

Bezpłatne oprogramowanie komputerowe przydatne do analizy danych ekologicznych

Free and open source software for analysis of ecological data

DAMIAN CHMURA

*Institut Ochrony i Inżynierii Środowiska
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
40–309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2
e-mail: dchmura@ath.bielsko.pl*

Słowa kluczowe: *freeware*, projekt R, GNU GPL, programy komputerowe, ekologia.

W artykule przedstawiono przegląd darmowego oprogramowania, które może być użyteczne w codziennej pracy ekologa. Oprócz bezpłatnych programów typu *freeware* omówiono tzw. wolne oprogramowanie (angielski termin *open source*) oznaczające, że zawiera ono dostęp do kodu programu, który użytkownik może modyfikować). Na ogół takie oprogramowanie jest bezpłatnie dystrybuowane. Omówiono kilka przykładowych programów umożliwiających zarówno statystyczny opis danych, jak i bardziej złożone analizy, w tym wielowymiarowe. Pod względem technicznym narzędzia te obejmują zarówno specyficzne języki oprogramowania, samodzielne programy dla platformy MS Windows, dodatki do arkusza kalkulacyjnego MS Excel, jak i interaktywne programy działające *on-line*. Wszystkie z nich są albo oprogramowaniem ogólnego przeznaczenia albo mają charakter bardziej specjalistyczny dla botaników, zoologów i ekologów ewolucyjnych zajmujących się roślinami i zwierzętami. Nadto wspomniano o pakietach biurowych kompatybilnych z produktami Microsoftu.

Wstęp

Rozwój komputerów i internetu przyczynił się do powstania i popularności wielu technik oraz metod analitycznych w badaniach naukowych. Żmudne ręczne obliczenia, użytkowanie maszyn do pisania i rysunek techniczny zostały zastąpione przez odpowiednie programy statystyczne, edytory tekstu i aplikacje graficzne. Oprócz zwykle drogich programów komercyjnych dostępne są również programy określane jako „wolne”. Wolne i bezpłatne oprogramowanie kojarzy się przeciętnemu użytkownikowi komputera z oznaczeniem *freeware* programów ściąganych z sieci lub z darmowym systemem operacyjnym typu LINUX. Sprawa nie jest taka prosta. „Bezpłatne” wcale nie musi oznaczać wolnego oprogramowania, a „wolne” – pro-

gramów, z których można korzystać za darmo. Pojęcie „programy wolne” *sensu stricto* jest bowiem tłumaczeniem angielskiego określenia *open source* i oznacza aplikacje mające dostęp do kodu źródłowego, umożliwiające użytkownikowi modyfikację programu na własne potrzeby za darmo lub za opłatą. Wolne i bezpłatne oprogramowanie czasem określa się pod zbiorczym terminem FLOSS (*Free/Libre Open Source Software*), a po polsku jako WiOO (wolne i otwarte oprogramowanie). Z pojęciem wolnego oprogramowania związany jest także akronim GNU GPL (*general public license*) – jedna z wielu licencji określających prawa użytkownika do kopiowania, modyfikowania i redystrybucji programów. Terminologia dotycząca podziału oprogramowania ze względu na kwestie

prawne, typ licencji, dostępu do kodu itp. jest bogata i najlepiej ją prześledzić na stronach wikipedii (www.wikipedia.pl).

W niniejszej pracy cechą wspólną prezentowanych programów jest darmowa dystrybucja bez względu na formę lub brak dostępu do kodu. W internecie można znaleźć mnóstwo programów dla botaników, zoologów, genetyków, specjalistów od biologii molekularnej, udostępnianych za darmo. Zasoby w sieci wciąż rosną, dlatego, siłą rzeczy, dokonano wrywkowego przeglądu oprogramowania, głównie w oparciu o własne potrzeby, tak jak to uczynili Tufto i Cavallini (2005) w podobnej pracy.

Język i Środowisko R

Zwany czasem pakietem lub projektem R ma potężne możliwości analityczne oraz prezentacji graficznych (R Development Core Team 2010). Jest to bezpłatna i wolna wersja języka S+. R jest nie tylko wyspecjalizowanym językiem oprogramowania, lecz także środowiskiem umożliwiającym dokonywanie obliczeń statystycznych i wizualizacji danych za pomocą około 2360 pakietów (stan na maj 2010 r). Został on stworzony w Bell Laboratories (dawniejsze AT&T, obecnie Lucent Technologies) przez Johna Chambersa i jego współpracowników. Objęty jest licencją GNU GPL i można go ściągnąć z wielu serwerów w tym również z polskich uczelni (www.r-project.org).

Pakiet R stanowi niemałą konkurencję dla wiodących programów statystycznych, takich jak SAS, STATISTICA, SPSS, gdyż posiada całą gamę technik statystycznych (od statystyk opisowych do złożonych liniowych i nieliniowych modeli, statystyk bayesowskich, analiz sieci neuronowych, *data mining* itp.), dając wykresy o jakości nadającej się wprost do publikacji.

Największą bodaj zaletą jest mnogość bardzo specjalistycznych technik. Na przykład, dla fitosocjologów interesujący może się okazać pakiet **vegan**, który dostarcza wielu popularnych technik ordynacyjnych, jak PCA, DCA, CCA, RDA, NMDS – powszechne w komercyjnych programach, np. CANOCO, PC ORD, MVSP. Inne przykładowe ekologiczne pakiety działające w środowisku R to **Ade4**, **Adehabitat**, **agricolae**, **BiodiversityR**, **cocorresp**, **eco**, **gravity**, **Labdsv**,

simecol, **Rcapture**, by wspomnieć tylko kilka. Umożliwiają one dokonywanie obliczeń m.in. z zakresu ekologii zbiorowiska, doświadczalnicstwa rolniczego i ekologii populacji.

W ramach środowiska R istnieje grupa pakietów zwana **Bioconductor**, których część działa samodzielnie lub w innych platformach programistycznych. Zadaniem tych programów jest analiza danych genetycznych, coraz częściej mających zastosowanie w nowoczesnej ekologii.

Największą trudność początkującemu użytkownikowi środowiska R sprawia ubogi interfejs i konieczność nauczania się komend. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, stworzono pakiety typu GUI (*graphical user interface*), wśród których bodaj najlepszy to pakiet Rcmdr (*R commander*). Pełni on podobną funkcję, co SAS EG, umożliwiając początkującym użytkownikom „intuicyjne” korzystanie z niektórych możliwości pakietu. W pakiecie Rcmdr, „klikając” myszką łatwo zaimportować dane z popularnych arkuszy kalkulacyjnych – np. MS Excel, plików tekstowych lub schowka oraz wykonać podstawowe analizy i rysunki. Jednakże przeprowadzenie większości analiz wymaga znajomości komend oraz podstaw składni R. W przeciwieństwie do komercyjnych programów, pakiet R jest aktualizowany co kilka dni, jeśli nie codziennie. Stąd też wszelkie nowości najszybciej trafiają właśnie tutaj, chociaż w postaci bardzo prostej dla programisty, czyli w systemie komend. Na szczęście pojawiło się w internecie kilka podręczników (instrukcji obsługi) po polsku, z których bodaj pierwszy i zarazem najlepszy to artykuł Komsty (2004). Można tam znaleźć przykłady najprostszych komend i objaśnień działania programu oraz jego składni. Niedawno pojawiły się na rynku dwie publikacje: *Przewodnik po pakiecie R* (Biecek 2008) – przeznaczony, zgodnie z intencjami autora, dla początkujących amatorów i zaawansowanych specjalistów, oraz *Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem programu R* (Walesiak, Gatnar 2009) – z założenia podręcznik akademicki.

Dla porządku warto nadmienić, że istnieje jeszcze inne platformy i statystyczne języki oprogramowania, takie jak np. **Octave**, **J**, **Ox**, lecz ich przydatność jest większa dla matematyków aniżeli biologów.

OpenStat – to program statystyczny, ale w przeciwieństwie do projektu R posiada graficzny interfejs. Jest dostępny także w wersji *portable*, czyli może być uruchamiany z zewnętrznego nośnika, np. pamięci flash. Ma on interfejs zbliżony do programu SPSS. Możliwości programu, jak na projekt rozwijany przez jednego członka Wiliama Millera (2010), są imponujące. OpenStat zawiera zarówno testy parametryczne i nieparametryczne, jak i analizę wariancji, regresji, korelacji, analizy sieci neuronowych, analizy wielowymiarowe, symulacje, analizę pomiaru i rzetelności, rozwiązania biznesowe i inne. Mimo że nie zawiera żadnych specyficznych testów używanych wyłącznie w ekologii, jako program ogólnostatystyczny znajdzie dla badacza ekologa również zastosowanie. Innym ciekawym programem jest **Kyplot** (Yoshioka 2001). Jego możliwości są uboższe, lecz ma podstawowe testy: statystyki opisowe, proste testy parametryczne i nieparametryczne (testy na różnicę w średniej, analizę kontyngencji, korelację, regresję), analizy wielowymiarowe, analizę przeżycia. Ma wygląd arkusza kalkulacyjnego i, podobnie jak Excel, funkcje matematyczne oraz statystyczne uruchamiane tak jak w tamtym programie. Ciekawostką są nieparametryczne testy *post hoc*, niedostępne w innych pakietach. Od niedawna kolejne wersje tego programu mają charakter komercyjny, ale w sieci osiągalna jest darmowa wcześniejsza wersja, w której można znaleźć wszystko to, co wyżej opisano.

Większość programów dostępnych za darmo w internecie to aplikacje wykonujące pojedyncze analizy, uruchamiane jako pliki z rozszerzeniem *exe*, niewymagające instalacji. Dla przykładu można podać bardzo prosty, a jednocześnie przydatny program „Analysis of Contingency Tables” (Legg 2004), który – jak nazwa wskazuje – wykonuje testy do analizy proporcji, niezależności cech niemierzalnych (jakościowych), takie jak: chi-kwadrat, test G, test Fishera z poprawkami Yatesa, Williamsa. Programem z tej grupy aplikacji, który najprawdopodobniej posiada najwięcej możliwości, jest **PAST** (Hammer i in. 2001). Wykonuje on zarówno podstawowe testy parametryczne czy nieparametryczne, jak i analizy wielowymiarowe, testy autokorelacji, serie

czasowe, różne obliczenia wskaźników bioróżnorodności, modelowanie oraz wiele innych.

Nakładki i dodatki do Excela

Wielu użytkowników komputera korzysta z pakietu Microsoft Office, w tym arkusza kalkulacyjnego Excel. To dla nich powstały programy rozszerzające możliwości tej aplikacji. Należy do nich również tworzony przez producenta dodatek Analysis Tool-Pack posiadający podstawowe funkcje statystyczne, takie jak ANOVA, testy Studenta, korelacje Pearsona itp. Inne narzędzia z tej grupy, np. **DSTAAT** (Onofri 2006) i **Merlin** (Millar 2006), wzbogacają ofertę Excela w wiele przydatnych testów statystycznych, niedostępnych w tym programie. DSTAAT oferuje m.in. testy *post hoc*, np. test NIR Fishera, Sheffego, Tukeya, Duncana. W sumie daje możliwość przeanalizowania 23 typów układów eksperymentalnych, takich jak układy blokowe, układy rozszczepieniowe, 1–4-czynnikowa ANOVA, w modelu losowym i ustalonym, przydatnych w doświadczałnictwie rolniczym. Program **Merlin** z kolei zawiera testy nieparametryczne, np. *U* Manna-Whitney’a, Kruskala-Wallisa, korelację Spearmana, które są często bardziej przydatne do analizy danych terenowych (z powodu braku spełnienia wielu założeń) niż testy parametryczne. Ponadto program umożliwia oszacowanie wielkości populacji zwierząt na podstawie odłowienia (technika *capture-mark-recapture*), czyli metoda oszacowania według Lincolna–Petersena i według Schnabela, oraz oblicza wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona–Wienera.

Metody oszacowania populacji można znaleźć również w programie **PopTools** (Hood 2009). Oprócz dwóch wyżej wymienionych, program oferuje technikę Jolly–Sebera. Podobnie jak poprzednie dwie aplikacje, program PopTools także instaluje się jako dodatek do Excela. Program współpracuje również z pakietem R przy przygotowywaniu dla niego macierzy danych. Posiada on niewiele standardowych technik statystycznych, np. ANOVA, statystyki opisowe, test chi-kwadrat, regresję prostoliniową. Natomiast nie brak tam rzadziej spotykanych, jak: test Mantela, test G, iloraz szans, autokorelację, nie wspomi-

nając o narzędziach symulacyjnych, takich jak technika Monte Carlo, techniki bootstrapowe, ordynację PCA, CA i obliczanie odległości (m.in. Euklidesowej, Bray-Curtisa, Jaccarda, Sorensena), by wymienić tylko kilka. Dodatkowo do Excela oferującym wyłącznie analizy ordynacyjne jest też **Biplot** (m.in. PCA, CA, CCA, RDA).

Programy specjalistyczne

W badaniach populacji zwierząt warto poświęcić trochę uwagi pakietowi **MARK** (White, Burnham 1999), który udostępnia wiele metod szacowania parametrów demograficznych populacji – wielkości, struktury wiekowej, krzywych przeżywalności itp. Jest to bodaj najpopularniejszy darmowy program do tego typu analiz. Ważną zaletą aplikacji jest to, że jedno narzędzie umożliwia zastosowanie niemal wszystkich standardowych analiz demograficznych. Aplikacja rozwijana jest już od dłuższego czasu, stąd też istnieją fora internetowe grupujące użytkowników tego programu, a także odbywają się warsztaty, na których badacze mogą wymienić się doświadczeniami.

W przypadku fitosocjologii od dawna jest dostępnych w internecie kilka programów. Ich krótką charakterystykę przedstawił Dzwonko (2007). Jednym z pierwszych jest program **Mulva** (Wildi, Orłóci 1996) służący do układania tabel zbiorczych zdjęć fitosocjologicznych na podstawie analizy zgodności i minimalnej wariancji lub zupełnych połączeń. Rezultatem uporządkowania danych są bloki zdjęć i gatunków ułożone zgodnie z wynikami analizy koncentracji przy zastosowaniu różnych sposobów transformacji danych i miar odległości.

JUICE, rozwijany od 1998 roku (Tichy 2002), jest dostępny jedynie na platformie Windows. Umożliwia edytowanie, klasyfikację i analizę dużych zbiorów zdjęć fitosocjologicznych (do 100 tysięcy). Prosty interfejs pozwala na ręczne edytowanie danych gatunków w tabeli. Różne opcje analizy danych zawierają m.in. metodę COCTAIL, TWINSPAN (również nazwa osobnego programu), metody klasyfikacji, grupowania, obliczania międzygatunkowych związków, miary wierności, średnich wartości Ellenberga, sortowania i eksportu danych do innych progra-

mów. Aplikacja ta współpracuje z innymi, zarówno darmowymi (projekt R, MULVA), jak i komercyjnymi programami – PC-ORD, SYN-TAX, CANOCO, DMAP, TURBOVEG (Hennekens, Schaminee 2001). Ten ostatni program, choć jest komercyjny, to jednak wyznacza pewne standardy co do tworzenia bazy zdjęć fitosocjologicznych. Innym programem współpracującym z TURBOVEG jest **TABWIN** (Pepller-Lisbach 2006) – uboższy od aplikacji JUICE, ale zawierający podstawowe funkcje przydatne w konstruowaniu tabel zbiorczych, ich przechowywaniu, wyliczaniu średnich wartości Ellenberga. Dane można też eksportować z programów MULVA, CANOCO, JUICE. Program jest w języku niemieckim (co można uznać za mankament), lecz została przygotowana stosowna wersja pomocy *on-line* w języku angielskim.

Biodiversity Pro to program, który jak sugeruje nazwa, służy do obliczania różnych wskaźników bioróżnorodności gatunkowej – alfa i beta różnorodności. Jest ich tutaj dużo, m.in.: wskaźniki Shannona (H i J), Alfa, Caswella, Bergera–Parkera, Mctinosh (U i D), Simpsona, Margalefa, model złamanego kija (*broken stick model*), SHE analysis i inne. Ponadto program zawiera metody porównania prób (analizę skupień, macierze odległości i podobieństwa), PCA, CA i statystyki opisowe.

EcoSim (Gotelli, Estminger 2001) to z kolei program do analizy zerowego modelu w ekologii zbiorowiska. Modele zerowe są oparte na zasadzie, że wzorce w danych nie odzwierciedlają biologicznych procesów, lecz przypadek lub wpływ sposobu zbierania danych. Alternatywą dla tej hipotezy jest teza, że różnice między zbiorowiskami i zespołami wynikają z odmiennych wymagań siedliskowych gatunków, które rzutują na ich zdolności przeżywania, zadawania się oraz trwania w danych układach biologicznych. Umożliwia tworzenie „pseudozbiorowisk” i porównywanie ich wzorców z macierzą opartą na prawdziwych danych terenowych. W tym celu jest wykorzystywany test Monte Carlo. Program zawiera także moduły obliczające wskaźniki różnorodności gatunkowej, nakładania się nisz, rozmiaru niszy, współwystępowania gatunków, rozkładu gatunków w zespole, struktury gildii (grup funkcjonalnych gatunków),

a także standardowe testy, jak ANOVA, regresję, tablice kontyngencji, test serii.

Programy działające on-line – oprócz programów „ściągalnych” z sieci można użyć takich, które są na danej stronie internetowej, zaimportować dane i wykonać potrzebne analizy. Działają one najczęściej w technologii Java Script lub Flash. Jednym z takich programów jest **BrightStat** (Stricker 2008). Użycie tej aplikacji wymaga wcześniejszego zarejestrowania się i zalogowania. Posiada większość standardowych testów parametrycznych i nieparametrycznych, a nawet kilka niespotykanych gdzie indziej, np. nieparametryczny test *post hoc* (Schaich i Hamerle). Jednak wiele analiz statystycznych w internecie można przeprowadzić pojedynczo na danej stronie internetowej za pomocą różnego rodzaju kalkulatorów opartych głównie na technologii Java. Na szczęście istnieją portale z mnóstwem linków do stron oferujących wybrane analizy. Należy do nich portal Johna C. Pezzulo (2008), na którym umieszczono ponad 600 linków, w tym przeszło 380 linków do interaktywnych stron. Oprócz odnośników do aplikacji są umieszczone adresy stron www z internetowymi poradnikami, instrukcji obsługi, wersjami demo itp.

Spośród programów dla ekologów pomocna może być strona Byersa (2007) zawierająca przeróżne aplikacje przydatne szczególnie zoologom. Można tu odnaleźć kalkulatory i interaktywne programy z różnych dziedzin: taksonomi, systematyki, chorologii, ekologii „chemicznej”, analizy zachowania się. Podobnie rzecz się ma ze stroną Roberta P. Gendrona (2010), na której zamieszczono m.in. programy z zakresu ekologii populacji i analizy modelu Lotki-Volterra, a ponadto linki do wielu podobnych stron.

Ważną i popularną grupą programów ułatwiających planowanie eksperymentów są, działające niemal wyłącznie *on-line*, narzędzia do oceny niezbędnej do eksperymentów liczebności prób (np. http://www.dssresearch.com/toolkit/sscalc/size_p2.asp). Ich użyteczność zwiększa fakt, że poza środowiskiem R oraz SAS procedury szacowania wymaganych liczebności prób dla testów nieparametrycznych oraz frekwencji nie są implementowane w powszechnie znanych programach statystycznych.

Inne programy do badań kameralnych

Pisanie i tworzenie publikacji naukowej: artykułu, notatki, posteru czy pisanie pracy dyplomowej lub ekspertyzy nie obędzie się bez posiadania pakietu biurowego. Jednym z najbardziej popularnych jest pakiet biurowy OpenOffice.org (i jego pochodne, jak OpenOffice.ux.pl z otwartym kodem), stworzony na bazie StarOffice firmy Sun Microsystems (Łazęcka 2000). Pakiet obejmuje m.in.: edytor tekstu, arkusz kalkulacyjny, edytor grafiki wektorowej, program bazodanowy oraz aplikację do tworzenia prezentacji. Nasi południowi sąsiedzi – czeska firma – 602software od 1989 rozwija pakiet 602PC suite – zawierający, podobnie jak OpenOffice (i inne prezentowane programy), zestaw aplikacji biurowych (edytor tekstu, arkusz kalkulacyjny) kompatybilnych z produktami Microsoftu – pakietem Mc Office. Inne znane pakiety to EasyOffice – zawierający liczne aplikacje, obok standardowych, posiada także przeglądarkę plików PDF, klienta poczty e-mail, aplikację do archiwizowania danych i wiele innych. Natomiast GNOME, stworzony z myślą o systemach Linux i Unix, działający także w systemie Microsoft Windows, jest przypuszczalnie najbardziej znany z edytorów grafiki rastrowej GIMP i grafiki wektorowej Inkspace. Oprócz wymienionych aplikacji ma wszystkie podstawowe składniki do pracy biurowej. Coraz większą popularność zdobywają programy biurowe, które można wgrać na pamięć zewnętrzną *flash* i z niej uruchomić np. Tiny USB, Floppy Office lub przenośną wersję pakietu OpenOffice, czyli Portable OpenOffice i bardziej rozbudowaną PortableApps Suite Lite.

Przyszłością są zapewne aplikacje uruchamiane w internecie, gdzie użytkownik komputera będzie mógł zalogować się do swojego konta i pracując na swoich dokumentach edytować, ściągać, zapisywać i udostępniać je innym. Taką usługę oferuje już firma Google.

PIŚMIENICTWO

- Biecek P. 2008. Przewodnik po pakiecie R. Monografia. Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław.
- Byers J. 2007. [<http://www.chemical-ecology.net/software.htm>].

- Dzwonko Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Sorus, Inst. Bot. UJ. Poznań–Kraków.
- Gendron R.P. 2010. [<http://nsm1.nsm.iup.edu/rgendron/Software.shtml>]
- Gotelli N.J., Entsminger G.L. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear [<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>].
- Hammer R., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electr.* 4 (1): 9.
- Hennekens S.M., Schaminee J.H.J. 2001. Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *J. Veg. Sci.* 12: 589–591
- Hood G.M. 2009. PopTools version 2.7.13.1.0 [www.cse.csiro.au/poptools].
- Komsta Ł. 2004. Wprowadzenie do środowiska R [www.komsta.net].
- Legg C. 2004. Analysis of Contingency Tables. Free software for ecologists [www.geos.ed.ac.uk/abs/research/plants/software].
- Łazęcka B. 2000. StarOffice 5.2 PL. Wszystko w jednym. Wyd. Mikom, Warszawa.
- Millar N. 2006. Merlin Statistics Add-in for Biology Students [<http://www.heckgrammar.kirklees.sch.uk>].
- Miller W.G. 2010. Stats4U Version 1 (OpenStat). [<http://www.statpages.org/miller/openstat>].
- Onofri A. 2006. Enhancing Excel capability to perform statistical analyses in agriculture applied research. International Association for statistical Computing. *Comput. Stat. Data Anal. – Stat. Software News.* 15.02.2006 [www.csdassn.org/softlist.cfm].
- Peppler-Lisbach C. 2006. Tabwin [<http://www.lan-deco.uni-oldenburg.de/21346.html>].
- Pezzullo J.C. 2008. [<http://statpages.org>].
- R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [www.r-project.org].
- Smith E.P. 2001. Biplot and Singular Value Decomposition Macros for Excel [<http://www.stat.vt.edu/facstaff/epsmith.html>].
- Stricker D. 2008. BrightStat [<http://www.brightstat.com>].
- Tichy L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.* 13: 451–453.
- Tufto J., Cavallini P. 2005. Should wildlife biologists use free software? *Wildl. Biol.* 11 (1): 67–76.
- Walesiak M., Gatnar E. 2009. Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem programu R. Wyd. Nauk. PWN.
- White G.C., Burnham K.P. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Stud.* 46 (Suppl.): 120–138.
- Wildi O., Orlóci L. 1996. Numerical Exploration of Community Patterns. A guide to the use of MUV-LVA-5, wyd. 2. SPB Academic Publishing b.v., Amsterdam.
- Yoshioka K. 2001. [www.woundedmoon.org/win32/kyplot.html].

SUMMARY

Chmura D. Free and open source software for analysis of ecological data

Chrońmy Przyr. Ojcz. 66 (3): 163–168, 2010

The paper presents a review of free software which may be useful in daily work of ecologist. The free software is understood in a way that it is freely distributed (non-commercial) and must include source code which can be modified by a user. In the paper some statistical programs for descriptive and more advanced multivariate analyses were mentioned including programming language, Excel-add-ins, software for Windows, interactive online programs. All of them are general statistical software or specialist programs for botanists, zoologists, evolutionary plant and animal ecologists. At the end office software packages were discussed which are compatible with products of Microsoft.