
ПЪРВА ГЛАВА

ВРЕМЕВИ РЕДОВЕ

1. СЪЩНОСТ

Времевият ред (time series) представя количественото изменение на едно явление във времето. Това е начин за представяне на информацията, която отразява последователността на настъпване на различни събития във времето. Една от най-важните разлики на **времевите данни** спрямо **данните в статика** е, че при данните в статика те са независими. Това означава, че при тях можем да сменяме местоположението на единиците и нищо в анализа няма да се промени. Например Валентин, Венелин и Васил имат оценки по статистика 6, 5 и 4. Както и да подредим оценките, средният успех винаги ще бъде „много добър“ (5). Във времето обаче данните не са независими. Това означава, че не можем да сменяме произволно поредността на данните, защото всяка стойност е свързана с определен времеви момент или период.



Таблица 1. Таблично представяне на данни в статика (А) и времеви данни (Б)

А) Данни в статика

№ Община	Безработни в няколко общини в страната към 2023 г. (в бр.)
1	674
2	733
3	727
4	781
5	891

Източник: Данните са фиктивни.

Б) Времеви данни

Година	Потребление на цигари средно на лице (в бр.) ¹
2018	674
2019	733
2020	727
2021	781
2022	891

Източник: НСИ.

¹ Приложение 1.

Времевите редове могат да бъдат представени в различни формати: таблица, графика, списъци и други, в зависимост от целта и от контекста на използване. Визуално данните в статика и динамика до известна степен си приличат.

При времевите редове обаче времето винаги присъства в явен вид и включва дата или някакъв времеви маркер, който указва кога е настъпило всяко събитие. В противен случай те ще приличат на данни в статика.

Таблица 2. Символно представяне на данните в статика (А) и времеви данни (Б)

А) Данни в статика

№	X
1	674
2	733
3	727
4	781
5	891

Б) Времеви данни

t	Y
t ₁	674
t ₂	733
t ₃	727
t ₄	781
t _n	891

2. ВИДОВЕ ВРЕМЕВИ РЕДОВЕ

Традиционното разграничение на времевите редове е на моментни и периодни, стационарни (без тенденция на развитие) и нестационарни (с тенденция) и др.² За софтуера, с който ще се работи, по-важно е разграничението им на **периодични** и **непериодични** времеви редове. Когато данните се рестартират по естествен начин, след което започва отново да тече период със същата продължителност като предходния, тогава говорим за периодичен времеви ред. Например при месечни данни в рамките на няколко последователни години има периодичност, равна на 12 месеца, която се повтаря всяка следваща година. Такова естествено рестартиране обикновено е свързано например със смяната на дните в рамките на седмицата, смяната на часовете в рамките на денонощие и т.н.

Друга индикация, че редът е периодичен, е, когато в софтуера редът се указва най-малко с две думи: Years, quarters; Weeks, days; Days, hours и др.

Определянето на вида на времевия ред е изключително важно, защото само при периодичните редове може да има сезонност. Периодичният ред е предпоставка за наличие на сезонност, но не е задължително условие за нея. Това означава, че за да има сезонност един ред, той задължително трябва да бъде периодичен, но не всеки периодичен ред съдържа в себе си сезонност.

² За повече информация относно видовете времеви редове виж Атанасов (2018), с. 10.

Примери за периодични времеви редове и тяхната периодичност (Π):

- месечни данни за няколко години ($\Pi = 12$);
- тримесечни данни за няколко години ($\Pi = 4$);
- дни на седмицата за няколко седмици ($\Pi = 7$);
- часове на денонощието за няколко дни ($\Pi = 24$).

3. АНАЛИЗ НА ВРЕМЕВИ РЕДОВЕ

Анализът на времеви редове има за цел да установява закономерности във времето, за да открива тенденции, зависимости, вариации, цикличност, сезонност, фактори и други систематични или случайни влияния. Много често се използва за прогнозиране на бъдещи стойности на времевия ред особено при финансови и икономически показатели, климатични данни и др. За извършване на анализ на времеви редове могат да бъдат използвани различни модели, като тук ще бъдат разгледани три от тях:

- ✓ **трендови модели;**
- ✓ **модели на експоненциално изглаждане;**
- ✓ **ARIMA модели.**

Всички те ще бъдат показани в софтуерна среда на IBM SPSS Statistics v.26 (наричана за кратко само SPSS).

4. ЕТАПИ НА АНАЛИЗА

Анализът на времеви ред обикновено включва:

- А) Построяване на графика на времевия ред.
- Б) Изчисляване и тълкуване на елементарни показатели на развитие.
- В) Изследване на основните компоненти на развитие на времевия ред.
- Г) Изследване на зависимости.
- Д) Прогнозиране.

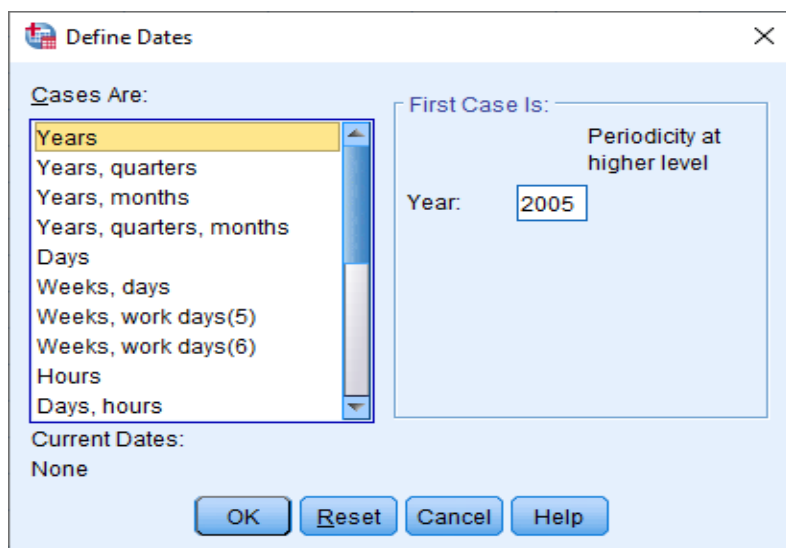
А. ПОСТРОЯВАНЕ НА ГРАФИКА НА ВРЕМЕВИЯ РЕД

Построяването на графика ще бъде показано и обяснено чрез решаването на следната задача.

Задача 1. Да се построи графика на годишните данни³ за променливата „Детски ясли“ (в бр.) в България за периода 2005 – 2022 г., използвайки данни от Националния статистически институт.

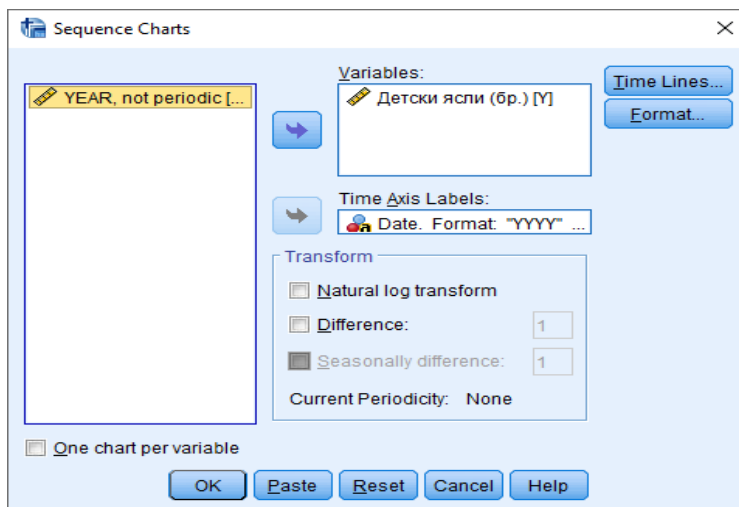
Когато за първи път се въведат данни в SPSS, софтуерът по подразбиране разчита данните като такива в статика. Ако се спре дотук, той няма да разбере, че борави с времеви ред и няма да бъде функционален по отношение на анализите, провеждани за времеви редове. Затова е нужно да му се посочи, че данните са с времеви характер. Тази процедура се нарича **датиране** и става от меню **Data/Define Date and Time**. Програмата предоставя широк набор от възможности за датиране на един времеви ред според неговия характер.

Тъй като данните за детските ясли са годишни, в *Cases Are* се избира **Years**. Данните започват от 2005 г., затова във *First Case Is* се записва **2005**, след което се избира бутон **OK**. Софтуерът датира данните от 2005 г. до последната налична година (2022), като добавя две нови променливи YEAR и DATE, и вече „знае“, че данните са с времеви характер.



След като редът е датиран, построяването на графика става от **Analyze/Forecasting/Sequence Charts**. В поле *Variables* се прехвърля променливата, на която искаме да построим графика – в случая броят на детските ясли. В поле *Time Axis Labels* се прехвърля променлива DATE, защото тя е по-детайлната от двете конструирани при датирането от софтуера променливи. След това се натиска бутон **OK**.

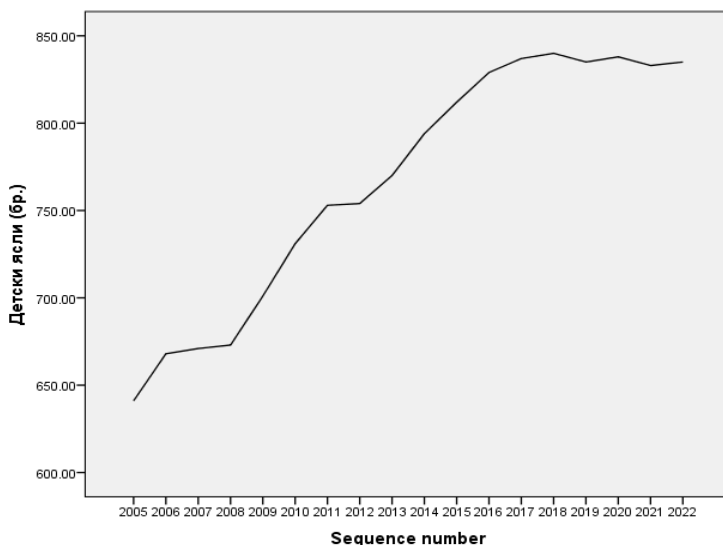
³ Приложение 2.



След изпълнение на процедурата софтуерът построява графиката на времевия ред на броя на детските ясли.

От графиката се вижда, че за периода 2005 – 2018 г. има увеличение на броя на детските ясли, а след това техният брой остава сравнително постоянен – малко над 800.

При необходимост от меню Data/Select Cases е възможно да се посочи ограничен диапазон от времевия ред, с който да се извършват последващите анализи.



Фиг. 1. Брой на детските ясли в страната за периода 2005 – 2022 г.

Б. ИЗЧИСЛЯВАНЕ И ТЪЛКУВАНЕ НА ЕЛЕМЕНТАРНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА РАЗВИТИЕ

Елементарните показатели на развитие включват изчисления на абсолютни обеми, абсолютни прирасти, темпове на растеж, темпове на прираст, среден абсолютен прираст, среден темп на растеж и други. Тази част от анализа на времевия ред няма да бъде разгледана, но читателят ще бъде насочен към книгите „Статистически анализ на времеви редове“ (Мишев и Гоев 2010: 20) и „Статистически методи за анализ на динамични редове“ (Атанасов 2018: 32). Решението на част от показателите в софтуера се осъществява чрез меню **Transform/Compute Variable**.

В. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ КОМПОНЕНТИ НА РАЗВИТИЕ НА ВРЕМЕВИЯ РЕД

Времевият ред (Y) традиционно може да съдържа четири компонента: тренд (T), цикличност (C), сезонност (S) и случаен компонент (ϵ).

$$Y = f(T, C, S, \epsilon)$$

Когато редът е непериодичен, той може да съдържа само тренд, цикличност и случаен компонент. *Случайният компонент* има временен характер и присъства винаги във времевите редове. Изключение може да има при много къси редове, в които е възможно да няма случаен компонент. *Трендът* представлява трайна възходяща или низходяща тенденция на времевия ред. *Цикличността* представлява трайно действащи причини, проявяващи се през определен период. За да бъде уловена цикличността, тя трябва да включва доста наблюдения и да се съдържа поне 5 пъти в дължината на времевия ред. Това означава, че ако една цикличност се проявява през 50 години, времевият ред трябва да съдържа поне 250 наблюдения.⁴ Ако редът не е достатъчно дълъг, компонентът на цикъла се прибавя към компонента на тренда (T_c):

$$Y = f(T_c, \epsilon)$$

Когато редът е периодичен, той може да съдържа и сезонност. *Сезонността* представлява трайно действащи причини, проявяващи се през определен период в рамките на една година. Така в най-честия случай при непериодичен ред има компонентите тренд и случаен компонент, а при периодичен ред е възможно да има и сезонност:

⁴ За повече информация за компонентите на развитие виж Атанасов (2018), с. 15.

Непериодичен ред

$$Y = f(T_c, \varepsilon)$$

Периодичен ред

$$Y = f(T_c, S, \varepsilon)$$

Помежду си компонентите могат да бъдат свързани по два начина – със знак плюс: адитивно (**additive**), или със знак умножение: мултипликативно (**multiplicative**). Видът на свързване зависи от амплитудата на цикличността при непериодичните и от амплитудата на сезонността при периодичните редове. Когато амплитудата се променя с течение на времето (намалява или се увеличава), тогава е препоръчително връзката между компонентите да бъде мултипликативна. Ако не е сигурно или се съмняваме дали амплитудата е постоянна, отново е препоръчително да се предположи, че тя е мултипликативна. Затова в голям процент от случаите формата между компонентите се оказва мултипликативна.

За да се определи какви компоненти притежава изследваният времеви ред, има два подхода: *графичен* и *аналитичен*.

- **Графичен подход за определяне на основните компоненти** – на базата на построената графика на времевия ред може да се предположи какви компоненти съдържа той. Този начин е познавателен и невинаги може категорично да посочи съставните компоненти на реда, но до известна степен може да ни подсказва за наличието им.
- **Аналитичен подход за определяне на основните компоненти** – на базата на автокорелационната функция (ACF). Нарича се още коефициент на автокорелация от първи порядък.⁵ Този начин дава определена сигурност, че времевият ред съдържа даден компонент. С него можем да определим наличие на тренд и сезонност.

Графично невинаги може да бъдем сигурни за компонентите в дадено явление, затова е препоръчително винаги да се използват и графичният, и аналитичният подход и да се взема решение на базата на двата подхода в комбинация.

Изследването на компонентите ще бъде показано чрез **няколко задачи**, които ще представят **различни типове времеви редове**:

- а. Непериодичен времеви ред с тренд (задача 2).
- б. Периодичен ред с тренд и сезонност (задача 3).
- в. Периодичен ред без тренд, но със сезонност (задача 4).
- г. Периодичен ред без нито един компонент (задача 5).

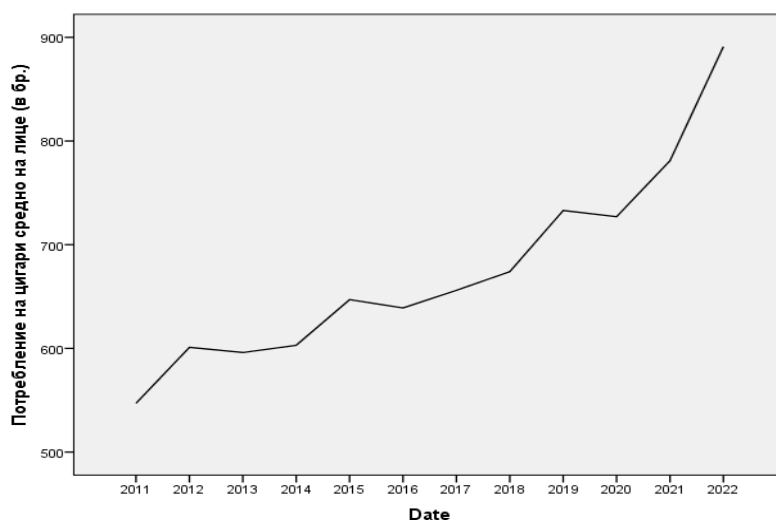
⁵ За повече информация за коефициента от първи порядък виж Атанасов (2018), с. 60.

5. ЗАДАЧИ, ПРЕДСТАВЯЩИ РАЗЛИЧНИТЕ ТИПОВЕ ВРЕМЕВИ РЕДОВЕ

а. Непериодичен времеви ред с тренд

Задача 2. Да се построи графика на годишните данни⁶ за „Потребление на цигари средно на лице“ (в бр.) в България за периода 2011 – 2022 г., използвайки данни от Националния статистически институт, и на базата на графичния и на аналитичния подход да се предположи какви са компонентите, които съдържа времеви ред.

Редът първо трябва да се датира. Тъй като данните са годишни, от меню **Data/Define Date and Time** се избира *Years (Years = 2011)*. След като редът е датиран, построяването на графика става от **Analyze/Forecasting/Sequence Charts**. В поле *Variables* се прехвърля променливата потребление на цигари. В поле *Time Axis Labels* се прехвърля променливата DATE, след което се натиска бутон **OK**.



Фиг. 2. Потребление на цигари за периода 2011 – 2022 г.

Потреблението на цигари за разглеждания период расте от 547 за 2011 г. до 891 през 2022 г., като през 2022 спрямо 2021 г. увеличението е най-голямо (стръмно).

- **Графичен подход за определяне на основните компоненти**

⁶ Приложение 1.

Данните за потреблението на цигари са годишни, което определя характера на времевия ред като **непериодичен**. Това изключва възможността той да съдържа сезонен компонент. Редът включва само 12 наблюдения, което изключва възможността той да съдържа цикличен компонент. На теория редът може да съдържа само тренд и случаен компонент.

$$Y = f(T, \varepsilon)$$

От графиката се вижда, че потреблението на цигари за периода бележи устойчива **тенденция** (Т) на увеличение – от 547 цигари средногодишно за 2011 г., достигайки до 891 цигари средногодишно през 2022 г. Това подсказва, че в реда се очаква да има *възходящ тренд*. Линията на нарастване на потреблението не е абсолютно права линия, което означава, че в явлението има **случаен компонент** (ε). Компонентите, които вероятно съдържа потреблението на цигари, са възходящ тренд и случаен компонент.

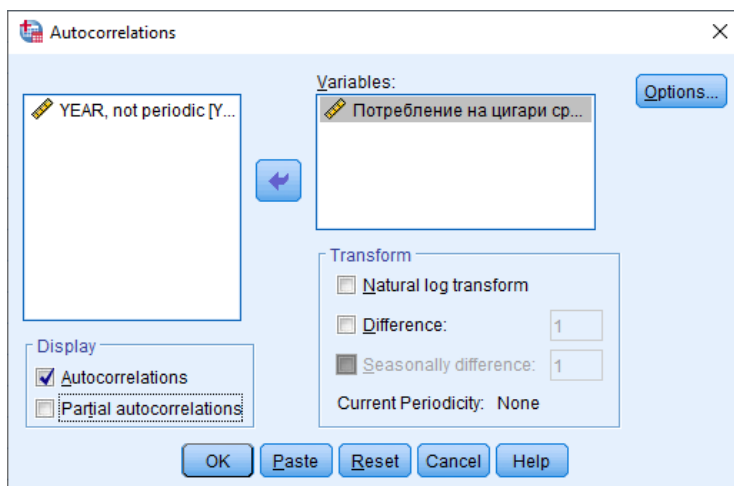
$$Y = f(T, \varepsilon)$$

Когато един времеви ред (независимо дали е периодичен, или непериодичен) съдържа само тренд и случаен компонент, връзката между тях винаги е със знак плюс (**адитивна**):

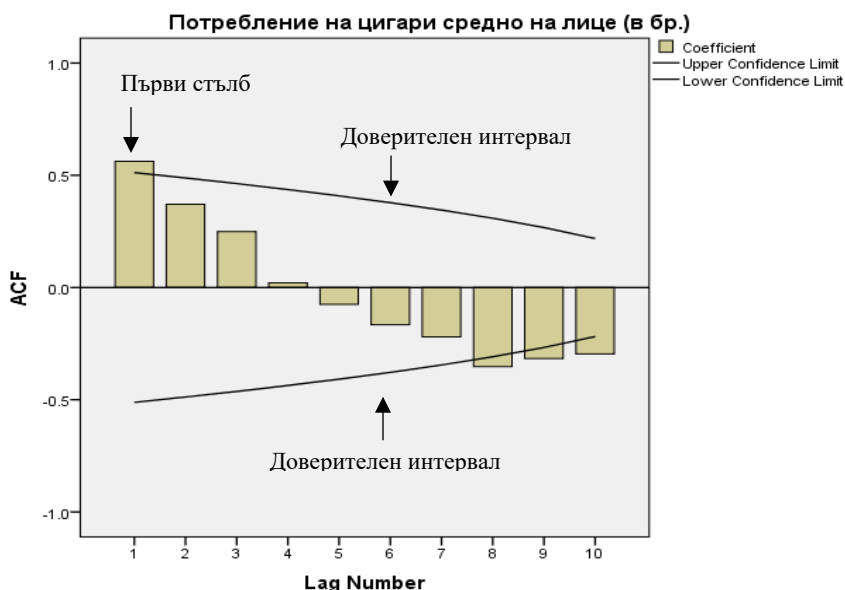
$$Y = T + \varepsilon$$

- **Аналитичен подход за определяне на основните компоненти**

За да се използва този подход, е необходимо първо да се представи нагледно автокорелационна функция (ACF). Това става от меню **Analyze/Forecasting/Autocorrelations**. В поле *Variables* се прехвърля променливата „Потребление на цигари“. В поле *Display* се маркира отметката **Autocorrelations**, след което се натиска бутон **OK**.



Появява се следната графика:



Фиг. 3. Графично изображение на автокорелационната функция (ACF) на потреблението на цигари за периода 2011 – 2022 г.

За наличието на тренд се съди по първия стълб (коефициент на автокорелация от първи порядък). Ако във времевия ред има **тренд**, първият стълб (който се намира най-вляво) излиза извън линиите (границите на доверителния интервал).⁷ Ако обаче първият стълб е извън границите на доверителния интервал, това невинаги означава, че във времевия ред има тренд. За да сме по-убедени, че в реда има тренд, се разглежда поведението на следващите стълбчета. Ако те намаляват плавно след първия (както е в случая), това показва, че откритият тренд е устойчив и може да сме сигурни, че явлението притежава такъв.

Това, което предположихме с графичния подход, беше потвърдено и от аналитичния подход, затова може да се каже, че в изследвания времеви ред на потребление на цигари има **тренд** и **случаен компонент**, свързани с **адитивна форма**:

$$Y = Tc + \varepsilon$$

⁷ За повече информация за доверителните интервали виж Калоянов (2014), с. 231.