

Роїк М.В.,

доктор с.-г. наук, академік НААН України, директор Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, перший віце-президент ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», м. Київ,

Присяжнюк О. І.,

к.с.-г.н, с.н.с., завідувач лабораторії математичного моделювання та інформаційних технологій, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ,

Денисюк В.О.,

к.т.н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Огляд програмних засобів статистичного аналізу даних

M.Roik, Doctor, Academician of NAAS of Ukraine, Director of Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, first vice-president of TRPC "Ukrainian scientific-education Consortium", Kyiv,

O.Prysiashniuk, PhD, senior staff scientist, manager of laboratory of mathematical design and information technologies, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, Kyiv

V.Denysiuk, PhD, associate professor, associate professor of economic cybernetics department, Vinnytsya national agrarian university, Vinnytsya

Review of software for statistical data analysis

Анотація

Стаття присвячена дослідженню можливостей розповсюджених сучасних статистичних пакетів обробки даних. Сформульовані основні рекомендації по вибору професійних, універсальних та спеціалізованих статистичних пакетів.

Summary

The article is devoted to research of widespread modern statistical packages possibilities of data processing. The set forth basic recommendations are on the choice of professional, universal and specialized statistical packages.

Ключові слова: економічна інформація, програмне забезпечення, статистичний пакет.

Keywords: economic information, software, statistical package.

Постановка проблеми

Незамінним інструментом сучасних дослідників є програми для наукових розрахунків. Розвиток обчислювальних методів зробив можливим розв'язання різноманітних по складності наукових завдань за допомогою обчислювальної техніки. Програмне забезпечення (ПЗ) розробляється багатьма організаціями, як невеликими компаніями, так і великими корпораціями світового рівня. Випускаються спеціалізовані програми для самих різних дисциплін - математики, астрономії, хімії, фізики, біології, лінгвістики, інженерії, розробки штучного інтелекту тощо. ПЗ необхідне як при елементарному відтворенні графіків, так і при обробці великих масивів інформації, зібраної науковими приладами. Більше 90% учених використовують у своїй практиці програми для наукових розрахунків. 50% розробляють власні програми, а майже 70% вважають, що сучасні наукові дослідження неможливі без застосування комп'ютерної техніки і наукового ПЗ [12]. Якісна і стабільна програма для точних розрахунків – це запорука чистоти наукового дослідження і надійності отриманих даних. Єдина помилка в коді програми унеможливує увесь дослідницький проект. Якщо дані отримані за допомогою програми, результати якої невідтворні, то і результати дослідження будуть недостовірними [12]. Обробка великих масивів статистичної інформації, необхідної для аналізу діяльності, планування виробництва підприємства, підвищення прибутковості галузі господарства, держави може бути виконана лише з використанням сучасних засобів інформаційних технологій. Використання достовірної і науково-обґрунтованої інформації приводить до зменшення витрат, підвищення якості та ефективності виробництва. У зв'язку із зростанням потреби статистичного аналізу даних практично в усіх сферах діяльності, а особливо в науковій, ринок ПЗ для статистичної обробки даних нестримно розвивається. У статті розглянуто основні присутні на ринку програмні пакети для статистичної обробки даних.

Мета статті

Метою статті є огляд статистичних програмних продуктів щодо їх функціональних можливостей, для використання в науково-дослідницькій діяльності підприємств та учбовому процесі.

Аналіз сучасного стану на ринку статистичних пакетів

Аналіз даних є невід'ємною частиною процесу дослідження систем будь-якого типу [1-9]. На тепер ринок пакетів програм для статистичної обробки даних пропонує велику кількість різноманітних ПЗ [1-11, 17, 19, 20]. У цьому переліку представлені різноманітні ПЗ від засобів EXCEL [16] до пакету STATISTICA [8, 17].

Виходячи з поставленого круга завдань науково-дослідницької діяльності, користувачеві кожного разу необхідно обирати оптимальне і відповідне для нього ПЗ - статистичний пакет. Як правило, оптимальним є варіант, що комбінує в собі високий рівень продуктивності ПЗ, потрібні функціональні можливості і помірну ціну.

При виборі важливо звернути увагу на наступні характеристики: відповідність комп'ютерного устаткування користувача системним вимогам ПЗ; відповідність можливостей ПЗ до параметрів поставлених завдань; об'єм даних для статистичного аналізу; кваліфікація (рівень знань) користувача в області статистики.

Статистичний пакет повинен відповідати певним вимогам: модульність; можливість асистування при виборі способу обробки даних; використання простої проблемно-орієнтованої мови для формулювання завдання користувача; автоматична організація процесу обробки даних та зв'язків з модулями пакета; ведення банку даних користувача і складання звіту про результати зробленого аналізу; діалоговий режим роботи користувача з пакетом; сумісність з іншими програмами.

Крім того, для використання кожного ПЗ наявна інформаційна система повинна задовільняти відповідним системним вимогам. Системні вимоги (System Requirements) – це мінімальні системні вимоги що показують, яка конфігурація системи цілком необхідна для запуску програмного забезпечення або рекомендовані системні вимоги, що показують, яка конфігурація системи здатна забезпечити максимально комфортні умови роботи ПЗ [40, 49]. Ці вимоги можуть описувати, як апаратне забезпечення (hardware), так і програмне забезпечення (software - необхідні драйвери, операційна система тощо). Наприклад, основні системні вимоги можуть бути такими: частота роботи процесора - 1,5 ГГц; операційна система - Windows 8, 8.1 (32- та 64-розрядна версія) або Windows 10 (32- та 64-розрядна версія); розмір оперативної пам'яті - 1 ГБайт; розмір вільного простору на жорсткому диску - 4,5 ГБайт; наявність браузера - Internet Explorer 8, 9, 10, 11 або Firefox (ESR); роздільна здатність екрана - 1024x768 пікселів; необхідна відео карта - ATI Radeon 9400/128 Мбайт (або апаратне прискорення відео додатково); необхідна DirectX-сумісна аудіокарта.

Досвід використання комп'ютерної техніки та програмного забезпечення підтверджує той факт, що практично для кожної науково-дослідницької задачі є можливість обрати оптимальний варіант комбінації hardware-software. Можливо використовувати різне ПЗ та різні версії того самого ПЗ з різними системні вимогами на різноманітних апаратних платформах. Крім того, як розвиток software, так і розвиток hardware іде взаємопов'язано і невинно [48]. Отже, не повинна виникати проблема обрати для своїх досліджень певну систему засобів.

Для досягнення результативності ПЗ повинні також мати можливість внесення доповнень, мати високий рівень сегментації, набір пропонованих методик аналізу і сервісних функцій, мати розвинені засоби налаштувань, зручні функції імпорту даних, а також налаштування на галузеву специфіку [8].

Дослідження характеристик програмних засобів для математичної і статистичної обробки даних

Ринок статистичних пакетів досить великий і досягає декількох тисяч [1, 2, 14]. По функціональності програми для статистичного аналізу можна розділити на 3 основних групи: універсальні пакети, або пакети загального призначення; професійні пакети; спеціалізовані пакети. Наприклад, професійні пакети - SAS, BMDP; універсальні пакети - STADIA, STATGRAPHICS, SPSS, STATISTICA; спеціалізовані - BIOSTAT, MESOSAUR, DATASCOPE [8,14].

Статистичні програми відносяться до наукомісткого ПЗ, ціна їх часто недоступна індивідуальному користувачеві. Професійні пакети мають велику кількість методів аналізу, популярні пакети - кількість функцій, достатню для універсального застосування. Спеціалізовані пакети орієнтовані на конкретну вузьку область аналізу даних. Творці програмних статистичних пакетів заявляють, що їх продукт перевершує аналоги. Відсутність у більшості дослідників часу для освоєння декількох програм, робить непростим вибір необхідного ПЗ [4].

Інформаційні системи активно використовують дані різного типу. Існує багато класичних методів аналізу, які базуються на математичному апараті (математична статистика, математичне програмування, лінійна алгебра тощо) та чудово себе зарекомендували протягом свого існування [19]. Сучасні програмні засоби уможливають проведення повноцінного математичного та статистичного аналізу даних. На ринку ПЗ існує велика кількість додатків, які пропонують допомогу у розв'язанні задач аналізу даних як у пакетному режимі, так і у вигляді бібліотек функцій, які можна використовувати в інших програмних продуктах.

Більшість пакетів - такі, як RATS, SAS, STATA, TSP, SPSS, SORITEC, SYSTAT, були написані до 80-х років і орієнтувалися на технологію роботи з великими ЕОМ [14]. Фактично вони були набором процедур на мові FORTRAN. Багато з цих пакетів і досі включають частини, написані на FORTRAN. При перенесенні на персональні комп'ютери до набору процедур додавалася надбудова у вигляді командної мови для управління викликом процедур (чи досить примітивної системи меню, за якою стоїть командна мова). В силу цього вони поступаються пакетам, спеціально написаним для PC (наприклад, GAUSS, Microfit, MicroTSP, EViews), за такими параметрами, як швидкодія, дизайн, інтерфейс з користувачем, ефективність використання PC.

Пакети, призначені для PC, написані, як правило, на мові C, яка дозволяє запрограмувати гнучкіший і ефективніший інтерфейс з користувачем. Проте пакети, спочатку написані на FORTRAN, такі, як TSP, STATA, SPSS, SYSTAT створювалися і розвивалися впродовж багатьох років великими колективами розробників та включають величезну кількість найрізноманітніших методів [14]. Також обране ПЗ повинно дозволяти легко отримувати необхідні графіки (наприклад, відразу з меню пострегресійного аналізу) і мати інтерактивні можливості графічного інтерфейсу (графічний курсор, графічний редактор тощо).

Охарактеризуємо найпопулярніші та функціонально повні програмні продукти з наявними засобами статистичного аналізу даних.

BMDP - BioMeDical Package (Statistical Software, Inc.) [21]. BMDP - це статистичний біомедичний пакет і бібліотека із більш ніж сорока статистичних процедур, BMDP вперше була реалізована в Fortran для IBM 7090 [8, 21]. BMDP є другою ітерацією вихідних BIMED програм. Вона була розроблена в UCLA медичних наук. Забезпечує такі функції: ступенева регресія, всі можливі підмножини регресії, поліноміальна регресія, ступенева логістична регресія, дисперсійний та коваріаційний аналіз.

EViews - Econometric Views (Quantitative Micro Software / IHS Markit Ltd.) [23]. Статистичний пакет для аналізу економетричних даних часових рядів, аналізу і моделювання даних, побудови регресійних моделей. EViews - найпотужніший пакет для побудови економетричних моделей. EViews може бути успішно використаний для вирішення наступних завдань: аналіз наукової інформації; фінансовий аналіз; макроекономічне прогнозування; моделювання економічних процесів; прогнозування станів ринків тощо. Широкі можливості пакет EViews надає для аналізу даних часових рядів. Функції цього ПЗ: проста лінійна регресія, багатofакторна регресія, нелінійна регресія, симулятивні моделі, ARIMA-моделі. Завдяки стрункій і логічній ідеології побудови Windows-інтерфейса пакет EViews дуже простий в засвоєнні, містить розвинену підказку (help), що є, по суті, довідником по економетричним методам.

GenStat (VSN International Ltd. - VSNi) [46]. Програма статистичної обробки даних з широкими можливостями графічного представлення результатів та програмування. Її особливістю є наявність вже готового набору функцій для аналізу результатів біологічних, фармакологічних і сільськогосподарських експериментів, включаючи місгоагау аналіз. GenStat є усебічною системою статистики, що пропонує просту систему для недосвідченого користувача через інтерфейс меню Windows, гнучку систему для досвідченішого користувача через потужний інтерфейс з використанням командної мови. Перевагою GenStat є великий діапазон доступних статистичних методів.

GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc.) [24]. Спеціалізована програма для статистичного аналізу біологічних даних (біостатистика, побудова кривих і графіків). GraphPad Prism може використовуватися також для конверсії файлів між різними форматами. GraphPad Prism поєднує в собі функції побудови наукових графіків, кривих в нелінійній регресії, отримання зрозумілих статистичних результатів і організацію даних. Розроблена для біологів, соціологів і фізиків, також широко використовується студентами і аспірантами. Нелінійна регресія є важливим інструментом при аналізі даних, але часто робота з нею є важчою, ніж має бути. У GraphPad Prism побудова кривої спрощена до максимуму: просто обирається з великого списку часто використовуваних рівнянь і програма зробить усе інше автоматично - сформує криву, виведе результати у вигляді таблиці, намалює криву на графіці та інтерполюватиме невідомі значення. Система дозволить з легкістю провести основні статистичні тести, широко використовувані в лабораторних і клінічних дослідженнях: t- тест, непараметричні порівняння, одно- і двосторонній дисперсійний аналіз, аналіз таблиць зв'язаності і виживання. Усі частини проекту, що проводиться в програмі, пов'язані, що дозволяє одного разу виправити помилку в даних і автоматично отримати оновлені результати.

Maple (Waterloo Maple, Inc.) [27]. Комерційна система комп'ютерної алгебри. Містить понад 5000 функцій для більшості розділів сучасної математики, моделювання та інтерактивної візуалізації, підтримує мову програмування Maple, дозволяє комбінувати алгоритми, результати обчислення, математичні формули, текст, графіку, діаграми та анімацію зі звуком в електронному документі. Можливості пакета: символні обчислення і чисельні методи; математичні функції та методи; розв'язування рівнянь; диференціальні рівняння; лінійна алгебра; оптимізація; програмування; операції з розмірностями та одиницями вимірювання величин; редактор математичних формул; візуалізація, графіки, інтерактивні меню та асистенти; шаблони-прикладі для стандартних проблем; елементи для розробки графічних інтерфейсів; доступ до MapleCloud-сховища для обміну документами між користувачами та колегами; понад 30 палітр відсортованих для створення та редагування математичних виразів; розпізнавання рукописних формул; інструментарій для фінансового моделювання; статистичне моделювання; фізичні моделі; високопродуктивні обчислення; автоматичне розпаралелювання; багатонитеве програмування; обчислення в Грід-мережах; підтримка CUDA; інтерфейс для Matlab; експорт в інші мови програмування; системи доступу до баз даних; інтерфейс до математичної бібліотеки NAG.

MathCAD (Parametric Technology Corp.) [28, 33]. Потужний пакет для математичних розрахунків, розв'язання рівнянь, побудови графіків тощо. Є системою комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи. Має простий і інтуїтивний інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстовому запису в мовах програмування. При створенні документів-програм використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get — «що бачиш, те й отримуєш»). Незважаючи на те, що ця програма орієнтована на користувачів-непрограмістів, також використовується в складніших проектах, щоб

візуалізувати результати математичного моделювання, шляхом використання найбільш поширених обчислень і традиційних мов програмування. Mathcad зручно використовувати для навчання, обчислень і інженерних розрахунків. Відкрита архітектура у поєднанні з підтримкою технологій NET і XML дозволяють легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які IT-структури та інженерні застосування. Є можливість створення електронних книг (e-Book).

Mathematica (Wolfram Research, Inc) — вичерпна система комп'ютерної алгебри для чисельних, символьних та графічних обчислень і візуалізації [47]. Виконує найрізноманітніші математичні операції та перетворення алгебраїчних виразів заданих в чисельній та символьній формах (змінні, функції, поліноми, матриці тощо). Mathematica – це інтерактивний обчислювальний та графічний інструмент із вбудованою мовою програмування для швидких та точних розв'язків. Інформацію можна подавати як у звичайному математичному вигляді, так і у вигляді функцій з використанням вбудованої мови програмування. Електронний документ цієї комп'ютерної системи, який називається notebooks (записник), допомагає користувачеві створювати тексти, здійснювати обчислення, будувати графіки та анімацію для технічного звіту чи презентації роботи. Існує також можливість підключення додаткових пакетів за допомогою технології Add-ons.

Можливості аналітичних перетворень у Mathematica: розв'язання систем поліноміальних і тригонометричних рівнянь і нерівностей, а також трансцендентних рівнянь, що зводяться до них; розв'язання рекурентних рівнянь; спрощення виразів; знаходження границь; інтегрування і диференціювання функцій; знаходження скінченних і нескінченних сум і добутків; розв'язання диференціальних рівнянь і рівнянь в часткових похідних; перетворення Фур'є і Лапласа, а також Z-перетворення; перетворення функції у ряд Тейлора, операції з рядами Тейлора: додавання, множення, композиція, отримання зворотної функції та інші. Можливості чисельних розрахунків Mathematica: обчислення значень функцій, у тому числі спеціальних, з довільною точністю; рішення систем рівнянь; знаходження меж; інтегрування і диференціювання; знаходження сум і добутків; рішення диференціальних рівнянь і рівнянь в частинних похідних; поліноміальна інтерполяція функції від довільного числа аргументів з набору відомих значень; перетворення Фур'є і Лапласа, Z-перетворення. Завдання у теорії чисел: визначення простого числа за його порядковим номером, визначення кількості простих чисел, що не перебільшують дане; дискретне перетворення Фур'є; розкладання числа на прості множники, знаходження НСД і НСК. Лінійна алгебра у Mathematica: операції з матрицями: додавання, множення, знаходження зворотної матриці, множення на вектор, обчислення експоненти, отримання визначника; пошук власних значень і власних векторів. Графіка і звук у Mathematica: побудова графіків функцій, в тому числі параметричних кривих і поверхонь; побудова геометричних фігур: ламаних, кіл, прямокутників тощо; відтворення звуку, графік якого задається аналітичною функцією або набором точок; імпорт і експорт графіки в багатьох растрових і векторних форматах, а також звуку; побудова і маніпулювання графами.

MATLAB (MathWorks, Inc.) — комп'ютерна оболонка для інтерактивних та командних обчислень і візуалізації [41]. Містить пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Об'єднує в собі чисельний аналіз, операції з матрицями, сигнальні процеси та графіки в зручному для використання середовищі, де задачі та розв'язки подаються у математичному запису без використання традиційного програмування. Є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малюванням функцій, роботи з алгоритмами, створенням робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю.

MATLAB надає користувачеві велику кількість функцій для аналізу даних, які покривають майже всі області математики, зокрема: матриці та лінійна алгебра — алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць тощо; многочлени та інтерполяція — корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих; математична статистика та аналіз даних — статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є; обробка даних — набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, пошук нулів, чисельне інтегрування; диференційні рівняння — вирішення диференційних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, диференційних рівнянь із запізненням, рівнянь з обмеженнями, рівнянь в часткових похідних та інше; розріджені матриці — спеціальний клас даних пакету MATLAB, що використовується у спеціалізованих додатках; цілочисельна арифметика — виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MATLAB. Це професійний пакет розв'язування математичних задач різної складності, моделювання, рішення рівнянь, побудова графіків тощо.

MedCalc (MedCalc Software's) [29]. Невелика програма для статистичного аналізу даних. Включає тільки функції, які найбільш затребувані при обрахунку біологічних і медичних експериментів, завдяки чому має дуже малий розмір. Реалізовані можливості аналізу ROC-кривих (Receiver Operating Characteristic curve).

MESOSAUR – MEZOЗABP (СП «Стат-Диалог») [13]. Програма MEZOЗABP призначена для аналізу часових рядів. У формі часових рядів можуть виступати різноманітні дані з економіки, демографії, техніки, медицини тощо. У системі MEZOЗABP реалізовані функції: ділова графіка; параметричні тести (описова статистика); непараметричні тести (хі-квадрат, біноміальний, знаків, серій, кореляція Кенделла, кореляція Спірмана); регресійний аналіз (проста регресія, множинна регресія, покрокова регресія, робаста регресія, нелінійна регресія); аналіз часових рядів (згладжування, фільтрація, автокореляція, кроскореляція, спектральний, кросспектральний, модель Бокса-Дженкінса (ARIMA) з експертною підтримкою). Система MEZOЗABP розроблена для персональних комп'ютерів IBM PC/XT/AT і призначена для аналізу часових рядів помірної (до декількох тисяч спостережень) довжини. Вона орієнтована на фахівця середньої кваліфікації, що має достатне

уявлення про методи аналізу часових рядів. Суттєвою відмінністю системи МЕЗОЗАВР від більшість інших систем є те, що в ній кожному значенню часового ряду автоматично зіставляється відповідний момент часу, що враховується при здійсненні будь-яких операцій над часовими рядами, побудові графіків, побудові моделей тощо. Пакет МЕЗОЗАВР має перевагами по введенню та зберіганню інформації: свій стандарт файлів, введення інформації, яке здійснюється через вбудований редактор даних типу «електронної таблиці»; надає можливість збереження в стандартних файлах будь-яких даних, отриманих в ході аналізу; допускає експорт та імпорт інформації з текстових файлів.

Гранична довжина одного аналізованого часового ряду дорівнює 16 тис. значень, однак можливості аналізу такого ряду будуть дуже обмежені і тому найбільш ефективно працювати з рядами до 2-3 тис. значень. Одночасно можна аналізувати до 256 різних змінних, проте їх сумарна кількість значень не повинна перевищувати 60 тис. чисел. При цьому можна користуватися або реальними часовими шкалами (крок за часом - починаючи від 1 хв. до будь-якого цілого числа років), або ж умовною часовою шкалою. Редагування даних здійснюється за допомогою вбудованого табличного редактора або ж у графічному режимі, а їх перетворення - за допомогою додаткового меню перетворень спеціального характеру. Крім того, є можливість безпосередньо вказати попереднє перетворення даних, яке далі враховується в процесі аналізу. При всіх арифметичних операціях над рядами враховується сумісність часових шкал.

MicroTSP - Time Series Processor (TSP International, Inc.) [44]. Функції пакету: проста регресія, регресія часових рядів, прогнозування, авторегресивні моделі та моделі ковзного середнього, одночасні (симультаптивні) та імітаційні моделі, використання електронних таблиць у поєднанні з МістоTSP, логістичні та ймовірнісні моделі.

Minitab (Minitab, Inc) [30]. Функції пакету: управління даними і файлами; електронні таблиці для поліпшення аналізу даних; регресійний аналіз - проста регресія, регресія часових рядів; потужність і розмір вибірки; таблиці і діаграми; багатовимірний аналіз, а саме - факторний аналіз, кластерний аналіз, аналіз відповідностей тощо; непараметричний аналіз - різноманітні тести, включаючи вокальний тест, критерій серій, тест Фридмана тощо; часовий ряд і прогнозування - інструмент, який допомагає виявити тенденції в даних, а також прогнозування майбутніх значень, діаграми часових рядів, експоненціальне згладжування, аналіз тенденцій; статистичне управління процесами; системний аналіз вимірів; дисперсійний аналіз - визначення відмінностей між точками даних.

MS Excel (Microsoft Corp.). Найбільш поширений додаток з пакету офісних програм MS Office [16]. Причини - наявність російськомовної версії та тісна інтеграцією з MS Word і PowerPoint. Проте, MS Excel - це електронна таблиця з досить потужними математичними можливостями, де деякі статистичні функції є просто додатковими вбудованими формулами. Розрахунки зроблені при її допомозі не визнаються авторитетними науковими журналами. Також у MS Excel неможливо побудувати якісні наукові графіки. Безумовно, MS Excel добре підходить для накопичення даних, проміжного перетворення, попередніх статистичних обчислень, для побудови деяких видів діаграм. Проте остаточний статистичний аналіз необхідно робити в програмах, які спеціально створені для цих цілей. Існують макроси-доповнення для MS Excel, що включають додаткові статистичні функції, які в основних випадках є достатніми для звичайного застосування. Пробну версію макросів можна узяти на сайті виробника.

NCSS (NCSS Software) [31]. Статистичний аналіз та побудова графіків за будь-якими даними. Розрахований на непрофесіоналів в області статистичної обробки. Інтерфейс системи багатовіконний. Усі дії користувача супроводжуються підказками. Дозволяє здійснювати статистичний аналіз введених даних, давати графічну інтерпретацію отриманих результатів в зображеннях різних вимірів, імпортувати та експортувати дані в найбільш поширених форматах.

OriginPro (OriginLab Corp.) [32]. Потужний пакет для аналізу результатів статистичних і наукових досліджень та вимірювань, надає засоби програмування та побудови графіків, діаграм, таблиць. Включає модулі Peak Fitting Module і Dialog Builder. Підтримка Microsoft COM, ActiveX і підпрограм на C. Пакет програм для чисельного аналізу даних і наукової графіки, працюючий на комп'ютері під управлінням операційної системи Microsoft Windows. Для виконання операцій можна використати інструмент графічного інтерфейсу користувача (діалоги/меню) або викликати засоби в програмах. У Origin включений власний компілятор C/C++ з підтримкою і оптимізацією векторних і матричних обчислень. Origin створена для побудови двовимірної і тривимірної наукової графіки, яка створюється за допомогою готових шаблонів, доступних для редагування користувачем. Також можливо створювати нові власні шаблони. Після створення зображення воно може бути відредаговане за допомогою меню і діалогів. Можна експортувати отримані графіки і таблиці в ряд форматів, таких як PDF, EPS, WMF, TIFF, JPEG, GIF. За допомогою Origin можна проводити чисельний аналіз даних, включаючи різні статистичні операції, обробку сигналів тощо.

RATS - Regression Analysis of Time Series (Estima, Inc.) [22]. Програма для економетричного аналізу часових рядів, широко використовується в учбових цілях. Функції: метод найменших квадратів, ймовірності та логістичні моделі, двокроковий метод найменших квадратів, зважений метод найменших квадратів, інструментальні змінні, критерій Кочрена-Оркатта, поліноміальні розподілені лаги [22,42].

S-PLUS (AT & T Bell Labs, TIBCO Software, Inc.) — інтерактивне програмне середовище для аналізу даних [34]. S-PLUS містить об'єктно-орієнтовану мову програмування, уніфіковану парадигму для дослідження статистичних моделей та тисячі вбудованих статистичних і графічних функцій. Інтерпретатор мови призначений для вбудовування в інше ПЗ, але може використовуватися як окремий інтерпретатор. S-PLUS - це комерційний різновид мови програмування S, яку реалізує компанія TIBCO Software Inc. [43]. Основою особливості S-PLUS є

об'єктно-орієнтований підхід в програмуванні та аналітичні алгоритми. Кампанія TIBCO Software Inc. активно використовує S та є постачальником ПЗ, що пов'язує (middleware). Це комплекс технологічного ПЗ для забезпечення взаємодії між різними застосуваннями, системами, компонентами. S-PLUS має користувацький інтерфейс з системою меню, що дозволяє здійснювати послідовність дій у діалозі з програмою. S-PLUS підтримує: класи (об'єкти), механізм успадкування, вбудовані функції та методи; операції та функції для роботи зі скалярними величинами, векторами і масивами; структурну мову, що включає оператори циклу; логічні оператори; інтелектуальні оператори для роботи з об'єктами; об'єкт список, що дозволяє створювати структуровані масиви різнорідних об'єктів; функцію підстановки для циклу; функції аналізу змінних. S-PLUS дозволяє створювати власні процедури обробки даних та коригувати будь-яку з 1650 наявних функцій, підтримує інтерфейс з програмами на мовах C і FORTRAN.

S з самого початку був спрямований на програмування з даними – це опис представлення даних у комп'ютері, чисельне представлення, статистична модель, або інша інформація, над якою треба робити деякі маніпуляції. S займає проміжне положення між пакетами, які акцентують увагу на стандартних операціях, і науково-дослідними проектами в області дизайну мов, які розпочинаються з абстрактнішої мети. S розроблено, щоб використовуватися на практиці, але з акцентом на користувачів, які хотіли б утілити в життя нові ідеї в розробці ПЗ [34, 43].

SAS (SAS Institute, Inc.) — інтерактивне та командне програмне середовище, що утворене з модулів для аналізу даних, статистики та написання звітів [35]. SAS також забезпечує підключення до баз даних ORACLE та INGRES, забезпечує аналіз часових рядів та прогнозування, відтворює кольорові графіки, забезпечує матричне програмування та розвинену статистику, виконує експертну підтримку. Допоможе при дослідженні дисперсійного аналізу та таких регресій як лінійна, нелінійна, RSQUARE-регресія, ступенева.

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, PASW Statistics -Predictive Analytics SoftWare (SPSS: An IBM Company, Inc.) [25, 26]. Потужний, але й дорогий статистичний пакет обробки даних. Один із лідерів ринку в області комерційних статистичних продуктів, призначених для проведення прикладних досліджень в соціальних науках. Найбільш відомий і найстаріший пакет статистичної обробки даних. Модульний, повністю інтегрований, має усі необхідні можливості програмного комплексу, охоплює всі етапи аналітичного процесу: планування, збір даних, доступ до даних і керування даними, аналіз, створення звітів та поширення результатів. Має зручний інтерфейс. Містить досить повний набір статистичних (усього понад 60) та графічних процедур, а також процедур для створення звітів. Має вбудований засіб, що виконує інтелектуальну функцію, наприклад, пояснює користувачеві, яку статистику краще застосувати в кожному конкретному випадку. Можливості: введення і зберігання даних; можливість використання змінних різних типів; частотність ознак, таблиці, графіки, таблиці зв'язаності, діаграми; первинна описова статистика; маркетингові дослідження; аналіз даних маркетингових досліджень. SPSS має якісні прогностичні моделі і різні методи аналізу. Включає широкий набір функцій для простого управління і аналізу великих об'ємів даних. Програма може аналізувати усі надані дані і створювати графіки та діаграми для їх представлення в зручному вигляді. Усі аналізовані дані і результати представляються в окремих діалогових вікнах. Редактор даних - це ще одна відмінна функція IBM SPSS Statistics Base. Редактор включає багатофункціональне меню для редагування файлів, аналізу ризиків, ідентифікації клієнта, аналізу витрат і прибутку, а також аналіз трендів для кращого планування стратегії організації і майбутніх виробничих процесів. IBM SPSS Statistics Base також здатний виявляти шахрайські дані, щоб мінімізувати ризики. Програма дозволяє проаналізувати, які характеристики клієнти зв'язує з торговою маркою. Дані результатів, які використовуються в цьому інструменті, відображаються разом з графіками і діаграмами, які можна скопіювати і вставити в інші програми, а також експортувати в PDF або DOC формати, роздрукувати або зберегти для подальшого використання. Пакет відрізняється гнучкістю та потужністю, може застосовуватися для усіх видів статистичних розрахунків. Серед основних функцій цього пакету - можливість використання широкого набору математичних методів статистичної обробки даних, формування різних типів звітів, підтримка роботи з більшістю форматів даних, у тому числі підготовлених в електронних таблицях.

STADIA (научно-производственное товарищество "Информатика и компьютеры") [15]. STADIA – це вичерпний набір найсучасніших і ефективніших методів аналізу. Надає повний комплект ділової і наукової графіки: функції, залежності, розподіли, діаграми розсіяння, багатовимірні діаграми, карти, поверхні, обертання, сплайни, прогнози, гістограми, стовпчикові, вежі і кругові діаграми, дендрограми, установка розмірів, написів по осях і під малюнком, графічний архів, різноманітні перетворення і обчислення, імпорт/експорт даних і результатів в стандартний міжнародний формат (ASCII і DBF); розвинена екранна допомога, зрозуміла інтерпретація результатів, великий сервіс, до 64 000 чисел в матриці даних. Функції: ділова графіка; параметричні тести (критерії Стюдента, Фішера, гістограми, розподіли, узгодження частот, послідовний аналіз); непараметричні тести (хі-квадрат, знаків, Вілкоксона, Колмогорова-Смірнова, Ван-дер-Вардена, Клотца, Анасрі-Бредлі, кореляція Кенделла, кореляція Спірмана); категоріальний аналіз (кростабуляція, хі-квадрат оцінка, коефіцієнти узгодження); дисперсійний аналіз (одно-, дво-, багатofакторний, коваріаційний); регресійний аналіз (проста регресія, множинна регресія, покрокова регресія, нелінійна регресія); аналіз часових рядів (згладжування, фільтрація, автокореляція, кроскореляція, спектральний, крос-спектральний, ARIMA-моделі); багатовимірні методи дискримінантний аналіз, кластерний аналіз, факторний аналіз). Має розвинену систему контекстної екранної допомоги. Включає усі необхідні статистичні функції. Зовнішній інтерфейс фактично не змінюється з 1996 року. Графіки і діаграми, побудовані за допомогою STADIA, виглядають в сучасних презентаціях архаїчно. Колірна гамма програми (червоний шрифт на зеленому) дуже стомлює в роботі. До позитивних якостей програми можна віднести російськомовний інтерфейс і наявність великої кількості книг опису роботи.

Stata (Stata Corp.) [36]. Потужний пакет для обробки статистичних і графічних даних. Пакет Stata позиціонується інструментом аналізу, що призначений для фахівців, які займаються науковими дослідженнями. Завдяки гнучкій модульній структурі пакет можливо застосовувати для аналізу даних із різних областей знань: суспільні науки (економіка, політологія), медицина (біостатистика, епідеміологія) тощо. Stata надає користувачам наступні можливості статистичного аналізу даних: динамічні факторні моделі, лінійні, узагальнені лінійні моделі і нелінійні моделі, багатовірневі змішані моделі, моделі вибуття; узагальнені оцінки рівнянь (GEE); непараметричні методи, методи повторних вибірок і статистичного експерименту; перевірка гіпотез і робота з оціненими моделями; максимізація функцій правдоподібності, заданих користувачем; матричні команди.

Statistica (StatSoft, Inc.) — добре збалансоване за співвідношенням «потужність/зручність» ПЗ [38]. Має широкий спектр функціональних алгоритмів і розвинену графіку, а також відповідні засоби для редагування графічних матеріалів. Містить більше 250 статистичних функцій. Користувач має знати статистичну термінологію, а об'ємна довідкова система дає змогу досить повно ознайомлюватися з алгоритмами, що використовуються. Широко розповсюджена. Існує російськомовний сайт підтримки програми з різного роду допоміжними та навчальними матеріалами. Вбудовані функції об'єднані спеціалізованими статистичними модулями: основні статистики і таблиці, непараметрична статистика, дисперсійний аналіз, множинна регресія, нелінійне оцінювання, аналіз часових рядів і прогнозування, кластерний аналіз, факторний аналіз, функціональний аналіз, дискримінанта, аналіз тривалості життя, канонічна кореляція, багатовимірні шкали, моделювання структурними рівняннями тощо. Нескладний в засвоєнні, пакет можна рекомендувати для статистичних дослідження будь-якої складності [1, 4, 9, 12]. STATISTICA має суттєві переваги перед іншими статистичними пакетами: за допомогою реалізованих в системі STATISTICA мов програмування (SCL, STATISTICA BASIC), забезпечених спеціальними засобами підтримки, легко створюються закінчені рішення, що вбудовуються в різні інші застосування або обчислювальні середовища. Пакет перекладено російською мовою і можна придбати ліцензійну, русифіковану версію, видана велика кількість книг з детальним описом системи STATISTICA; можливе розширення користувачем бібліотеки функцій, що дозволять вирішувати більшість завдань по теорії вірогідності; реалізовано обмін даними між STATISTICA і Windows додатками; пакет має сенс використати при рішенні досить трудомістких, математично складних і громіздких в реалізації методів багатовимірного аналізу; будь-яка графічна і текстова інформація в STATISTICA може бути виведена у файл формату RTF, який відкривається і редагується в Microsoft Office Word [1, 5, 14].

StatGraphics - Statistical Graphics System (Manugistics, Inc.) [37]. Повний універсальний статистичний пакет для діалогового аналізу (interactive analysis) статистичних даних з широкими можливостями візуалізації. Функції ПЗ: проста регресія, аналіз часових рядів, багатфакторна лінійна та нелінійна регресія, авторегресійні моделі. Переваги STATGRAPHICS: поєднання наукових методів обробки різнотипних даних з можливістю створення сучасної високоякісної інтерактивної графіки; широкі можливості взаємодії з іншими програмними продуктами (електронними таблицями, базами даних); високоякісна двовимірна і тривимірна графіка, інтегрована графіка, в якій усі елементи графічних представлень результатів аналізу можуть бути перетворені. Після завершення процедури статистичного аналізу даних можна обрати графічні відображення результатів, релевантні використовуваній процедурі аналізу.

SYSTAT (Systat Software, Inc.) [39]. Програма для статистичної обробки. Функції: ділова графіка; параметричні тести (критерії Стюдента, Фішера, гістограма); непараметричні тести (хі-квадрат, знаків, серій, Вілкоксона, Колмогорова-Смірнова, кореляція Спірмана); категоріальний аналіз (кростабуляція, хі-квадрат оцінка, коефіцієнти узгодження); дисперсійний аналіз (одно-, дво-, багатфакторний); регресійний аналіз (проста регресія, множинна регресія, покрокова регресія, нелінійна регресія); аналіз часових рядів (згладжування, фільтрація, автокореляція, кроскореляція, спектральний, ARIMA-моделі); багатовимірні методи (кореляція (коваріація), кластерний аналіз, факторний аналіз); побудова теоретичних моделей для емпіричних отриманих даних, відображення результатів у вигляді тривимірних поверхонь чи двовимірних кривих; глибокий аналіз і обробка цифрових зображень.

Unistat Statistical Package (Unistat Statistics Software) [45]. Програма для аналізу статистичних даних та результатів наукових експериментів. Окремий статистично-аналітичний пакет з повним набором функцій. Відрізняється чудовою інтегрованістю з Excel, вбудовується в якості плагіну.

ЭВРИСТА (ООО «Центр Статистических Исследований») [18]. Функції: ділова графіка; параметричні тести (описова статистика, гістограма); непараметричні тести (хі-квадрат, знаків, Колмогорова-Смірнова); регресійний аналіз (проста регресія, множинна регресія); аналіз часових рядів (згладжування, фільтрація, автокореляція, кроскореляція, спектральний, крос-спектральний, моделі інтервенції, фазовий простір, гармонічні моделі, ARIMA-моделі); багатовимірні методи (факторний аналіз). Перша версія системи ЭВРИСТА реалізували мовою ФОРТРАН для ЕОМ БЭСМ-6.

Висновки

Даний матеріал доцільно сприймати як «часовий зріз» на теперішній стан, тому що інформаційні технології та їх складові частини (hardware, software) розвиваються невинно та стрімко, як, наприклад, подвійними кроками розвивається апаратне забезпечення [13]. Висока вартість статистичних програм не дозволяє їх міняти. Тому має сенс ознайомитися з демо-версіями, розібратися з роботою і вже потім робити остаточний висновок. Якщо потрібний потужний, загальнознаний пакет з простим і зрозумілим навіть для початківців інтерфейсом, то краще скористатися SPSS. Для початківців і професіоналів, яким потрібна підказка і розвинена

документація російською мовою, можна рекомендувати STATISTICA. Це потужне ПЗ з професійними можливостями. Переваги використання пакету STATISTICA: краще представлення 3D графіків та ілюстрацій; дане ПЗ є сертифікованим та надійним засобом обробки статистичних даних; дозволяє використовувати сучасні та надійні методи покладені в розробку ПЗ. Для невибагливих користувачів, які обмежуються у своїх дослідженнях стандартними статистичними методами можна рекомендувати Excel. Для ознайомлення із статистичною обробкою даних у учбовому процесі можна рекомендувати ознайомлення із більшістю розглянутих ПЗ: універсальні - Minitab, MatLab, STATISTICA, STATA, S-PLUS, STATGRAPHICS, Stadia, SYSTAT, SPSS, Excel; професійні - BMDP, SAS; спеціалізовані - DATASCOPE, BioStat, MESOSAUR. У якості перспективних досліджень – отримання інтегрального критерія ефективності для вибору оптимального програмного забезпечення в залежності від особливостей і параметрів конкретного науково дослідження.

Література

1. Айвазян С.А. Программное обеспечение по статистическому анализу данных: методология сравнительного анализа и выборочный обзор рынка/ С.А.Айвазян, В.С.Степанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pubhealth.spb.ru/SAS/StatProg.htm> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
2. Василенко Ж.В. Программное обеспечение по статистическому анализу данных. Методология сравнительного анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.giac.unibel.by/sm_full.aspx?guid =8313 (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
3. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учеб.пособ.- 2-е изд., испр. и доп.- М.: Форум, 2008.- 464 с.
4. Герасевич В.А., Современное программное обеспечение для статистической обработки биомедицинских исследований/ В.А. Герасевич, А.Р. Аветисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://miklebig.narod.ru/docum/statprog.htm> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
5. Ермантраут Е. Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6 / Е.Р. Ермантраут, О.І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко.– К. : Поліграф Консалтинг, 2007. – 55 с.
6. Караева Н. В. Еколого-економічна оптимізація виробництва: інформаційна підтримка прийняття рішень: конспект лекцій. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 115 с.
7. Красильников Д.Е. Программное обеспечение эконометрического исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2011_3\(2\)/37.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2011_3(2)/37.pdf) (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
8. Левченко Л.О., Кіляничук О.П., Повханіч О.Ю. Огляд програмних продуктів фінансово-економічного аналізу діяльності енергопідприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-8/121-127.pdf> (дата звернення 01.07.2017). – Назва з екрану.
9. 51-51 Майборода Р.Є., Сугакова О.В. Статистичний аналіз даних за допомогою пакету STATISTICA [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://mathphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc> (дата звернення 01.07.2017). – Назва з екрану.
10. Присяжнюк О. І. Комплексна оцінка сучасних гібридів цукрових буряків/ О.І.Присяжнюк, Т.Д.Соніць, О.Ю.Половинчук, І.І.Коровко// Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.- 2016.- N 24. - С.18-27.
11. Програми для математичної і статистичної обробки даних [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://chem-bio.com.ua/aspirant/grant/item/> (дата звернення 01.07.2017). – Назва з екрану.
12. Программы для научных расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://softlist.com.ua/catalog/programmy-dlya-nauchnykh-raschetov/> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
13. СП "Стат-Диалог" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tvp.ru/prog/firms.htm#statdial> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
14. Статистические ППП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://helpiks.org/6-54552.html> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
15. Универсальная статистическая диалоговая система STADIA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statsoft.msu.ru/products.htm> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
16. Функції Excel (за категоріями) [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://support.office.com/uk-ua/article> (дата звернення 01.07.2017). – Назва з екрану.
17. Хромов-Борисов Н.Н. Биостатистические программы свободного доступа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journal.rniito.org/jour/article/viewFile/19/20> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
18. Центр Статистических Исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.riskcontrol.ru/ehist.shtml> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
19. Шарапов О. Д. Системный анализ: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц./ О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов. — К.: КНЕУ, 2003. — 154 с.
20. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.

21. BMDP [Electronic resource]. - Mode of access: <http://foldoc.org/BMDP> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
22. Estima [Electronic resource]. - Mode of access: <https://estima.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
23. EViews Econometric Modeling Software [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.ihs.com/products/eviews-econometric-modeling-analysis-software.html> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
24. GraphPad Software [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
25. IBM SPSS Software [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
26. IBM SPSS Statistics [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www-03.ibm.com/software/products/ru/spss-statistics> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
27. Maplesoft [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.maplesoft.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
28. Mathcad [Electronic resource]. - Mode of access: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
29. Medcalc [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.medcalc.org> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
30. Minitab 18 [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
31. NCSS [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.ncss.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
32. OriginLab [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.originlab.com> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
33. PTC [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.ptc.com> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
34. S (язык программирования) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.bmstu.wiki/S_\(язык_программирования\)](http://ru.bmstu.wiki/S_(язык_программирования)) (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
35. SAS. Продукты и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sas.com/ru_ua/home.html (дата обращения 01.07.2017). – Название с экрана.
36. STATA [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.stata.com/products/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
37. Statgraphics Centurion XVII [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.statgraphics.com/centurion-xvii> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
38. StatSoft's Electronic Statistics Textbook [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
39. Systat Software Inc.(SSI) [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.sigmaplot.co.uk> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
40. System requirements [Electronic resource]. - Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/System_requirements (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
41. The Language of Technical Computing [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
42. The RATS Software Forum [Electronic resource]. - Mode of access: <https://estima.com/forum/viewforum.php?f=2> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
43. Tibco [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.tibco.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
44. TSP International [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.tspintl.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
45. Unistat Statistics Software [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.unistat.com/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
46. VSN International Ltd [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.vsn.co.uk/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
47. Wolfram Mathematica [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.wolfram.com/mathematica/> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
48. 50 Years of Moore's Law [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/moores-law-technology.html> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.
49. 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications [Electronic resource]. - Mode of access: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html> (Accessed 01 July 2017). – Title from the screen.

References

1. Ajvazjan, S.A. and Stepanov, V.S., “Software for the statistical data analysis: methodology of comparative analysis and selective review of market”, [Online], available at: <http://pubhealth.spb.ru/SAS/STatProg.htm> (Accessed 01 July 2017).

2. Vasilenko, Zh.V., "Software for the statistical data analysis. Methodology of comparative analysis", [Online], available at: http://www.giac.unibel.by/sm_full.aspx?guid=8313 (Accessed 01 July 2017).
3. Vukolov Je.A. (2008), *Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniju operacij s ispol'zovaniem paketov STATISTICA i EXCEL: ucheb.posob.- 2-e uzd., ispr. i dop.*[Bases of statistical analysis. Practical work on statistical methods and analysis of operations with the use of STATISTICA and EXCEL packages], Forum, Moskva, Rossija.
4. Gerasевич, V.A. and Avetisov, A.R., "Modern software for statistical treatment of biomedical researches", [Online], available at: <http://miklebig.narod.ru/docum/statprog.htm> (Accessed 01 July 2017).
5. Ermantraut, E.R. Prysiazhniuk, O.I. and Shevchenko, I.L. (2007), *Statystychnyj analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica-6* , [Statistical analysis of agronomical experience data in the package of Statistica – 6], Polihraf Konsal'tynh, Kyiv, Ukraine.
6. Karaieva, N. V., (2016), *Ekoloho-ekonomichna optymizatsiia vyrobnytstva: informatsijna pidtrymka pryjniattia rishen': konspekt lektzij* [Ecological economic optimization of production: informative support of making decision: compendium of lectures], NTUU KPI, Kyiv, Ukraine,
7. Krasil'nikov, D.E., "Econometrics research software", [Online], available at: [http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2011_3\(2\)/37.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2011_3(2)/37.pdf) (Accessed 01 July 2017).
8. Levchenko, L.O. Kilianchuk, O.P. and Povkhanych O.Yu. (2017), "Review of financial economic analysis soft of activity of energy enterprises ", available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-8/121-127.pdf> (Accessed 01 July 2017).
9. Majboroda, R.Ye. and Suhakova, O.V., "Statistical data analysis by means of STATISTICA package", [Online], available at: <http://matphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc> (Accessed 01 July 2017).
10. Prysiazhniuk, O. I. Sonets', T.D. Polovynchuk, O.Yu. and Korovko, I.I. (2016), "Comprehensive assessment of modern hybrids of sugar beet", *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovnykh buriakiv*, vol. 24, pp.18-27.
11. "The programs are for the mathematical and statistical data processing", [Online], available at: <http://chem-bio.com.ua/aspirant/grant/item> (Accessed 01 July 2017).
12. "Programs for scientific calculations", [Online], available at: <http://softlist.com.ua/catalog/programmy-dlyanauchnykh-raschetov> (Accessed 01 July 2017).
13. The official site of STAT- DIALOGUE joint venture (2017), available at: <https://www.vsnl.co.uk/> (Accessed 01 July 2017).
14. "Statistical PPP", [Online], available at: <http://helpiks.org/6-54552.html> (Accessed 01 July 2017).
15. "Universal statistical interactive system STADIA", [Online], available at: <http://statsoft.msu.ru/products.htm> (Accessed 01 July 2017).
16. "Functions of Excel (by categories)", [Online], available at: <https://support.office.com/uk-ua/article> Accessed 01 July 2017).
17. Hromov-Borisov, N.N., "Biostatistical programs of free access", [Online], available at: <http://journal.miiito.org/jour/article/viewFile/19/20> (Accessed 01 July 2017).
18. Center of Statistical Researches official site (2017), available at: <http://www.riskcontrol.ru/ehist.shtml> (Accessed 01 July 2017).
19. Sharapov, O.D. Derbentsev, V.D. and Sem'onov, D.Ye., (2003), *Systemnyj analiz: Navch.-metod. posibnyk dlia samost. vyvch. dysts.* [System analysis], KNEU, Kyiv, Ukraine.
20. "Electronic textbook on statistics", [Online], available at: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (Accessed 01 July 2017).
21. "BMDP", [Online], available at: <http://foldoc.org/BMDP> (Accessed 01 July 2017).
22. "Estima", [Online], available at: <https://estima.com/> (Accessed 01 July 2017).
23. "EViews Econometric Modeling Software", [Online], available at: <https://www.ihs.com/products/eviews-econometric-modeling-analysis-software.html> (Accessed 01 July 2017).
24. "GraphPad Software", [Online], available at: <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/> (Accessed 01 July 2017).
25. "IBM SPSS Software", [Online], available at: <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss> (Accessed 01 July 2017).
26. "IBM SPSS Statistics", [Online], available at: <http://www-03.ibm.com/software/products/ru/spss-statistics> (Accessed 01 July 2017).
27. "MapleSoft", [Online], available at: <http://www.maplesoft.com/> (Accessed 01 July 2017).
28. "Mathcad", [Online], available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (Accessed 01 July 2017).
29. "Medcalc", [Online], available at: <https://www.medcalc.org> (Accessed 01 July 2017).
30. Minitab 18", [Online], available at: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/> (Accessed 01 July 2017).
31. "NCSS", [Online], available at: <http://www.ncss.com/> (Accessed 01 July 2017).
32. "OriginLab", [Online], available at: <http://www.originlab.com> (Accessed 01 July 2017).
33. "PTC", [Online], available at: <https://www.ptc.com> (Accessed 01 July 2017).
34. "S (programming language)", [Online], available at: [http://ru.bmstu.wiki/S_\(язык_программирования\)](http://ru.bmstu.wiki/S_(язык_программирования)) (Accessed 01 July 2017).
35. "SAS. Products and decisions", [Online], available at: https://www.sas.com/ru_ua/home.html (Accessed 01 July 2017).

36. "STATA", [Online], available at: <http://www.stata.com/products/> (Accessed 01 July 2017).
37. "Statgraphics Centurion XVII", [Online], available at: <http://www.statgraphics.com/centurion-xvii> (Accessed 01 July 2017).
38. "StatSoft's Electronic Statistics Textbook", [Online], available at: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html> (Accessed 01 July 2017).
39. "Systat Software Inc.(SSI)", [Online], available at: <http://www.sigmaplot.co.uk> (Accessed 01 July 2017).
40. "System requirements", [Online], available at: https://en.wikipedia.org/wiki/System_requirements (Accessed 01 July 2017).
41. "The Language of Technical Computing", [Online], available at: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (Accessed 01 July 2017).
42. "The RATS Software Forum", [Online], available at: <https://estima.com/forum/viewforum.php?f=2> (Accessed 01 July 2017).
43. "Tibco" [Online], available at: <https://www.tibco.com/> (Accessed 01 July 2017).
44. "TSP International", [Online], available at: <http://www.tspintl.com/> (Accessed 01 July 2017).
45. "Unistat Statistics Software", [Online], available at: <https://www.unistat.com/> (Accessed 01 July 2017).
46. "VSN International Ltd.", [Online], available at: <https://www.vsn.co.uk/> (Accessed 01 July 2017).
47. "Wolfram Mathematica", [Online], available at: <https://www.wolfram.com/mathematica/> (Accessed 01 July 2017).
48. "50 Years of Moore's Law", [Online], available at: <https://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/moores-law-technology.html> (Accessed 01 July 2017).
49. "830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications", [Online], available at: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html> (Accessed 01 July 2017).