првите неколку редици од една релативно мала табела со податоци.

Flight	Carrier	Month	DayOfWeek	NumPrevFlights	PrevFlightGap	HistoricallyLate	InsufficientHistory	OriginInVolume	OriginOutVolume	DestInVolume	DestOutVolume	Origin			
LAX-ORD	American Airlines	June	Wednesday	1,55,0,1	1.053359684	1.026929982	0.989847716	0.987341772	0.9.618842	19.908766	0.0.132	7.381902	16.105968	0,0,25	
LAX-ORD	American Airlines	June	Thursday	1,55,0,1	1.021611002	1.019607843	0.960509554	0.990126939	0.8.724066	18.119214	0,0,0	10.06623	23.935258	0,0,0	
LAX-ORD	American Airlines	June	Friday	2,35,0,1	1.02970297	0.998214286	0.990801577	1.001426534	0.7.605596	16.105968	1,0,0	9.842536	18.119214	0,0,0	
LAX-ORD	American Airlines	June	Sunday	1,30,0,25	0.1.08793456	1.001788909	0.97029703	1.036339166	0.7.605596	17.000744	0,0,0	15.65858	31.988242	0,0,0	
LAX-ORD	American Airlines	June	Monday	1,55,0,2	0.1.044176707	0.994661922	0.988402062	0.985955056	0.8.94776	18.119214	0,0,0	8.724066	17.000744	0,0,0	
LAX-ORD	American Airlines	June	Tuesday	1,55,0	1.166666667	0.1.025641026	1.014869888	0.987129987	1.001426534	0.7.381902	17.000744	0,0,0	12.526864	27.96175	0,0,0
LAX-ORD	American Airlines	June	Wednesday	1,55,0	2.285714286	0.1.053359684	1.003590664	0.989847716	0.987341772	0.7.158208	14.987498	0,0,0	165.10.289924	31.988242	0,0,64
LAX-ORD	American Airlines	June	Thursday	2,55,0,375	0.1.021611002	1.019607843	0.977070064	1.008462623	0.8.276678	17.000744	1,0,81	8.276678	17.000744	0,0,0	
LAX-ORD	American Airlines	June	Friday	1,55,0	3.333333333	0.1.02970297	1.021428571	1.007884363	1.019971469	0.6.039738	16.105968	1,0,3	8.500372	16.105968	0,0,0
LAX-ORD	American Airlines	June	Saturday	1,5,0,4	0.1.024774775	0.936440678	1.066563467	0.948176583	0.6.71082	14.092722	0,0,325	7.381902	31.093466	0,0,139	
LAX-ORD	American Airlines	June	Sunday	1,55,0	4.545454545	0.1.116564417	1.026833631	1.004950495	1.055181696	0.8.052984	16.105968	0,0,0	4.921268	12.079476	0,0,75
LAX-ORD	American Airlines	June	Monday	1,55,0	4.166666667	0.1.044176707	1.017793594	0.988402062	1.004213483	0.7.82929	17.000744	1,0,13	5.59235	12.079476	0,0,2
LAX-ORD	American Airlines	June	Tuesday	1,55,0	3.84615385	0.1.025641026	1.039033457	0.987129987	1.019971469	0.7.605596	16.105968	1,0,104	4.697574	25.053728	0,0,0
LAX-ORD	American Airlines	June	Wednesday	1,55,0	4.28571429	0.1.053359684	1.026929982	0.989847716	1.005625879	0.5.144962	14.987498	0,0,0	7.381902	18.119214	0,0,18
LAX-ORD	American Airlines	June	Thursday	1,30,0	4.666666667	0.1.021611002	1.019607843	0.977070064	1.008462623	0.6.487126	16.105968	1,0,0	6.71082	10.06623	0,0,29
LAX-ORD	American Airlines	June	Friday	1,55,0,5	0.1.02970297	1.021428571	1.007884363	1.019971469	0.8.052984	17.000744	0,0,0	9.842536	18.119214	0,0,20	
LAX-ORD	American Airlines	June	Saturday	1,30,0	4.70588235	0.1.024774775	0.936440678	1.046439628	0.948176583	0.5.816044	16.105968	0,0,0	12.079476	25.053728	0,0,11
LAX-ORD	American Airlines	June	Sunday	1,55,0	4.44444444	0.1.08793456	1.026833631	1.004950495	1.055181696	0.6.71082	14.987498	0,0,18	12.974252	29.08022	0,0,0
LAX-ORD	American Airlines	June	Monday	1,55,0	4.73684211	0.1.018072289	1.017793594	0.988402062	1.004213483	0.7.605596	16.105968	1,0,660	12.526864	31.093466	0,0,30
LAX-ORD	American Airlines	July	Tuesday	1,30,0,45	0.1.025641026	1.014869888	0.936936937	0.92724679	0.8.500372	18.119214	0,0,0	12.30317	23.935258	1,0,6	

Слика 1. Податоци за доцнењата на авионите на одреден аеродром, во одреден период.

Сè додека не се визуализираат, ваквите табели со податоци, изгледаат скоро бескорисно. Се добива чувство дека сте во магла и не се гледа ништо. Со визуализацијата, просто кажано, маглата се расчистува.

2. КВАРТЕТОТ НА АСКОМБИ

Квартетот на Анскомби (Anscombe's Quartet) конструиран во 1973 год., е уште една потврда, со математички пристап, за потребата од визуализација на податоците, [1]. Примерот опфаќа четири различни множества податоци со по 11 вредности на променливите x и y (Табела 1).

1		2		3		4	
x_1	y_1	x_2	y_2	x_3	y_3	x_4	y_4
10,0	8,04	10,0	9,14	10,0	7,46	8,0	6,58
8,0	6,95	8,0	8,14	8,0	6,77	8,0	5,76
13,0	7,58	13,0	8,74	13,0	12,74	8,0	7,71
9,0	8,81	9,0	8,77	9,0	7,11	8,0	8,84
11,0	8,33	11,0	9,26	11,0	7,81	8,0	8,47
14,0	9,96	14,0	8,10	14,0	8,84	8,0	7,04
6,0	7,24	6,0	6,13	6,0	6,08	8,0	5,25
4,0	4,26	4,0	3,10	4,0	5,39	19,0	12,50
12,0	10,84	12,0	9,13	12,0	8,15	8,0	5,56
7,0	4,82	7,0	7,26	7,0	6,42	8,0	7,91
5,0	5,68	5,0	4,74	5,0	5,73	8,0	6,89

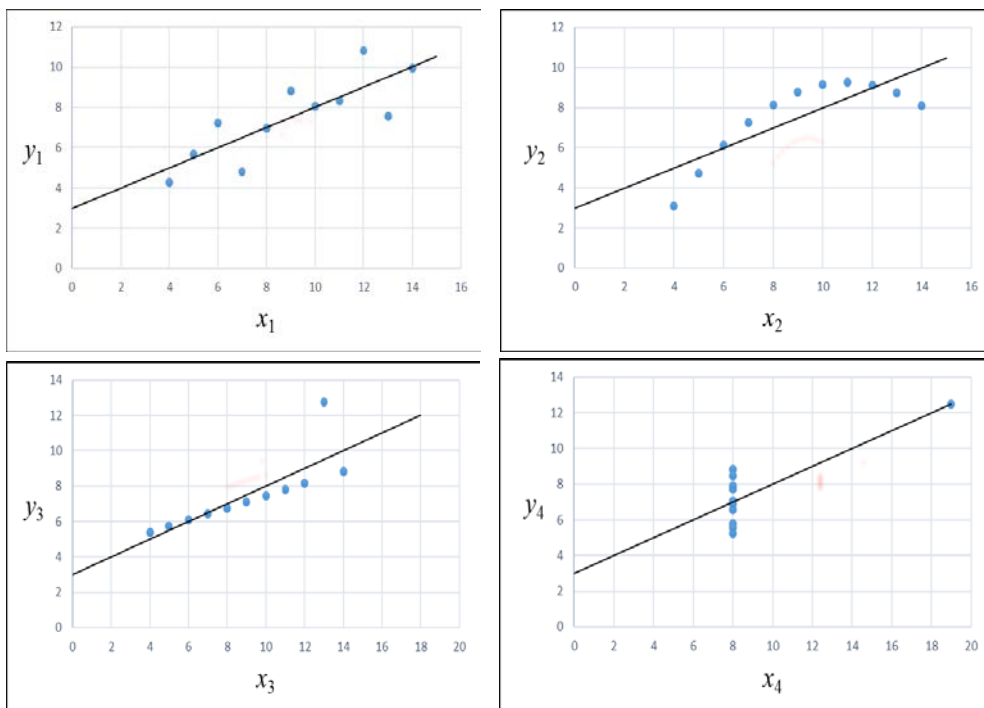
Табела 1. Квартетот на Анскомби

Податоците имаат еднакви вредности на неколку дескриптивни статистики, како што е наведено во Табелата 2, [3, 4].

средна вредност на променливата x	9
средна вредност на променливата y	7,500
варијанса на x	11
варијанса на y	4,125
корелација помеѓу x и y	0,816
регресиона права	$y = 3,00 + 0,50x$

Табела 2. Квартетот на Анскомби има еднакви вредности на неколку дескриптивни статистики.

Но сепак, доколку податоците се претстават во дводимензионален координатен систем, се гледа колку се тие различно распределени во рамнината (Слика 2).



Слика 2. Графички приказ на квартетот на Анскомби.

Анскомби со овие множества сакал да им ја долови на статистичарите важноста на визуелното претставување на податоците, но и влијанието на екстремните вредности (outliers) и распределбата на податоците, врз дескриптивните статистики на една популација.

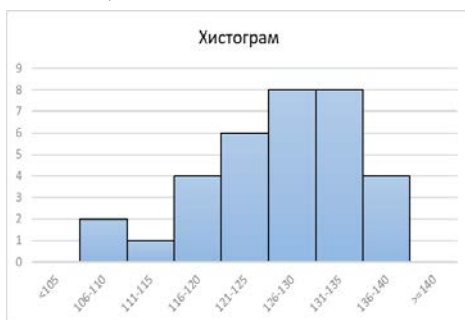
3. ЕДНОСТАВНИ ДИЈАГРАМИ ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЈА НА ПОДАТОЦИТЕ

Едноставните примери за визуелизација на податоците ги опфаќаат стандардни дијаграми кои може да се најдат дури и во учебниците за основно образование, а повеќето се среќаваат подоцна, во средно или високо образование: столбест дијаграм, секторски дијаграм или пита (pie chart), хистограм, точкаст дијаграм (scatterplot), полигонална крива или линиски дијаграм, правоаголен дијаграм (boxplot), но и: повеќесло-

ен столбест дијаграм (stacked bar graph), меурест дијаграм (bubble chart), дијаграм радар или пајак (radar or spider chart), водопаден дијаграм (waterfall chart), географски мапи, и многу други, како и нивни комбинации и варијанти. Разни дијаграми се прикажани на Слика 3 и Слика 4.

Изборот на дијаграмот зависи од проблемот кој се обработува, или од карактеристиката која треба да се потенцира. На пример, столбест дијаграм најчесто се употребува за прикажување на категориски податоци (на пример, пол - машки и женски, или регион – Европа, Азија, Африка, итн.), хистограм – за прикажување нумерички податоци, распределени во последователни интервали. Понатаму, секторскиот дијаграм се употребува кога ни е важна процентуалната застапеност на податоците, но не е погоден за употреба кога процентуалната застапеност има блиски вредности, бидејќи тешко визуелно ќе се разликуваат кружните исечоци (сектори). Полигоналната крива и точкастиот дијаграм се користат кога треба да се долови трендот на податоците, односно специфичното однесување на податоците, како на пример, растење, опаѓање, тежнење код одредени вредности или групирања на податоците. Точкастиот дијаграм е попожелен кога множеството податоци е релативно големо. А полигоналната крива е попогодна кога треба да се доловат интервали на растење и опаѓање, највисоки и најниски вредности, но и еволуирање на одредени податоци со текот на времето.

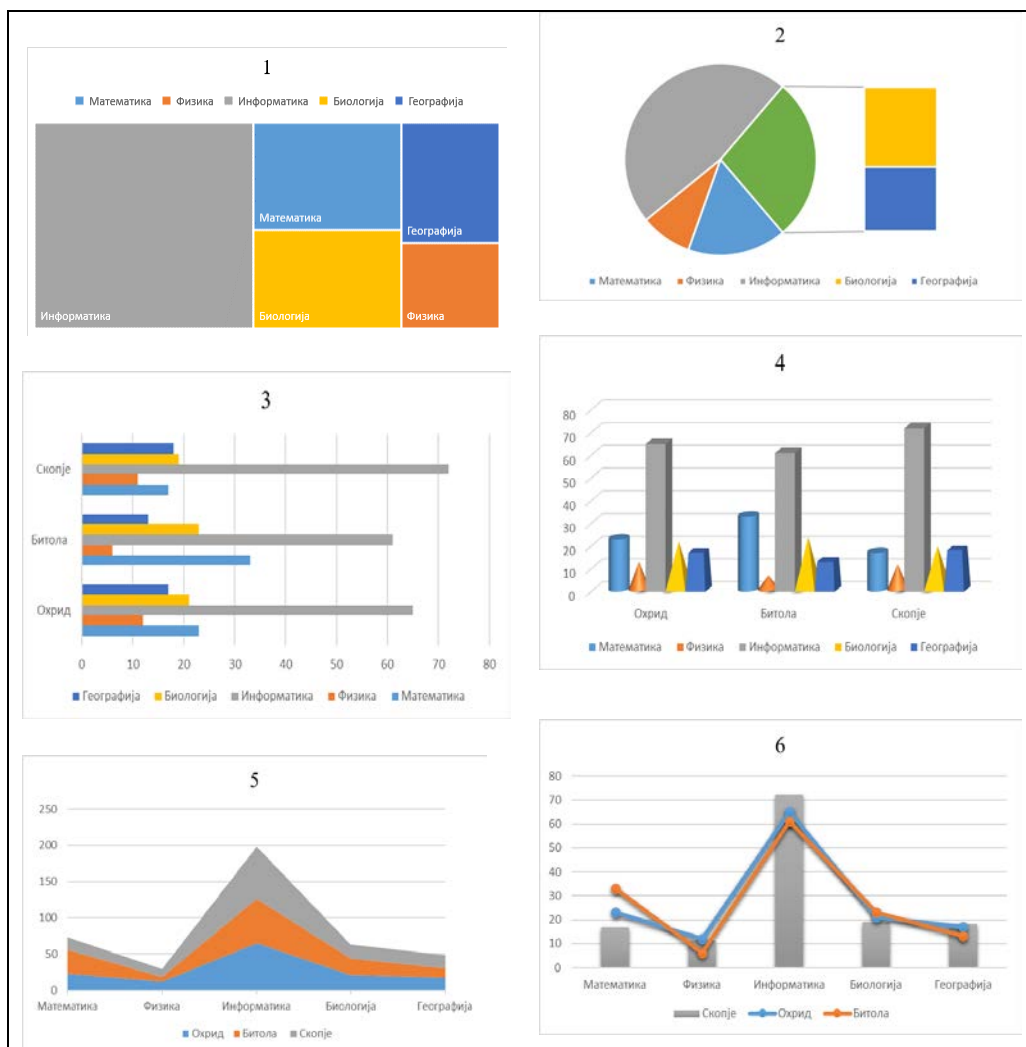
Со додавање на визуелни ефекти може да се нагласи одредена информација, на пример ако во секторскиот или столбестиот дијаграм сакаме особено да потенцираме една група податоци, тогаш ставаме впечатлива боја или форма кај тој податок (на пример, црвената боја на столбестиот дијаграм на Слика 3, или столпчињата на дијаграмот 6 од Слика 4).



Визуализација на податоци



Слика 3. Некои основни видови дијаграми, направени во Excel.



Слика 4. Различни варијанти на: секторски дијаграм (1 и 2), столбест дијаграм (3 и 4), линиски дијаграм (5) и комбинација од столбест и линиски дијаграми (6). Сите се направени во Excel.

Понатаму, во ист координатен систем може да се претстават два или повеќе дијаграми, со што се прави споредба на податоци поврзани со исти или слични прашања (Слика 4, вториот до шестиот дијаграм). Секако дека треба да се внимава да не се пренатрупа еден координатен систем со повеќе дијаграми, бидејќи би се оневозможило доловување на важните информации, или суштината на приказната.

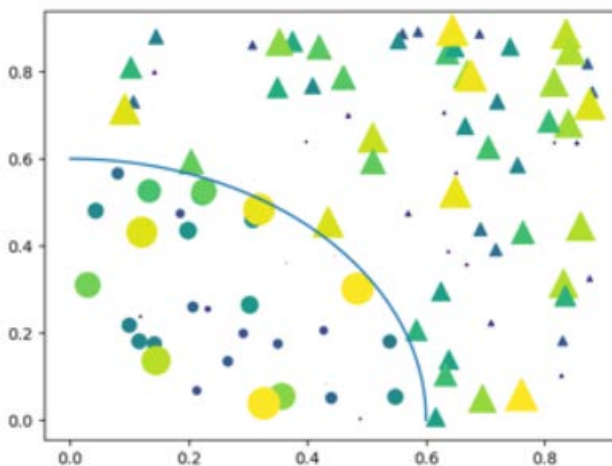
4. НАПРЕДНИ ДИЈАГРАМИ ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЈА НА ПОДАТОЦИТЕ

Откако ќе се обработи едно множество податоци, во насока на извлекување една или повеќе негови карактеристики, потребно е да се осмисли како соодветно да се претстави пред публиката. Понекогаш основните дијаграми опишани во претходното поглавје се доволни. За да се осмисли што посоодветна и поефектна визуализација, потребно е добро да се проникне во суштината на проблемот кој се обработува, да се разберат извлечените карактеристики од податоците, да се има чувство за нивно едноставно и функционално претставување, да се биде креативен, а и чувството за естетика ќе помогне за постигнување што посилен впечаток.

Потоа, на ред доаѓа примена на некоја од алатките за визуализација, кои секојдневно се развиваат и надградуваат, нудејќи неограничени можности за изработка на најсофистицирани визуализации. Меѓу најкористените алатки за визуализација на податоци во научни цели се пакетите вклучени во програмските јазици R и Python, потоа софтверските пакети Mathematica и MATLAB, а доста се користи и Microsoft Excel, особено во општествените науки и во компаниите кои обработуваат податоци. Постојат и многу други алатки, наменски развиени за визуализација и анализа на податоци, како што се Tableau, Qlikview, FusionCharts, Highcharts, Datawrapper, Plotly, Sisense и др.

Во продолжение ќе објасниме како точкастиот дијаграм (во основна форма прикажан на Слика 3), може да се надгради за да се добие софистициран дијаграм кој прикажува повеќе информации отколку што на прв поглед се очекува од точкаст дијаграм. Имено, кон точките може да се придодаде боја, форма и големина, што ќе значи додавање на трета, четврта и петта димензија на податоците. На пример, на Слика 5 е прикажан точкаст дијаграм со кругови и триаголници (наместо точки) во различни големини и бои, кој би можел да ги прикажува дрвјата во еден парк, на површина од 1 km^2 : (x, y) координатите ја претставуваат локацијата на дрвото во паркот; формата претставува тип на дрво – круг за листопадно, триаголник за зимзелено: понатаму, плоштината на геометриската фигура соодветствува на плоштината на најголемиот

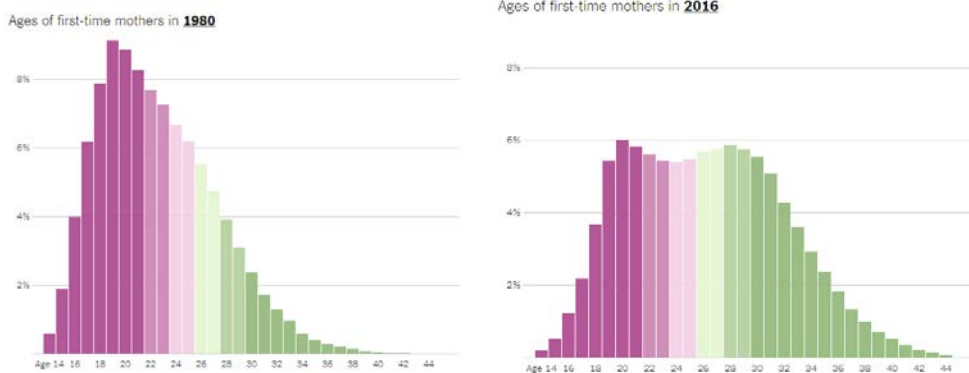
напречен пресек на крошната на дрвото – помала фигура за помала крошна, поголема фигура за поголема крошна: и на крај, бојата означува која институција го посадило дрвото (различните бои одговараат на различни институции). Дополнително е повлечена крива линија со која се одвоени листопадните од зимзелените дрва во паркот (Сликата 5 е превземена од [9], а интерпретацијата е комплетно на авторот).



Слика 5. Точкаст дијаграм, со додадени форма, големината и боја на точките ([9]).

На следните слики (Слики 6–12) извлечени од интернет, се дадени и други визуализации кои воодушевуваат со креативноста и проникливоста на авторите. На Слика 6 ([2]) се прикажани хистограми на процентуалната застапеност на возраста на која жените за прв пат раѓаат. Првиот хистограм ја прикажува ситуацијата во 1980 год., а вториот во 2016 год. Се гледа дека во 1980 год. убедливо најмногу за прв пат раѓале жените на возраст од 19 години, а во 2016, со меѓусебна слична процентуална застапеност се жените помеѓу 18 и 32 години. Додавањето на бои кои се прелеваат од изразито виолетова, преку светла виолетова и светла зелена до изразито зелена, додаваат убав впечаток за дијаграмот, придонесувајќи подобро да се отслика возраста (помладата возраст е со виолетова боја, а постарата е со зелена боја).

Визуализација на податоци



Слика 6. Возрасна застапеност на мајки кои прв пат раѓаат деца во САД, во 1980 и 2016.



Слика 7. Новостите кои се среќаваат на Google се организирани во правоаголници.

Сликата 7 ([4]) содржи еден вид секторски дијаграм (веќе прикажан на Слика 4, дијаграм 1). Правоаголникот од оваа слика содржи вести кои се среќаваат на Google, при што плоштината на правоаголникот кој го опфаќа насловот на веста е правопрпорционална со бројот на прилози поврзани со таа вест. Различната боја означува различни категории вести. На Сликата 8, [5], преку едноставен сликовит јазик претставени се односите помеѓу различните групации во Сирија. Односите се категоризирани во три групи: пријатели (зелено), непријатели (црвено) и „komplицирани“ (жолто).

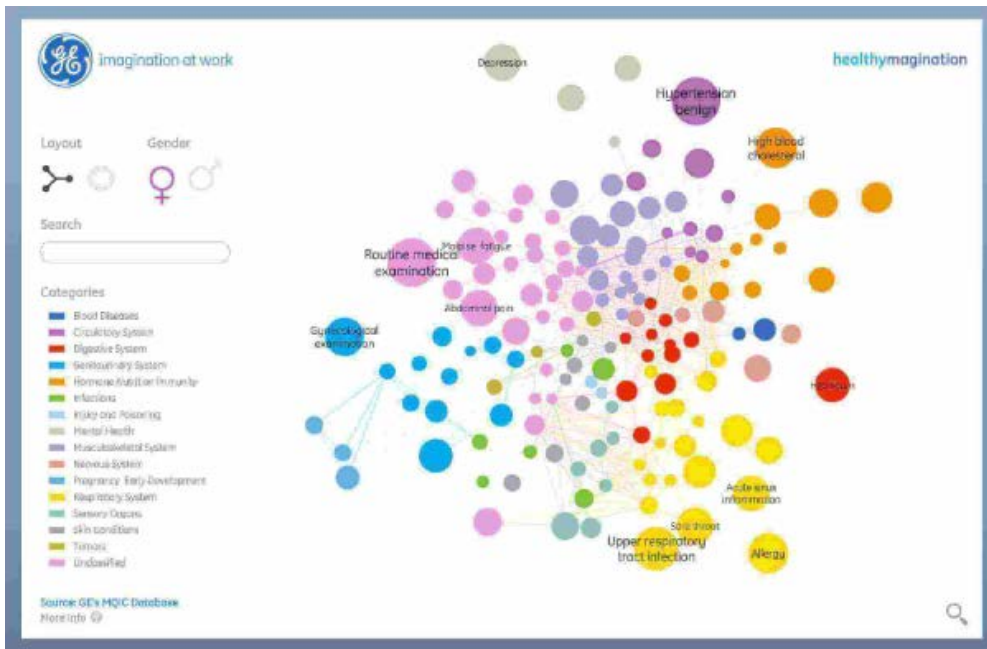


Слика 8. Дијаграм во кој се претставува кој против кого се бори во Сирија.

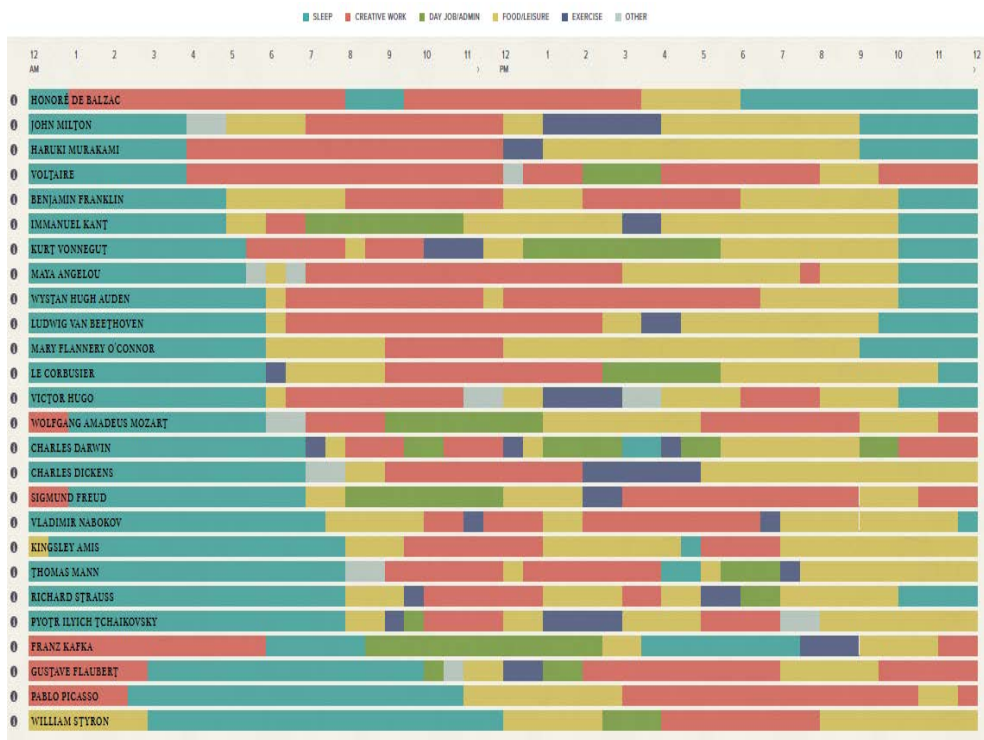
На следната слика, Слика 9, е прикажан дијаграм за застапеноста на одредени медицински симптоми. Големината на кругот е пропорционална со нивната застапеност во 7.200.000 проверени медицински досиеја (толкава била базата на досиеја која компанијата General Electric ја разгледувала, види [4]), истобојните симптоми припаѓаат на иста група болести (жолта – болести на респираторниот систем, црвена – на системот за варење, зелена – инфекции, и слично). Врска помеѓу круговите постојат, доколку симптомите често се јавуваат истовремено.

Сликата 10 ([10]) ги прикажува дневните рутини на познати уметници и научници. На хоризонталната оска е прикажано времето од денот, почнувајќи од полноќ, преку пладне, до полноќ следниот ден. На вертикалната оска се прикажани имињата на познатите уметници и научници, како: Де Балзак, Бетовен, Дикенс, Фројд, Пикасо, и други. Со сино е означен периодот на спиење, со црвено – периодот на креативна работа, зелено – административна работа, жолто – слободно време, темно-сино – физички активности, и сиво – друго. Одличен начин да се споредат дневните ритуали на избраните плодотворни личности.

Визуализација на податоци

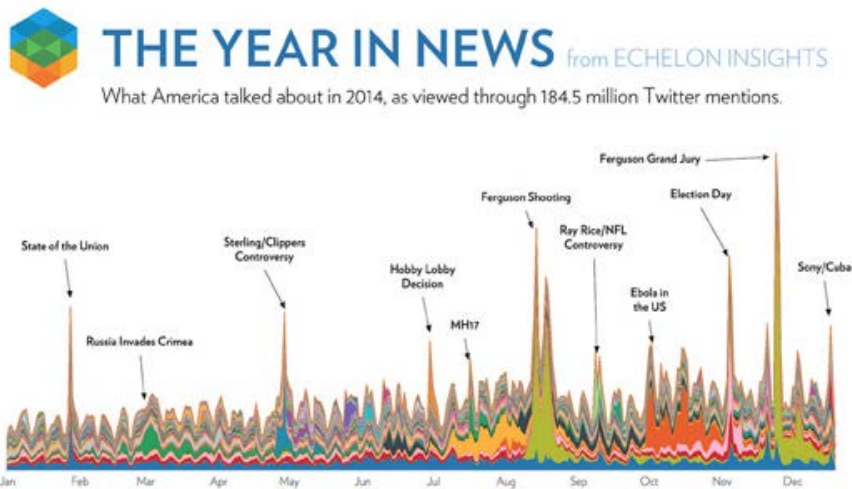


Слика 9. Истражување направено од General Electric за медицинските симптоми, нивната застапеност и нивната меѓусебна поврзаност.



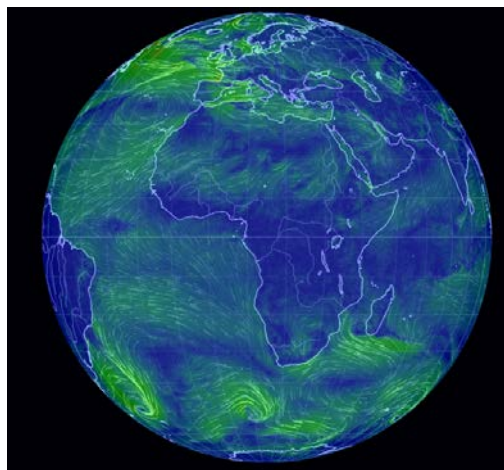
Слика 10. Дневни рутини на познати уметници и научници ([10]).

На сликата 11 ([8]) се претставени најинтересните теми за Американците во 2014 година, изразено во број на твитови поврзани со одредена тема. Различните бои се различна тема, а врвовите точно ги претставуваат најзборуваните теми. На пример, во ноември 2014 најинтересна тема биле изборите, а во цела година најголемо внимание предизвикал Фергусон (највисокиот врв).



Слика 11. За што најмногу зборувале Американците во твитовите во 2014 г.

На Слика 12 е претставена визуализација со анимација на ветровите на целата планета, во реално време. Ова претставува многу добар пример на едукативна визуализација. Анимацијата може да се види на линкот [7].



Слика 12. Визуализација (со анимација) на ветровите на нашата планета.

5. КОГА ВИЗУАЛИЗАЦИЈАТА Е ДОБРА, А КОГА НЕ?

Веќе видовме дека има многу различни дијаграми, во основна и напредна верзија, нивни варијанти и комбинации, уредени во зависност од тоа што сакаме да потенцираме пред публиката. Иако нема некои строги правила според кои треба визуелно да се претставуваат податоците и нивните карактеристики, и значително тоа зависи од поентата што сака да ја долови авторот пред публиката, како и неговата имагинација, сепак има одредени насоки што укажуваат кога визуализацијата е добра, а кога не, [1].

Кога се смета дека визуализацијата е добра?

Кога открива сличности, разлики и трендови на податоците, кога е едукативна, им дава реално значење на податоците, дава нова перспектива на веќе разгледуван проблем, ја предизвикува имагинацијата и љубопитноста на луѓето, ги претставува податоците на софистицирано убав начин, користи метафори, содржи приказна, облагородува со нови знаења и предизвикува нови прашања. Сликите 5–11, според мислењето на авторот на овој труд, прикажуваат добри визуализации.

Кога се смета дека визуализацијата не е добра?

Понекогаш во визуализациите непотребно се додаваат бои или ефекти (тридимензионалност), во надеж дека тоа ќе изгледа попривлечно за публиката, но така може да се одвлече вниманието од проблемот кој треба да се разгледа. На пример, на Слика 4, дијаграмот 4 непотребно е тридимензионален, при што не само боите туку и формите се разликуваат. Истата ситуација, многу подобро е претставена на дијаграмот 3, кој е дводимензионален, не користи различни форми, туку само различни бои. Во литературата постојат бројни примери во кои едноставниот и прост дијаграм е најсоодветната визуелна претстава, [1].

Исто така не е добро кога во визуализациите се испушта цела група податоци, доколку е малку застапена. Тоа остава впечаток дека таа група податоци не постои, што не соодветствува на вистината. Треба да се изнајде адекватен начин да не се испуштаат информации. Информации може намерно да се испуштаат или искривуваат, за да се заблуди јавноста или да се пренасочи нејзиното внимание (она што често го прават политичките партии или големите компании за да ги

дискредитираат своите конкуренти). Искривувањето информации може да се прави со потенцирање на една, а занемарување на друга информација, така што ќе се игра со бои (поизразени или понеизразени, или групирање во слични бои, наместо јасно одвојување), или со букви (поголеми или помали, почитливи или понечитливи). Исто така, неподреденоста на податоците според значењето, како и нерамноправната позиција на дијаграмот, може да влијае за искривување на информацијата. На пример, дијаграмот 6 од Слика 4, како и столбестиот дијаграм од Слика 3, кои беа спомнати како примери во кои една информација се потенцира во однос на другите, исто така може да се искористи како негативен пример, во кој информациите не се рамноправни – едната група е потенцирана и придонесува кон намалување на значењето на другите групи. Затоа, може да се каже дека визуализацијата на информациите бара, покрај знаење и умеење, голема одговорност и етичко однесување.

Визуализацијата на сликата 13 (преземена од [6]), за примерот од магазинот Форбс спомнат на почетокот на овој труд, според мене, не е добра, заради неколку елементи:



Слика 13. Визуализација од магазинот Форбс за размената на податоци во една минута од страна на Американците ([6]).

- Некои исечоци зафаќаат поголема плоштина од други, без некоја јасна причина.

- Некои од податоците се напишани со мал фонт или бели, а некои со поголем фонт или црни, што првите ги прави поневидливи и позанемарливи од другите, исто така без некоја јасна причина (споредете „Tumber“ со „Texts are sent“).

- Некои се со слични бои што може да укажува на некаква сличност и во квантитет или квалитет, но не е така (споредете Tumber, Skype, Instagram и Texts are sent)

- Познато е дека заштитната боја на Youtube е јасна црвена боја, но овде е прикажана бледа црвена, што е поневпечатлива.

- Постои преоптеретеност со бои и слики, иако овде може да се користи само една табела со подредени податоци.

6. ЗАКЛУЧОК

Во денешната ера на големи податоци, кога еден просечен документ со податоци има големина од неколку стотици мегабајти, визуализацијата е неопходна, не само заради почетно разбирање на податоците, туку и за добивање насоки за понатамошна нивна обработка и донесување заклучоци. Кога податоците се визуализирани, човечкото око прима многу информации за кратко време, што е обратно од невизуализираните податоци – малку податоци за долго време.

Иако визуализациите се авторски дела, и не може да се дискутира за вкусовите на авторите, сепак постојат некои насоки кои укажуваат кога една визуализација е добра или не. Успешната визуализација значи дека податоците се добро организирани, естетски убаво претставени, со форми и бои кои придонесуваат за јасноста, важните информации се веднаш видливи, добро се проникнува во некои разлики, сличности или посебности на податоците, самата визуализација е оригинална, а луѓето за кои е наменета се чувствуваат инспирирано и мотивирано за носење заклучоци и правење нови анализи или визуализации. Со податоците лесно се манипулира, затоа е важно кога ги претставуваме да внимаваме на математичката коректност.

Додавањето анимација може многу да ја збогати визуализацијата претставена само со слика. На пример, визуализациите од сликите 6 и 12 се пропратени со анимации, кои може да се видат на соодветните линкови.

Визуализацијата на податоци, било само преку слика или анимација, е поле со отворени можности, за сечиј математички, уметнички и иновативен ум.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Bertsimas, A. O’Hair, W. Pulleyblank, *The Analytics Edge* Dynamic Ideas LLC; 1st edition 2016.
- [2] Q. Bui, C. C. Miller, *The age that Women have Babies: How a Gap Divides America*, Aug 4, 2018, The New York Times, <https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/04/upshot/up-birth-age-gap.html>
- [3] S. Durcevic, *Designing Charts and Graphs: How to Choose the Right Data Visualization Types*, The datapine Blog - News, Insights and Advice for Getting your Data in Shape <https://www.datapine.com/blog/how-to-choose-the-right-data-visualization-types/>
- [4] S. Durcevic, *Take Advantage Of The Best Interactive and Effective Data Visualization Examples*, Jan 15, 2019, The datapine Blog - News, Insights and Advice for Getting your Data in Shape <https://www.datapine.com/blog/best-data-visualizations/>
- [5] J. Keating, C. Kirk, *A Guide to Who Is Fighting Whom in Syria*, Oct 6, 2015, Slate News & Politics http://www.slate.com/blogs/the_slatest/2015/10/06/syrian_conflict_relationships_explained.html?via=gdpr-consent
- [6] N. Martin, *How Much Data Is Collected Every Minute Of The Day*, Aug 7, 2019, Forbes, <https://www.forbes.com/sites/nicolemartin1/2019/08/07/how-much-data-is-collected-every-minute-of-the-day/#1c2e9fce3d66>
- [7] Community Earth Wind Map <https://earth.nullschool.net/>
- [8] Echelon Insights <https://echeloninsights.tumblr.com/post/121843672843/one-year-ago-today>

- [9] Mathplotlib 3.2.1 documentation,
<https://images.app.goo.gl/5ejKrELmkDWgkpwk6>
- [10] Podio: Project Management and Collaboration Software
<https://podio.com/site/creative-routines>

¹ Катедра за применета математика,
Факултет за информациски системи, визуелизација,
мултимедија и анимација, Универзитет „Св. Апостол Павле“,
Партизанска бб, 6000 Охрид, Р. Северна Македонија
e-mail: elena.hadzieva@uist.edu.mk

Примен: 3.2.2020

Поправен: 9.4.2020

Одобрен: 11.4.2020

Објавен на интернет: 27.4.2020