

Rola graficznych prezentacji danych w popularyzacji statystyki

Motto:

Jeden obraz jest wart więcej niż tysiąc słów¹

W ostatnich dziesięcioleciach, w wyniku znacznego postępu w technice, nastąpił dynamiczny rozwój możliwości wykorzystania komputerów i profesjonalnego oprogramowania w badaniach naukowych, przedstawianiu wyników badań i w procesie dydaktycznym. Początkowo była to możliwość gromadzenia danych, przygotowywania raportów z badań, a także różnorodnych materiałów pomocniczych do zajęć. Z biegiem czasu coraz większe możliwości obliczeniowe komputerów prowadziły do rozwoju metod graficznych analizy danych. Możliwości otrzymywania dobrych jakościowo kolorowych wydruków pozwoliły na upowszechnienie takiej formy prezentacji wyników badań. Bardzo pomocne w przedstawieniu różnych, złożonych zagadnień statystycznych są prezentacje interaktywne, a rozwój technologii mobilnych umożliwia dotarcie z wiedzą statystyczną do liczного grona odbiorców.

Metody statystyczne często nie są rozumiane i z tego powodu źle odbierane przez społeczeństwo. Zwykle statystyka jest traktowana jako nauka dostępna tylko wtajemniczonym. Informacje o wynikach badań przekazywane przez różne instytucje odbierane są niekiedy nawet zupełnie przeciwnie niż na to wskazują podawane wyniki.

Współczesne społeczeństwo w dużej mierze korzysta z kultury obrazkowej. Wszędzie występują znaki, symbole i obrazy. Umiejętne wykorzystanie obecnych osiągnięć technicznych do prezentacji graficznej wyników badań statystycznych umożliwia dużym grupom odbiorców pierwsze spotkanie z metodami statystycznymi i może ich zachęcić do pogłębiania wiedzy. W konsekwencji prowadzić to powinno do właściwego odbioru wyników badań i podawanych komunikatów.

Przedstawione jako motto artykułu przysłowie chińskie w odniesieniu do wizualizacji danych i wyników badań statystycznych można rozszerzyć o określenie: „... a jeden wykres wart jest więcej niż tysiąc liczb.”

¹ Przysłowie chińskie.

Od najdawniejszych czasów znaki i symbole graficzne pojawiały się tam, gdzie był człowiek. Początkowo były to np. różne rysunki pozostawiane w jaskiniach skalnych. Z tak odległych czasów pochodzą również symbole ułatwiające liczenie różnych elementów, jak np. upolowanych zwierząt. W następnych okresach różnorodne znaki graficzne pomagały przekazywać treści na zwojach papirusów. Jedną z najstarszych znanych grafik, przedstawiającą układ zabudowań miejskich² (pierwowzór mapy), pochodzi z LXII w. p.n.e. Już w starożytności wykorzystywano metody graficzne m.in. do dowodzenia lub uzasadniania własności geometrycznych. Euklides w *Elementach* (Księga I) przytacza osiem dowodów twierdzenia Pitagorasa, które można przedstawić w postaci graficznej (Jeleński, 1974). Potrzeba obliczania i przedstawienia takich wielkości w sposób czytelny, nawet dla osób niepotrafiących czytać, prowadziła do powstawania pierwszych typowych wykresów.

Unwin i in. (2006) oraz Chen i in. (2008) wśród wielu przykładów zaczerpniętych z historycznych prezentacji graficznych wymieniają m.in.:

- marsz wojsk napoleońskich na Moskwę w latach 1811 i 1812 (w 1865 r.),
- rózę Nightingale (w 1857 r.),
- rozkład jazdy pociągów na trasie Paryż—Lyon (w 1885 r.),
- mapę rozprzestrzeniania się epidemii cholery w Londynie (w 1855 r.).

Marsz wojsk napoleońskich na Moskwę

Charles J. Minard (1781—1870) był pionierem w wykorzystaniu metod graficznych do inżynierii i statystyki. M. Friendly³ przytacza ponad 70 propozycji prezentacji graficznych Ch. J. Minarda. Jedną z najczęściej przywoływanych przedstawia marsz wojsk napoleońskich na Moskwę oraz dramatyczny odwrót⁴. E. R. Tufte (1983) wskazuje, że jest to najlepszy wykres jaki kiedykolwiek opracowano. Na wykresie przedstawiono pięć zmiennych:

- wielkość armii (szerokość pasa graficznego),
- współrzędne geograficzne,
- kierunek marszu,
- położenie armii w określonym czasie,
- temperaturę.

Wierną kopię pierwowzoru grafiki Ch. J. Minarda wykonaną w programie Mathematica prezentuje wykr. 1.

² <http://www.atamanhotel.com/catalhoyuk/oldest-map.html>.

³ <http://www.datavis.ca/gallery/minbib.php>.

⁴ http://cartographia.files.wordpress.com/2008/05/minard_napoleon.png.

Widoczne dwie linie reprezentują trasę wojska. Szerokość linii jest proporcjonalna do liczebności armii napoleońskiej. Górna linia odpowiada kierunkowi marszu „na Moskwę”, a dolna jest zapisem trasy odwrotu.

Róża Nightingale

Florence Nightingale (1820—1910) pochodziła z arystokratycznej brytyjskiej rodziny. Wbrew woli rodziny zdecydowała się w wieku 24 lat na podjęcie posługi pielęgniarskiej. W opinii bliskich podjęcie się takiego zajęcia było haniebną. W 1854 r. została wybrana do grona osób mających sprawować opiekę nad żołnierzami brytyjskimi, rannymi w wojnie krymskiej. Podjęła walkę o polepszenie opieki nad rannymi, upatrując w tym szansę na zmniejszenie śmiertelności. Zorganizowała od podstaw opiekę nad tymi żołnierzami. Musiała pokonywać uprzedzenia i sprzeciwy ze strony lekarzy, urzędników i oficerów. Swoją determinacją F. Nightingale doprowadziła do poprawy fatalnego stanu sanitarnego szpitali polowych. Podjęła się skrupulatnej obserwacji i rejestracji chorych i rannych żołnierzy. Rezultatem prowadzonych zapisów były m.in. obszernie zestawienia oraz stosowne wykresy pozwalające na dokonanie oceny aktualnej sytuacji. Jeden z tych wykresów⁵ znany jest jako róża Nightingale lub *coxcomb*. W ciągu kilkunastu miesięcy śmiertelność spadła z 43% do 2%. Doskonałe rezultaty opieki powszechnie przypisywano Florence Nightingale.

⁵ <http://datavis.ca/milestones//admin/uploads/images/coxcomb3.jpg>.

Rozkład jazdy pociągów Paryż—Lyon

Przedstawienie wielu zmiennych na jednym czytelnym obrazie nie należy do prostych zadań. Étienne-Jules Marey (1830—1904) zrealizował je w nietypowej prezentacji. Przedstawił trasę, godziny odjazdów i przyjazdów, kierunek i prędkość jazdy, miejsce i czas postoju oraz punkty mijania dla linii kolejowej Paryż—Lyon w roku 1885⁶. Niezwykłe w swej istocie rozwiązanie do dziś zadziwia prostotą realizacji i skutecznością przekazu informacji. Nietypowy rozkład jazdy, podobnie jak inne grafiki, został zamieszczony m.in. w pracy W. Playfair (2005).

Epidemia cholery w Londynie

Jeden z najstarszych przykładów zobrazowania na mapie szerzącej się epidemii pochodzi z roku 1855 (Chen i in., 2008). W tym czasie w Londynie szerzyła się epidemia cholery. Dr John Snow (1813—1858) na podstawie opracowanej mapy dostrzegł koncentrację zachorowań i zgonów wokół studni znajdującej się przy Broad Street. Lokalizacja źródła zakażeń pozwoliła na opanowanie epidemii, która pochłonęła blisko 500 ofiar.

Przytoczone przykłady z historii metod graficznych pokazują niekonwencjonalne podejście do prezentacji danych statystycznych. W przypadkach dotyczących opieki nad żołnierzami brytyjskimi i epidemii cholery odpowiednio przygotowane zestawienia i prezentacje graficzne prowadziły do podjęcia działań, które w konsekwencji uratowały życie wielu ludzi. Wskazane przykłady dobitnie potwierdzają istotę metod statystycznych, ujętą przez C. R. Rao (1994): *Statystyka jest bardziej sposobem myślenia lub wnioskowania niż pęczkiem recept na mlócenie danych w celu odsłonięcia odpowiedzi*. Opisane przykłady zastosowania metod graficznych, a także wiele innych przedstawia linia czasu prezentacji graficznych dostępna na witrynie *Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization*⁷.

KLASYCZNE WYKRESY — OPROGRAMOWANIE

Pod pojęciem wykresu zazwyczaj rozumie się graficzną formę przedstawienia określonych wielkości, zależności, zmienności zjawiska lub procesu. Przygotowanie odpowiedniego wykresu wymaga obecnie odwołania się do właściwego programu komputerowego. Do przygotowania wykresów ilustrujących wyniki przeprowadzonych badań najczęściej wykorzystywany jest arkusz kalkulacyjny.

⁶ <http://marlenacompton.com/?p=103>.

⁷ <http://datavis.ca/milestones/>.

Arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel w wersji 2010 umożliwia wybór wykresu spośród 11 kategorii, a w każdej z tych kategorii wyróżniono wersje różniące się pewnymi opcjami. Przykładami dostępnych kategorii są wykresy: słupkowe, kołowe, liniowe, powierzchniowe i radarowe.

Wybór formy wykresu w głównej mierze zależy od typu analizowanych danych. Podstawową rolę odgrywa typ skali, na jakiej dokonano pomiaru. Klasyczna teoria pomiaru wyróżnia cztery skale: nominalną, porządkową, przedziałową i ilorazową.

Dwie pierwsze określane są jako słabe, a pozostałe jako mocne skale pomiarowe. Najczęściej na wykresach podawane są wyniki dla zmiennych mierzonych na skalach mocnych (np. histogram, wykres rozrzutu, pudełkowy, wykresy liniowe, regresja). Możliwości prezentacji danych rejestrowanych na skalach słabych są jednak bardzo różnorodne (np. wykresy słupkowe, kołowe, mozaikowe). Obszerne takie sposoby opisuje M. Friendly (2000). Kluczowe jednak są zawsze cele wynikające z przeprowadzanej analizy, a także w dużej mierze inwencja autora prezentacji. Inne zasady konstrukcji wykresów dotyczą danych jedno- i wielowymiarowych, szeregów czasowych, przestrzennych czy czasowo-przestrzennych. Typowym sposobem prezentacji danych przestrzennych są wykresy mapowe (kartogramy). W pewnej mierze wybór rodzaju wykresów, zwłaszcza nietypowych i rzadko stosowanych, jest determinowany przez oprogramowanie, którym posługuje się użytkownik.

P. Murrell (2006) opisując zastosowanie metod graficznych w analizie danych wyróżnia wykresy: dla jednej i wielu zmiennych, specjalistyczne wykresy oraz wykresy interaktywne.

NARZĘDZIA INFORMATYCZNE — PREZENTACJE GRAFICZNE

Obecnie osoba opisująca wyniki badań z wykorzystaniem metod graficznych praktycznie jest zmuszona do skorzystania z odpowiedniego programu komputerowego. Jest to duże ułatwienie, ale warto zauważyć, że przynosi to również pewne ograniczenia związane z możliwymi do wyboru rodzajami wykresów. Do najczęściej wykorzystywanych programów umożliwiających przygotowanie różnorodnych wykresów należy zaliczyć: arkusze kalkulacyjne (w tym Microsoft Excel), IBM Statistic (dawniej SPSS), Statistica, SAS, S-Plus, Mathematica, Matlab, Origin, Ggobi i R. Gretl. Autorzy opracowania A. Unwin i in. (2006) wymieniają również inne programy graficznej prezentacji danych, jak: Data Desk, ExploreN, KUMT, Limn, MANET, Mondrian, VizM, JMP czy Xlisp-Stat.

Ze względu na obszerność tematu przedstawiamy tylko zwięzłą charakterystykę możliwości graficznych programów R i Mathematica. Szczególną uwagę zwrócono na możliwości przygotowania grafiki umożliwiającej interakcję z użytkownikiem. Young i in. (2006) podkreślają, że grafika interaktywna w wyjątkowy sposób pozwala zobaczyć dane i uchwycić występujące prawidłowości. Możliwości interakcji z użytkownikiem udostępniają zarówno R, jak i Mathematica.

Program R

R jest dostępnym na licencji Open Source środowiskiem do obliczeń statystycznych. Program ten jest rozwijany przez statystyków z całego świata. W październiku 2013 r. dostępna była wersja 3.0.2. programu, a na stronach internetowych⁸, poza samym programem, dostępnych było ponad 5000 pakietów o bardzo różnorodnej tematyce. Zainstalowanie podstawowej wersji programu umożliwia konstrukcję wielu różnorodnych wykresów, jednak dołączenie pakietów przeznaczonych głównie lub przeważnie do przygotowania prezentacji graficznych istotnie te możliwości powiększa. Znaczna ich część po zainstalowaniu poszerza prezentacyjne możliwości programu. Niektóre pakiety o charakterze graficznym wraz z krótką ich charakterystyką przedstawia tablica.

TABL. WYBRANE PAKIETY ROZSZERZAJĄCE MOŻLIWOŚCI GRAFICZNE PROGRAMU R

Wyszczególnienie	Opis
graphics	pakiet graficzny do R; podstawowy pakiet graficzny
Lattice	implementacja Trellis grafiki w programie R
latticeExtra	rozszerzenie dla pakietu <i>lattice</i>
latticeist	interfejs użytkownika dla wizualnej eksploracji danych
ggplot2	przykłady z <i>The Grammar of Graphics</i> (Wilkinson, 2005)
GGally	rozszerzenie pakietu graficznego <i>ggplot2</i>
Grapher	interfejs do konstrukcji wykresów użytkownika
vcd	wizualizacja danych jakościowych
tableplot	wizualizacja danych z tablic wielodzielczych
RGraphics	dane i funkcje do książki <i>R Graphics</i> (Murrell, 2006)
maps	wykreślanie map (kartogramy)
plotrix	różne dodatkowe funkcje graficzne
rggobi	interfejs łączący program R z systemem graficznym Ggobi
gplots	zestaw funkcji do graficznej prezentacji danych
grid	pakiet graficzny
gridBase	interfejs dla pakietów <i>base</i> i <i>grid</i>
googleVis	interfejs do Google Chart Tools
RGoogleMaps	mapy Google w R
animation	konstrukcja animacji statystycznych wraz z przykładami
iplots	interaktywna grafika w R
prettyGraphs	przygotowanie grafiki do publikacji
playwith	graficzny interfejs wspomagający wykresy interaktywne
igraph	analiza sieciowa wraz z wizualizacją
JavaGD	graficzny interfejs do procedur Java
scatterplot3d	trójwymiarowe wykresy rozrzutu
misc3d	różnorodna trójwymiarowa grafika
diagram	wizualizacja systemów sieciowych i diagramów przepływu
RColorBrewer	zestaw palet kolorystycznych
colorspace	zestaw palet kolorystycznych
grDevices	zestaw czcionek i kolorów

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji programu R.

⁸ <http://www.r-project.org>.

Po zainstalowaniu pakietu *TeachingDemos* użytkownik uzyskuje dostęp do wielu przykładów interaktywnych o charakterze dydaktycznym. Na wyk. 2 przedstawiono graficzną prezentację zależności pomiędzy wartością współczynnika korelacji liniowej i układem chmury punktów na wykresie rozrzutu.

Mathematica i zasoby Wolfram Demonstration Project

Przedstawiając możliwości programów w prezentacji danych należy wspomnieć o szczególnych zaletach, jakie ma program Mathematica. Program jest rozwijany od roku 1986 (obecnie dostępna jest wersja 9.0.1). Głównym przeznaczeniem programu i zarazem jego największą zaletą jest możliwość wykonywania nawet bardzo złożonych obliczeń symbolicznych. Mathematica zapewnia również zaawansowane możliwości prezentacji graficznych. Do przygotowywanych wykresów można stosunkowo prosto dołączyć możliwości interakcji, co czyni ten program niezwykle przydatnym w dydaktyce (Landwehr, 1990) i prezentacji danych.

Do rysunków i wykresów przygotowanych w programie Mathematica poprzez wprowadzenie komendy *Manipulate* można dodać interakcję. Użytkownik może poprzez zmianę wartości określonych parametrów obserwować konsekwencje w obrazie graficznym. Przykład dotyczący zmiany kształtu gęstości rozkładu normalnego dwuwymiarowego pokazuje wykr. 3.

Program Mathematica umożliwia zapis interaktywnej grafiki w dokumentach CDF (*computable data format*). Są one podobne do powszechnie znanych dokumentów PDF (*portable data format*), jednak umożliwiają użytkownikowi interakcję. Do przeglądania dokumentów CDF wystarczy pobrać darmowy cdf Player⁹.

Gapminder World

W roku 2006 H. Rosling, na co dzień zajmujący się problemami zdrowia, podczas prezentacji TED (*Technology, Entertainment and Design*) przeniósł metody graficzne przekazu w nowy wymiar¹⁰. Tak interesujący sposób przekazu, przystępny dla licznych grup odbiorców, znalazł odzwierciedlenie w programie Gapminder World¹¹. Program umożliwia śledzenie wielu wybranych cech dotyczących prawie wszystkich państw świata. Dostępne zmienne są ujęte w następujących kategoriach (w nawiasach podano przykłady zmiennych z danej kategorii):

⁹ <http://www.wolfram.com/cdf-player/>.

¹⁰ Prezentacja TED: http://www.ted.com/talks/hans_rosling_shows_the_best_stats_you_ve_ever_seen.html.

¹¹ <http://www.gapminder.org/>.

- ekonomia (PKB na osobę, eksport i import w stosunku do PKB, inflacja);
- społeczeństwo (liczba zabójstw, indeks korupcji, HDI — *human development index*);
- edukacja (koszty związane z szkolnictwem, przeciętny czas nauki w szkole);
- energia (zużycie energii, elektrownie wodne i jądrowe);
- środowisko (trzęsienia ziemi, epidemie, emisja CO₂);
- zdrowie (śmiertelność niemowląt, wydatki na ochronę zdrowia, liczba lekarzy);
- infrastruktura (liczba: telefonów, użytkowników Internetu, komputerów);
- populacja (liczba ludności, liczba ludności według wieku, wzrost populacji);
- praca (zatrudnienie w rolnictwie i w przemyśle, liczba bezrobotnych).

Każda z kategorii zawiera wiele zmiennych. Po wybraniu dwóch zmiennych (oś OX i OY) prezentowany jest obraz, jak na wykr. 4. Koła na wykresie oznaczają państwa. Wielkość kół odpowiada liczbie ludności danego kraju (można przypisać inną zmienną). Kolor kół jest zależny od położenia geograficznego. Po uruchomieniu prezentacji użytkownik ma możliwość obserwowania zmian w zadanym okresie (lata 1800—2012).

Materiały interaktywne na witryny WWW

Od wielu lat strony internetowe są dynamiczne, reagują na zachowanie użytkownika. Pozwala to na konstrukcję stron przedstawiających interaktywną grafikę, a w szczególności umożliwia przygotowanie stron z dynamiczną prezentacją zbiorów danych i wyników analiz statystycznych.

Opisane wcześniej dokumenty CDF, przygotowane w programie Mathematica, mogą być udostępniane na stronach internetowych. W takim przypadku użytkownik ma możliwość przeprowadzania interakcji bezpośrednio podczas przeglądania strony WWW. Do prawidłowego funkcjonowania dokumentu po stronie użytkownika niezbędna jest instalacja darmowego cdf Playera. W witrynie Wolfram Demonstrations¹² dostępnych jest kilka tysięcy interaktywnych prezentacji. Kilkaś z nich dotyczy zagadnień rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Bogaty zestaw takich prezentacji, pochodzących z zasobów Wolfram Demonstrations, zamieszczono pod adresem <http://ue.katowice.pl/wolfram>.

WYKRESY A WNIOSKOWANIE STATYSTYCZNE

Bardzo często prezentacje graficzne odbierane są jako wyłącznie element pozwalający na opis zbiorowości (statystyka opisowa). W dużej mierze tak właśnie jest, ale są również elementy grafiki statystycznej umożliwiające przeprowadzenie wnioskowania statystycznego, a przynajmniej znacznie je wspomagające (statystyka matematyczna). Metody graficzne mogą być przede wszystkim pomocne w testowaniu normalności rozkładów (*qqplot*, *qqnorm*) lub zgodności z innym zadany rozkładem (np. podwieszony histogram), określaniu przedziałów predykcji (*predict*) oraz testowaniu niezależności zmiennych (*mosaic plot*). Wiele różnych pakietów programu R pozwala na wykorzystanie metod graficznych do wnioskowania statystycznego. Przykładem może być pakiet programu R o nazwie *gMCP*, który przeznaczony jest do graficznego wspomaganie testowania wielokrotnego. Na wyk. 5 przedstawiono graficzny obraz testowania zgodności danych empirycznych z rozkładem chi-kwadrat o 5 stopniach swobody oraz wykres estymatora gęstości otrzymanej metodą estymacji jądrowej.

Do metod wnioskowania statystycznego realizowanych w znacznym stopniu z wykorzystaniem odpowiednich wykresów można zaliczyć m.in.:

- testowanie normalności rozkładu (wykresy *qqplot*, *qqnorm*),
- nieparametryczna estymacja funkcji gęstości (histogram, estymacja jądrowa),
- przedziały ufności i predykcji dla regresji (pakiet *forecast*),
- testowanie wielokrotne (pakiet *gMCP*),
- testowanie niezależności (wykresy mozaikowe),
- testowanie warunkowej niezależności (pakiet *gRbase*).

Wymienione procedury graficzne niejako w tle zawierają obliczenia i wyniki analityczne, ale często dopiero połączenie rezultatów liczbowych (jak np. *p*-wartość w testowaniu hipotez) i graficzny obraz zjawiska pozwalają doświadczonemu statystykowi wyciągnąć właściwe wnioski (testowanie zgodności na wyk. 5).

¹² <http://demonstrations.wolfram.com/>.

Zakończenie

W ostatnich latach nastąpił znaczny wzrost wykorzystywania komputerów zarówno w badaniach naukowych, jak i w procesie dydaktycznym. Rozwój metod graficznych umożliwił przedstawianie wyników badań w formie czytelnych wykresów i prezentacji graficznych. Otwiera to nowe perspektywy dotarcia z wiedzą statystyczną do licznych rzesz odbiorców. Prezentacja graficzna stanowi atrakcyjny i zarazem przystępny dla przeciętnego odbiorcy sposób przekazania informacji. Percepcja wzrokowa jest szybsza niż odczytywanie wielu liczb i tabel. Dobrze wykonane wykresy są bardzo pomocne w interpretacji i prognozowaniu obserwowanych zjawisk. Graficzna forma przedstawiania wyników badań ma bardzo duże znaczenie w nauczaniu statystyki, zwłaszcza dzięki możliwości wykorzystywania prezentacji interaktywnych. Dobrze przygotowana prezentacja może być bardzo skutecznym narzędziem zaznajomienia odbiorcy z podstawami metod statystycznych. Dotarcie do wielu odbiorców sprzyja popularyzacji wiedzy i metod statystycznych w całym społeczeństwie.

dr hab. Grzegorz Kończak — *Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*

LITERATURA

- Chen C., Hardle W., Unwin A. (2008), *Handbook of Data Visualization*, Springer-Verlag, Berlin
- Friendly M. (2000), *Visualizing Categorical Data*, Cary, NC: SAS Press
- Jeleński Sz. (1974), *Śladami Pitagorasa*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa
- Landwehr J. (1990), *Statistical Graphics: Developments from Statistical Practice into Statistical Education*, ICOTS
- Murrell P. (2006), *R Graphics*, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton
- Playfair W. (2005), *Playfair's Commercial and Political Atlas and Statistical Breviary*, Cambridge, London
- Rao C. R. (1994), *Statystyka i prawda*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa
- Tufte E. R. (1983), *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire, CT: Graphics Press
- Unwin A., Theus M., Hofmann H. (2006), *Graphics of Large Datasets*, Springer New York
- Wilkinson L. (2005), *The Grammar of Graphics*, Springer New York
- Young F. W., Valero-Mora P. M., Friendly M. (2006), *Visual Statistics. Seeing Data with Dynamic Interactive Graphics*, A John Wiley & Sons Inc., New Jersey

SUMMARY

The author presents statistical data visualization methods available in commercial computer packages and R — graphs (including interactive) environment as well as animations and graphics. At the same time he points the large possi-

bilities of using these methods in the study of statistics, the dissemination of knowledge about statistics and the friendly interface of user programs.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены методы визуализации статистических данных с применением доступных в коммерческих компьютерных пакетах, а также в среде программирования R — диаграммы (в том числе интерактивные), анимации и графические презентации. Одновременно статья указывает на большие возможности использования этих методов в обучении статистике и популяризации статистических знаний. Подчеркивает также дружественный интерфейс для пользователей программ.