

УДК 519.67

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО РЯДА В PYTHON С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ХОЛЬТА-УИНТЕРСА



С.К. Корсакова

Студентка группы 121701,
БГУИР
swe123ta@gmail.com



Н.В. Русина

Старший преподаватель
кафедры экономической
информатики БГУИР
rusina@bsuir.by



В.М. Бондарик

Декан факультета
доуниверситетской
подготовки и
профессиональной
ориентации БГУИР,
кандидат технических наук,
доцент
bondarik@bsuir.by

С.К. Корсакова

Является студенткой группы 121701 факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Н.В. Русина

Окончила Могилёвский государственный университет им. А. Кулешова. Область научных интересов связана с разработкой информационной системы электронного зачисления в ВУЗы, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

В.М. Бондарик

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой медицинской электронной техники, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Прогнозирование – один из способов планирования, который позволяет провести подготовку к ситуациям, которые могут возникнуть в будущем, помогая тем самым оптимизировать расходы ресурсов: временных, материальных и т.д. Прогнозирование может применяться в любой социальной сфере: в экономике, образовании, медицине, бизнесе, на производстве и т.д. В данной статье рассматривается один из способов прогнозирования с помощью временного ряда методом Хольта-Уинтерса.

Ключевые слова: временной ряд, метод Хольта-Уинтерса, прогнозирование.

Введение. Прогнозирование является важнейшим аспектом процесса стратегического управления, поскольку позволяет ставить реалистичные цели, принимать эффективные решения и оптимизировать работу организации с помощью стратегически полезных инструментов. Социально-экономические преобразования можно осуществить с использованием методов методического прогнозирования в стратегии управления, что значимо в рыночных условиях.

Цель прогноза – получение научно-обоснованных вариантов тенденций развития показателей качества и затрат, используемых при разработке перспективных планов и

проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и всей системы менеджмента.

Прогнозирование предполагает обоснованные предположения о будущих событиях, которые могут повлиять на развитие предприятия. Предприятия могут прогнозировать продажи, финансы, потребительский спрос и рыночные изменения, изучая прошлые данные, тенденции и закономерности. Прогнозирование помогает принимать решения, планировать и управлять рисками. Методы прогнозирования обычно включают анализ больших массивов данных и использование статистических моделей. Прогнозы обычно носят вероятностный характер. Непредвиденные события могут повлиять на прогнозы, поэтому важно регулярно просматривать и обновлять их по мере поступления новой информации.

При построении прогноза обычно используют математические методы для анализа больших массивов исходных данных, в качестве которых часто выступают временные ряды.

Временной ряд – это последовательность значений, которые определяются в определённом временном промежутке. Временные ряды удобно использовать для анализа и прогноза в том случае, когда необходимо определить, что будет происходить в определённый временной интервал (час, день, месяц или год) [1].

Прогнозирование временных рядов – это процесс анализа данных временных рядов с использованием статистики и моделирования для последующего прогнозирования и принятия важных решений.

Временные ряды делятся на детерминированные и недетерминированные. В первом случае временной ряд может быть выражен математической формулой, что упрощает анализ и прогнозирование. Для недетерминированных временных рядов прогнозирование усложняется, так как анализ и прогнозирование происходит по средним значениям и дисперсии [1].

Временные ряды могут быть стационарными или нестационарными. В стационарных временных рядах статистические свойства не зависят от времени и, следовательно, их результат легко спрогнозировать. В то время как в нестационарных рядах статистические свойства меняются со временем, поэтому и результат предсказать сложно [1].

Использование различных математических методов для анализа временных рядов позволяет автоматизировать процесс прогнозирования.

Описание метода Хольта-Уинтерса и реализация его на языке программирования Python. В статье представлена реализация алгоритма прогнозирования с использованием метода Хольта-Уинтерса на языке программирования Python. В качестве организации, для которой строится прогноз развития, выбрано физиотерапевтическое отделение поликлиники. Проводится анализ эффективности функционирования физиотерапевтического отделения поликлиники с учетом временных и технических возможностей физиотерапевтического оборудования, его пропускной способности, оптимального использования человеческого ресурса медицинского персонала.

Метод Хольта-Уинтерса (тройное сглаживание) принимает в расчет изменение тренда и колебания значений остатков вокруг этого тренда, а также дополнительно учитывает сезонные колебания и является развитием метода Хольта (двойное сглаживание) [2, 3].

Временной ряд можно разложить на 3 составляющие: тренд, сезонность и случайная составляющая. Модель Хольта-Уинтерса использует идеи экспоненциального сглаживания, но при этом является более сложной и может применяться к рядам, содержащим тенденцию и сезонность. Данная модель работает по достаточно сложным

математическим формулам. Эту модель предложено реализовать в одной из библиотек *Python*, где не требуется программировать все формулы самостоятельно.

Прогнозирование реализовано с использованием метода *statsmodels.tsa.holtwinters.ExponentialSmoothing()*. В данном методе, в зависимости от наличия во временном ряду тренда и сезонности, добавляются или убираются параметры *trend* и *seasonal*, а также определяют периодичность сезонности параметром *seasonal_periods*.

Для реализации модели были использованы следующие библиотеки: *pandas* для упрощения работы с табличными данными, *numpy* для математических операций, *statsmodels* для разбиения временного ряда на компоненты и последующего прогнозирования, а также *sklearn* для оценки построенной модели.

Выполнено прогнозирование методом Хольта-Уинтерса путем обработки массива данных о ежемесячном количестве пациентов физиотерапевтического отделения поликлиники в период с 2009 по 2020 годы (таблица 1).

Таблица 1. Часть исходного массива данных (всего 144 строки)

№	Month	Patients	Month*	#Patients
0	2009-01	112	2009-01-01	4.718499
1	2009-02	118	2009-02-01	4.770685
2	2009-03	132	2009-03-01	4.882802
3	2009-04	129	2009-04-01	4.859812
4	2009-05	121	2009-05-01	4.795791
5	2009-06	135	2009-06-01	4.905275
6	2009-07	148	2009-07-01	4.997212
7	2009-08	148	2009-08-01	4.997212
8	2009-09	136	2009-09-01	4.912655
9	2009-10	119	2009-10-01	4.779123
10	2009-11	104	2009-11-01	4.644391
...				

При реализации алгоритма на языке программирования *Python* заменили индексы данных на *Datetime* (см. таблицу 1, столбец *Month**):

```
data['Month'] = pd.to_datetime(data['Month'])
data = data.set_index('Month')
```

Для исключения вероятности применения неправильной модели и с целью применения аддитивной модели разложения временного ряда прологарифмировали данные столбца *Patients* (см. таблицу 1, столбец *#Patients*).

По результатам моделирования с использование разработанного на языке программирования *Python* программного обеспечения и временного ряда (см. таблицу 1) получили графики составляющих временного ряда (тренд, сезонность и случайные колебания) (рисунок 1).

По полученным компонентам можно определить вид ряда с точки зрения стационарности. В стационарном ряду такие компоненты как тренд и сезонность отсутствуют, а в нестационарном – есть. Определение наличия или отсутствия этих компонент необходимо для выбора вида модели и последующего моделирования. Анализ графиков на рисунке 1 позволяет сделать вывод о том, что используемый временной ряд нестационарный.

Для построения модели Хольта-Уинтерса и прогнозирования временного ряда разделили имеющийся массив данных из 144 наблюдений на обучающую и тестовую части по 124 и 20 строки соответственно.

Последующие тренировка и прогнозирование позволили визуализировать результат моделирования (рисунок 2) и доказали, что полученное предсказание соответствует действительности.

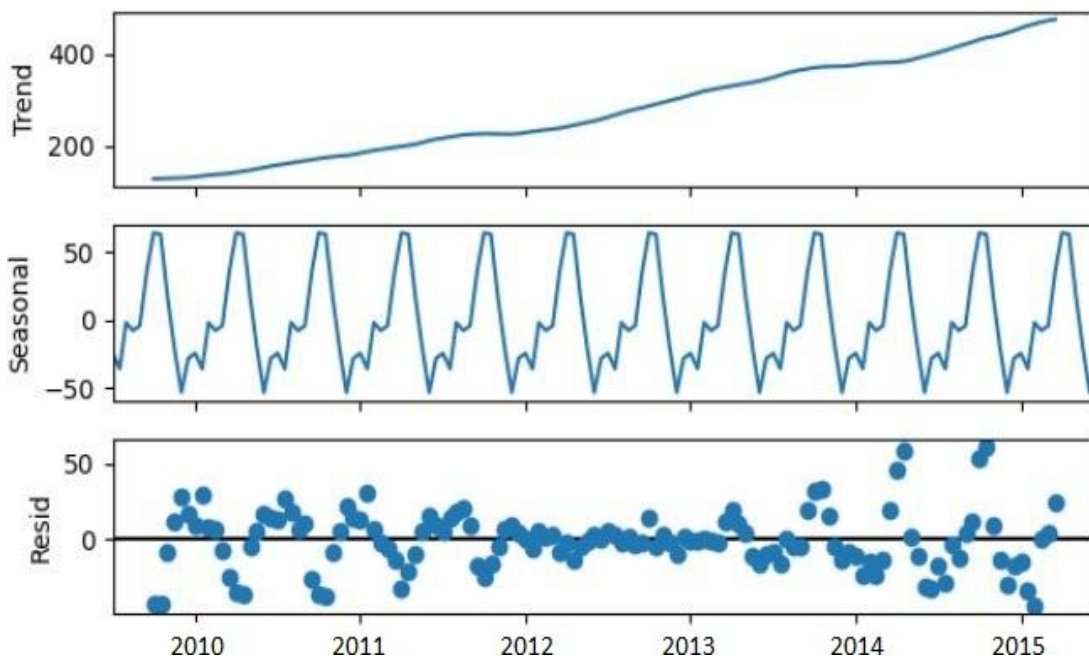


Рисунок 1. Тренд, сезонность и случайные колебания

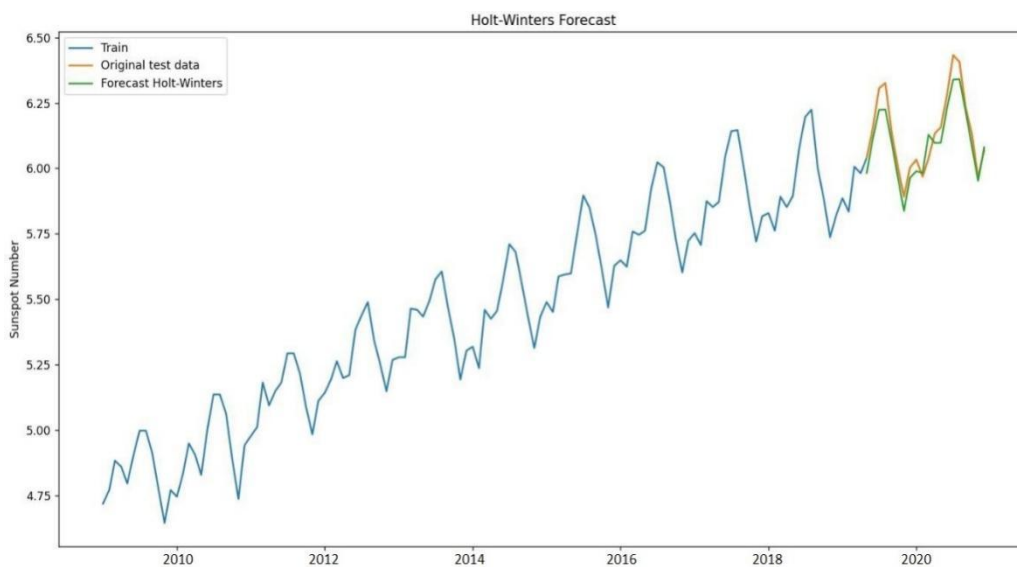


Рисунок 2. Визуализация процесса обучения и прогнозирования

Далее провели оценку результатов прогнозирования, которая включает в себя оценку остатков, определение среднеквадратичной ошибки и коэффициента детерминации (рисунок 3).

Анализ результатов моделирования показал, что систематические отклонения остатков незначительно отклонялись от нуля, что свидетельствует о том, что модель хорошо прогнозирует данные.

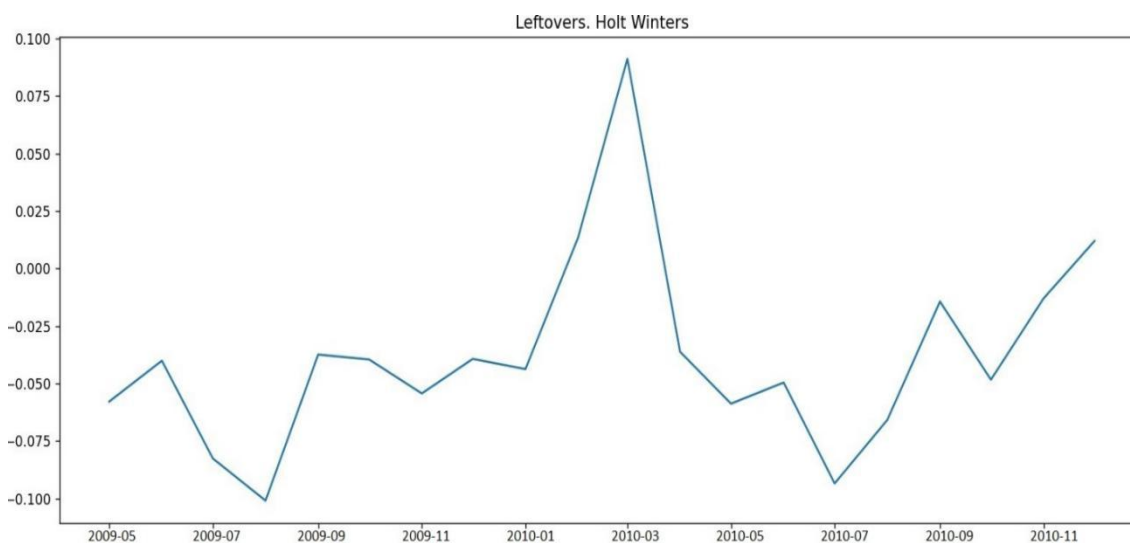


Рисунок 3. Оценка результатов прогнозирования

Рассчитанная по предложенной модели среднеквадратичная ошибка (*Square error of Holt Winter predictions*) оказалась равна 0.0031541506272186695. Полученная ошибка говорит о том, что спрогнозированные значения не сильно отличаются от эталонных значений. Рассчитанный по предложенной модели коэффициент детерминации (*Determination coefficient for Holt Winters*) оказался равен 0.8572937678697624. Полученный коэффициент показывает, что дисперсия модели достаточно мала и модель хорошо описывает данные.

Таким образом, предложенная модель адекватна и имеет высокую значимость.

Заключение. Предложенный для прогнозирования процессов с длительными временными интервалами метод Хольта-Уинтерса учитывает одновременно несколько факторов и строит прогнозы на большой промежуток времени, учитывая значительные неравномерности в распределении значений временных рядов. Применение предложенной модели позволяет заранее спланировать график работы медицинского персонала физиотерапевтического отделения поликлиники, оптимизировать затраты на использование и обслуживание оборудования, не теряя при этом качество обслуживания.

Прогнозирование с помощью метода Хольта-Уинтерса позволяет правильно устанавливать реалистичные цели и задачи для своей деятельности. Прогнозируя результаты развития организации, позволяют устанавливать достижимые цели и отслеживать их прогресс с течением времени.

Список литературы

[1] Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. Москва : Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

[2] Светуных, И. С. Методы социально-экономического прогнозирования в 2 т. Т. 2 модели и методы : учебник и практикум для вузов / И. С. Светуных, С. Г. Светуных. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 447 с.

[3] Эконометрика. Учебник / Под ред. Елисейевой И. И. – 2-е изд. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 576 с.

Авторский вклад

Корсакова Светлана Константиновна – программирование в *Python* метода Хольта-Уинтерса, тестирование системы, получение и обработка результатов исследования.

Русина Наталья Владимировна – постановка задачи исследования, описание принципа работы метода Хольта-Уинтерса, анализ полученных результатов.

Бондарик Василий Михайлович – руководство исследованием по решению задачи прогнозирования с помощью метода Хольта-Уинтерса, формирование структуры статьи.

TIME SERIES PREDICTION IN PYTHON USING HOLT-WINTERS METHOD

S.K. Korsakova

Student of group 121701, BSUIR

N.V. Rusina

*Senior Lecturer, Department of
Economic Informatics, BSUIR*

V.M. Bandaryk

*Dean Faculty of Pre-University
Preparation and Occupational
Guidance of BSUIR,
PhD of Technical Sciences,
Associate Professor*

Annotation. Forecasting is always ahead of reality. It is one of the ways of planning, which allows to make preparations for situations that may arise in the future, thus helping to optimize the expenditure of resources: time, material, etc. Forecasting can be applied in any social sphere: in economics, education, medicine, business, production, etc. This article considers one of the methods of forecasting with the help of time series.

Keywords: time series, Holt-Winters method, forecasting.