

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Факультет математики та інформатики

Кафедра математичного моделювання

**СИЛАБУС
навчальної дисципліни**

**Прогнозування в системному аналізі
обов'язкова**

Освітньо-професійна програма Системний аналіз

Спеціальність 124 – Системний аналіз

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Факультет математики та інформатики

Мова навчання українська

Розробник: Юрченко Ігор Валерійович,
доцент кафедри математичного моделювання,
кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Профайл викладача <http://matmod.fmi.org.ua/pro-kafedru/spivrobitnyky/yurchenko-igor-valeriyovich/>

Контактний тел. 0372-58-48-25

E-mail: i.yurchenko@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/enrol/index.php?id=3741>

Консультації Онлайн-консультації: п'ятниця з 13:00 до 14:20.
Очні консультації: за попередньою домовленістю.

1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

Навчальна дисципліна призначена для ознайомлення студентів з основами застосування методів прогнозування для розв'язання прикладних задач з використанням пакету прикладних програм STATISTICA, бібліотек Matplotlib, Pandas мови Python.

2. Мета навчальної дисципліни: ознайомити студентів із теоретичними і практичними питаннями застосування методів прогнозування в соціально-економічних дослідженнях з використанням комп'ютерних технологій.

3. Пререквізити. Навчальні дисципліни: “Програмування”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”, “Бібліотеки мови Python”.

4. Результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні

знати основні теоретичні і практичні питання прогнозування систем і процесів методами системного аналізу,

вміти розробляти та застосовувати методи, алгоритми та інструменти прогнозування розвитку складних систем і процесів різної природи (згідно із стандартом вищої освіти зі спеціальності 8.124 – Системний аналіз [1], результат навчання РН4), моделювати, прогнозувати та проектувати складні системи і процеси на основі методів та інструментальних засобів системного аналізу (згідно із стандартом вищої освіти зі спеціальності 8.124 – Системний аналіз [1], спеціальні компетентності СК5). застосовувати методи стохастичного прогнозування до соціально-економічних досліджень з використанням системи STATISTICA, бібліотек Matplotlib, Pandas мови Python.

Компетенції освітньої програми:

СК1. Здатність інтегрувати знання та здійснювати системні дослідження, застосовувати методи математичного та інформаційного моделювання складних систем та процесів різної природи.

СК5. Здатність моделювати, прогнозувати та проектувати складні системи і процеси на основі методів та інструментальних засобів системного аналізу.

СК8. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та прикладні проекти в галузі інформаційних технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК10. Здатність до самоосвіти та професійного розвитку.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

| Назва навчальної дисципліни: “Прогнозування в системному аналізі” | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|---------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| Форма навчання | Рік підготовки | Семестр | Кількість | | Кількість годин | | | | | | Вид підсумкового контролю |
| | | | кредитів | годин | лекції | практичні | семінарські | лабораторні | самостійна робота | індивідуальні завдання | |
| Денна | 5 | 9 | 4 | 120 | 15 | – | – | 30 | 75 | – | екзамен |
| Заочна | | | | | | | | | | | |

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|---|-----|-----|------|--------------|--------------|----|-----|-----|------|---|
| | денна форма | | | | | | Заочна форма | | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | | |
| | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Змістовий модуль 1. Задачі прогнозування. Основні моделі часових рядів | | | | | | | | | | | | | |
| НЕ 1.1. (Лекція) Задачі прогнозування | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 1.2. (Лекція) Загальна теорія прогнозування | 6 | 2 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 1.3. (Лекція) Прогнозування стаціонарних послідовностей (загальний випадок) | 6 | 2 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 1.4. (Лекція) Параметричні моделі часових рядів | 6 | 2 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 1.5. (Лекція) Нестационарні часові ряди | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 1.6. (Лабораторне заняття) Опис модуля Time series | 12 | | | 6 | | 6 | – | – | – | – | – | – | – |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------|--|-----------|--|-----------|---|---|---|---|---|---|
| analysis & Forecasting у системі STATISTICA | | | | | | | | | | | | |
| НЕ 1.7. (Лабораторне заняття) Ідентифікація моделей ARIMA (АРІКС) | 12 | | | 6 | | 6 | – | – | – | – | – | – |
| Разом за змістовим модулем 1 | 52 | 8 | | 12 | | 32 | – | – | – | – | – | – |
| Змістовий модуль 2. Оцінювання параметрів моделей | | | | | | | | | | | | |
| НЕ 2.1. (Лекція) Оцінювання параметрів моделі АРІКС | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.2. (Лекція) Елементи статистики стаціонарних процесів | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.3. (Лекція) Ідентифікація моделей ARIMA (АРІКС) | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.4. (Лекція) Оцінювання параметрів моделей АРІКС та дослідження адекватності | 6 | 2 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.5. (Лекція) Прогнозування АРІКС | 5 | 1 | | | | 4 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.6. (Лекція) Елементи технічного аналізу | 6 | 1 | | | | 5 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.7. (Лабораторне заняття) Оцінювання параметрів моделей АРІКС та дослідження адекватності | 12 | | | 6 | | 6 | – | – | – | – | – | – |
| НЕ 2.8. (Лабораторне заняття) Прогнозування АРІКС | 12 | | | 6 | | 6 | – | – | – | – | – | – |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|
| НЕ 2.9. (Лабораторне заняття) Елементи технічного аналізу | 12 | | 6 | 6 | - | - | - | - | - | - |
| Разом за змістовим модулем 2 | 68 | 7 | 18 | 43 | | | | | | |
| Всього годин | 120 | 15 | 30 | 75 | - | - | - | - | - | - |

5.3. Теоретичний зміст програми навчальної дисципліни

| Тема навчального елементу (НЕ) | Зміст навчального елементу |
|--|--|
| НЕ 1.1. (Лекція) Задачі прогнозування. | Основи теорії стохастичного прогнозування. Постановка задачі. Модельні приклади. |
| НЕ 1.2. (Лекція) Загальна теорія прогнозування | Оптимальний предиктор і його властивості. Лінійне прогнозування. Використання у прогнозі додаткових змінних. |
| НЕ 1.3. (Лекція) Прогнозування стаціонарних послідовностей (загальний випадок) | Стаціонарні часові ряди. Лінійний предиктор та його оновлення. Асимптотична точність прогнозу. |
| НЕ 1.4. (Лекція) Параметричні моделі часових рядів | Загальна лінійна модель. Процеси ковзаючого середнього. Експоненційно зважений ковзаючим середнім предиктор. Процеси авторегресії. Змішані процеси. |
| НЕ 1.5. (Лекція) Нестаціонарні часові ряди | Визначення та представлення процесу авторегресії та проінтегрованого ковзаючого середнього (АРПКС). Прогнозування в моделі АРПКС. Приклади прогнозуючих функцій. |
| НЕ 2.1. (Лекція) Оцінювання параметрів моделі АРПКС | Ідентифікація моделі АРПКС (загальна схема). Оцінки найменших квадратів параметрів моделі АРКК(p,q). Метод максимальної правдоподібності. |
| НЕ 2.2. (Лекція) Елементи статистики стаціонарних процесів | Елементи статистики стаціонарних процесів. Оцінка середнього значення. Оцінка автоковаріації. Оцінка спектральної щільності. |
| НЕ 2.3. (Лекція) Ідентифікація моделей ARIMA (АРПКС) у системі STATISTICA | Ідентифікація порядку різниці моделі, стаціонарності моделі (АР(1), АР(2), КС(1), КС(2), АРКК(1,1)). Ідентифікація сезонних моделей АРПКС. |
| НЕ 2.4. (Лекція) Оцінювання параметрів моделей АРПКС та дослідження адекватності у системі STATISTICA | Оцінювання параметрів моделей АРПКС. Моделі АР(1), СС(1), АРКК(1,1). Дослідження адекватності моделі. |
| НЕ 2.5. (Лекція) Прогнозування АРПКС у системі STATISTICA | Прогноз модельних даних. Прогноз у випадку неадекватної моделі. |

| | |
|---|---|
| НЕ 2.6. (Лекція) Елементи технічного аналізу в системі STATISTICA | Графічний аналіз. Робота з графіками. Основні види тенденції. Згладжування методом ковзаючого середнього. |
|---|---|

5.4. Теми лабораторних занять

| ЗМ 1. Задачі прогнозування. Основні моделі часових рядів | | Год. |
|---|--|-----------|
| НЕ 1.6. (Лабораторне заняття) Опис модуля Time series analysis & Forecasting у системі STATISTICA Прогнозування часових рядів з використанням ARIMA у Python | Опис модуля Time series analysis & Forecasting у системі STATISTICA Виконання завдань з використанням бібліотек мови Python згідно із умовами. | 6 |
| НЕ 1.7. (Лабораторне заняття) Ідентифікація моделей ARIMA (АРПКС) Візуалізація часових рядів з використанням ARIMA у Python | Ідентифікація моделей ARIMA (АРПКС) у системі STATISTICA. Виконання завдань з використанням бібліотек мови Python згідно з умовами. | 6 |
| ЗМ 2. Оцінювання параметрів моделей | | |
| НЕ 2.7. (Лабораторне заняття) Оцінювання параметрів моделей АРПКС та дослідження адекватності Прогнозування часових рядів з використанням ARIMA та Prophet у Python | Оцінювання параметрів моделей АРПКС та дослідження адекватності у системі STATISTICA. Виконання завдань з використанням бібліотек мови Python згідно з умовами. | 6 |
| НЕ 2.8. (Лабораторне заняття) Прогнозування АРПКС | Прогнозування АРПКС у системі STATISTICA. Дослідження часових рядів із використанням бібліотеки Pandas мови Python [6, с.230-253]. | 6 |
| НЕ 2.9. (Лабораторне заняття) Елементи технічного аналізу Прогнозування часових рядів з використанням Sktime у Python | Елементи технічного аналізу в системі STATISTICA. Виконання завдань з використанням бібліотек мови Python згідно з умовами. | 6 |
| ВСЬОГО | | 30 |

5.5. Зміст завдань для самостійної роботи

Самостійна робота складається з повторення матеріалу, засвоєного на лекціях, самостійного опанування частини теоретичного матеріалу, роботи з контрольними запитаннями та завданнями.

Студент може додатково підготувати реферативну доповідь (з обов'язковим захистом реферата). Максимально можлива кількість балів за один виконаний реферат – 5. У кожному змістовому модулі студент може підготувати один реферат.

ВИМОГИ ДО РЕФЕРАТІВ

1. Реферати повинні бути виконані в текстовому редакторі Microsoft Word і надруковані на стандартному аркуші паперу формату А4 (шрифт Times New Roman, розмір 14 пунктів, відступи зліва – 3 см, зверху та знизу – 2 см, справа – 1 см, міжрядковий інтервал – одинарний).
2. Обсяг змістовної частини реферата – не менше десяти стандартних аркушів паперу (в цей обсяг не включається титульний лист та список літератури).
3. Титульний лист повинен містити такі відомості: назва міністерства, університету, кафедри, номер групи, назва реферату, прізвище, ім'я, по-батькові студента, рік написання реферату.
4. Змістова частина реферату повинна бути написана з використанням більше ніж одного літературного джерела. Процес написання реферату в жодному разі не повинен зводитися до дослівного списування сторінок книги.

Теми рефератів

| № | Тема | Література |
|----|---|----------------|
| 1 | Задачі стохастичного прогнозування | [4, с.241–247] |
| 2 | Опис модуля Time series analysis & Forecasting у системі STATISTICA | [4, с.47–113] |
| 3 | Загальна теорія стохастичного прогнозування | [4, с.248–270] |
| 4 | Прогнозування стаціонарних послідовностей (загальний випадок) | [4, с.271–278] |
| 5 | Параметричні моделі часових рядів | [4, с.279–305] |
| 6 | Нестаціонарні часові ряди | [4, с.306–325] |
| 7 | Оцінювання параметрів моделі авторегресії та проінтегрованого ковзаючого середнього (АРІКС) | [4, с.326–339] |
| 8 | Елементи статистики стаціонарних процесів | [4, с.340–359] |
| 9 | Ідентифікація моделей АRІМА (АРІКС) у системі STATISTICA. | [4, с.114–163] |
| 10 | Оцінювання параметрів моделей АРІКС та | [4, с.164–185] |

| | | |
|----|---|----------------|
| | дослідження адекватності у системі STATISTICA. | |
| 11 | Прогнозування АРПКС у системі STATISTICA. | [4, с.186–205] |
| 12 | Елементи технічного аналізу в системі STATISTICA. | [4, с.207–233] |

5.6. Тематика ІНДЗ

Студенти можуть отримати до 10 балів в рахунок ІНДЗ, якщо самостійно зареєструються на курсах платформи Coursera (за узгодженням з викладачем), пройдуть навчання, отримають відповідний сертифікат і надішлють його на сайт дистанційного навчання викладачу разом зі скріншотом успішності на курсі. Кількість балів буде виставлена пропорційно до навчальних результатів студента (згідно зі статистикою сайту Coursera).

Студенти можуть також в рахунок ІНДЗ:

- опрацювати модельні приклади з візуалізації даних засобами пакету Matplotlib мови Python з навчального посібника [6, с.262-341] та оформити звіт за результатами роботи;
- опрацювати модельні приклади роботи з даними засобами пакету Pandas мови Python з навчального посібника [6, с.129-219]; оформити звіт за результатами роботи.

Залежно від кількості опрацьованих прикладів ІНДЗ оцінюється від 1 до 15 балів.

Перелік додаткових завдань

| № навчального елемента | Додаткові завдання |
|------------------------|--|
| НЕ 1.7 | <ol style="list-style-type: none"> 1) проаналізувати запропоновану викладачем частину траєкторії часового ряду; 2) вилучити присутній у ряді лінійний тренд; 3) виконати запропоноване викладачем логарифмічне перетворення даних ряду; 4) виконати згладжування часового ряду ковзаючим середнім; 5) виконати згладжування часового ряду ковзаючою медіаною; 6) проаналізувати зміст параметрів Alpha, Delta, Gamma, Phi в експоненційному згладжуванні; 7) змістовно описати діалог Distributed Lags Analysis ППЗ STATISTICA. |
| НЕ 1.8 | <ol style="list-style-type: none"> 1) визначити поняття ідентифікації моделі АРПКС; 2) проаналізувати, як виражається критерій |

| | |
|---------------|---|
| | <p>нестационарності в термінах автокореляційної функції;</p> <p>3) охарактеризувати модель, коли вибіркова автокореляційна функція процесу має викид на лагу 1, решта значень не є значущими;</p> <p>4) охарактеризувати модель, коли вибіркова частинна автокореляційна функція процесу має викид на лагу 1, решта значень не є значущими;</p> <p>5) охарактеризувати поведінку частинної автокореляційної функції, якщо параметр ковзаючого середнього моделі КС(1) від'ємний;</p> <p>6) ввести до системи STATISTICA значення запропонованого викладачем часового ряду, провести ідентифікацію моделі.</p> |
| HE 2.7 | <p>1) охарактеризувати поведінку залишків ряду, коли побудована модель є адекватною;</p> <p>2) провести обчислювальний експеримент за допомогою ППЗ STATISTICA і дати відповідь на питання, чи можна на короткій траєкторії ряду отримати більш точні оцінки параметрів моделі АРКС, ніж на довгій траєкторії;</p> <p>3) провести обчислювальний експеримент за допомогою ППЗ STATISTICA і дати відповідь на питання, чи правильне наступне твердження: чим більш сильними є коливання траєкторії процесу АРПКС, тим менш точною є оцінка.</p> |
| HE2.8 | <p>1) обґрунтувати відповідь на питання, що відбудеться, якщо прогноз побудовано за допомогою неадекватної моделі;</p> <p>2) розглянути модель АР(2) з параметрами А і В. Побудувати траєкторію ряду, оцінити параметри, побудувати прогноз на Т кроків вперед та смугу надійності. Проаналізувати в системі 10 можливих продовжень ряду на 5 кроків вперед та їх положення відносно смуги надійності. Рівень надійності дрівнює Alpha, кількість спостережень 100;</p> <p>3) у запропонованій викладачем таблиці знаходяться значення індекса S&P-500 (середньоваговий індекс, розрахований на базі котування акцій 500 компаній). Підберіть до цього ряду модель АРПКС.</p> |
| HE 2.9 | <p>1) вивчити бібліотеку розподілів вбудованої мови програмування STATISTICA BASIC;</p> <p>2) вивчити спеціальні функції вбудованої мови програмування STATISTICA BASIC;</p> |

| | |
|--|---|
| | 3) вивчити засоби побудови макрокоманд у STATISTICA; 4) вивчити командну мову системи STATISTICA – SCL (Statistica Command Language), що дозволяє виконувати статистичну обробку даних у пактеному режимі. |
|--|---|

5.7. Модуль-контроль

(контрольні питання до дисципліни, для самоконтролю та самоперевірки)

1. Основи теорії стохастичного прогнозування. Постановка задачі. Модельні приклади.
2. Оптимальний предиктор і його властивості. Лінійне прогнозування. Використання у прогнозі додаткових змінних.
3. Стаціонарні часові ряди. Лінійний предиктор та його оновлення. Асимптотична точність прогнозу.
4. Загальна лінійна модель. Процеси ковзаючого середнього. Експоненційно зважений ковзаючим середнім предиктор.
5. Процеси авторегресії. Змішані процеси.
6. Прогнозування в моделі АРПКС. Приклади прогнозуючих функцій.
7. Визначення та представлення процесу авторегресії та проінтегрованого ковзаючого середнього (АРПКС).
8. Ідентифікація моделі АРПКС (загальна схема).
9. Оцінки найменших квадратів параметрів моделі АРКС(p,q). Метод максимальної правдоподібності.
10. Провести ідентифікацію моделі АRIMA (АРПКС).
11. Провести згладжування методом ковзаючого середнього.
12. Провести оцінювання параметрів моделі АРПКС та дослідити адекватність моделі.
13. Провести прогнозування моделі АРПКС.
14. Навести математичну модель елементів статистики стаціонарних процесів. Провести оцінку середнього значення.
15. Навести оцінку автоковаріації та спектральної щільності.
16. Навести математичну модель процесів авторегресії.
17. Навести приклади прогнозуючих функцій для нестаціонарних часових рядів.
18. Дати обґрунтування необхідності використання змішаних процесів у параметричних моделях часових рядів.
19. Дати оцінку автоковаріації у статистиці стаціонарних процесів.
20. Дати аналіз моделі АР(1).
21. Навести алгоритм ідентифікації порядку різниці моделі.
22. Дати аналіз моделі КС(1).
23. Навести алгоритм ідентифікації стаціонарності моделі.
24. Дати аналіз моделі АРКС(1,1).
25. Визначити алгоритм дослідження моделі на адекватність.

26. Дати аналіз моделі AP(2).

27. Дати аналіз моделі KC(2).

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

Формами поточного контролю є усна чи письмова (тестування, реферат, лабораторна робота, ІНДЗ) відповідь студента.

Формою підсумкового контролю є залік.

Засоби оцінювання

Усний контроль у вигляді індивідуального та фронтального опитування на лекціях та лабораторних заняттях, захист лабораторних робіт та індивідуального навчально-дослідницького завдання; письмовий контроль у вигляді контрольних робіт, тестів, підсумкове тестове опитування.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

Мінімальний пороговий рівень оцінки визначається за допомогою якісних критеріїв і трансформується в мінімальну позитивну оцінку використовуваної числової (рейтингової) шкали.

Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | Модуль-контроль | Сума |
|---|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------------|------|
| Змістовий модуль №1 | | Змістовий модуль № 2 | | | | |
| HE 1.6 | HE 1.7 | HE 2.7 | HE 2.8 | HE 2.9 | | |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 30 | 100 |

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

| Оцінка за національною шкалою | Оцінка за шкалою ECTS | |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | Оцінка (бали) | Пояснення за розширеною шкалою |
| Відмінно | A (90-100) | відмінно |
| Добре | B (80-89) | дуже добре |
| | C (70-79) | добре |

| | | |
|---------------------|------------|--|
| Задовільно | D (60-69) | задовільно |
| | E (50-59) | достатньо |
| Незадовільно | FX (35-49) | (незадовільно) з можливістю повторного складання |
| | F (1-34) | (незадовільно) з обов'язковим повторним курсом |

7. Рекомендована література

7.1. Основна

1. Стандарт вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 12 – Інформаційні технології, спеціальність – 124 Системний аналіз. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 18.03.2021 р. № 331.
2. Юрченко І.В. Стохастичне прогнозування.– Чернівці: Видавничий дім “Родовід”, 2014.– 76 с.
3. Мамчич Т.І., Оленко А.Я., Осипчук М.М., Шпортюк В.Г. Статистичний аналіз даних з пакетом STATISTICA.– Дрогобич: Видавнича фірма “Відродження”, 2006.– 208 с.
4. Боровиков В.П., Івченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде WINDOWS.– М.: Финансы и статистика, 2000.– 384 с.
5. Буреєва Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”.– Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2007.– 112 с.
6. Плас Дж.Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение.– СПб.: Питер, 2018.– 576 с.
7. Coursera: global online learning platform. Course: “Machine Learning Foundations: A Case Study Approach (by University of Washington)”. Predicting house prices assignment.

<https://www.coursera.org/learn/ml-foundations/supplement/RP8te/predicting-house-prices-assignment>

8. Coursera: global online learning platform. Course: “Machine Learning Foundations: A Case Study Approach (by University of Washington)”. Analyzing product sentiment assignment.

<https://www.coursera.org/learn/ml-foundations/supplement/phb1M/analyzing-product-sentiment-assignment>

7.2. Допоміжна

9. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика.– М.: Высшая школа, 1991.– 400 с.
- 10.Королук В.С. Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике.– К.: Наук. думка, 1978.– 582 с.

8. Інформаційні ресурси

<http://moodle.chnu.edu.ua>

<https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>

<http://www.statsoft.ru>