

УДК 517.925:612.8

Алгоритм исследования динамики сердечно-сосудистых заболеваний

Сайфетдинов С.Ф., Мамедова Т.Ф.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

Аннотация: В данной работе представлен алгоритм исследования развития динамики сердечно-сосудистых заболеваний на основе метода Е.В. Воскресенского. Разработано программное обеспечение на языке Python, которое автоматизирует этот алгоритм. Представлена графическая интерпретация полученных результатов.

Ключевые слова: разделенные разности, метод Рунге-Кутты, python, конус решений, метод Е.В. Воскресенского.

1. Введение

Своевременная и точная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний является важной задачей современной медицины. Традиционные статистические методы обработки данных, полученных из электрокардиографии, ультразвуковых исследований и лабораторных анализов, не позволяют выявлять заболевания на ранних этапах, тратят значительные временные ресурсы и могут быть субъективны. В этой работе представлен новый метод обработки больших объёмов статистической информации предложенный Е.В.Воскресенским. Этот метод разработан на основе теории дифференциальных включений и теории сравнения. Здесь точность результата прогнозирования повышается за счет построения интегральной воронки (конуса) всех возможных решений [1, 2]. Кратко алгоритм этого метода состоит в следующем. По имеющимся статистическим данным, определяющим параметры исследуемого процесса, строится специального вида таблица. Далее по данным этой таблицы определяются значения скоростей изменения параметров процесса, то есть разделенные разности и заносятся в следующую новую таблицу. Затем составляется следующая таблица, в которую заносятся статистические данные последнего года, и минимумы и максимумы разделенных разностей из предыдущей таблицы. По точкам из последней таблицы методом наименьших квадратов строятся вспомогательные функции $\psi(t)$ и $\phi(z)$. Эти функции используются для построения новой функции $\lambda = \lambda(t, z)$, которая является правой частью двух скалярных дифференциальных уравнений $\frac{dz}{dt} = \lambda(t, z)$ и $\frac{dt}{dz} = -\lambda(t, z)$. Траектории решений этих дифференциальных уравнений, найденные методом Рунге-Кутты, образуют границы интегральной воронки или конуса всех возможных тенденций исследуемого процесса.

2. Задача

Реализовать алгоритм метода Е.В.Воскресенского для оценки динамики сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации и сформировать прогноз на ближайшие годы.

3. Результат

Статистические данные о количестве случаев заболеваний были получены из федеральной службы государственной статистики [3]. Данные включают ежегодные показатели по всем регионам страны.

Таблица 1: Статистические данные по случаям заболеваний

Год	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
2015	39408	35330	38721	36075	36500	34644	34192	34009	33227	35345	33860	35290
2016	40125	33986	35353	33807	35783	34518	34014	34050	33251	34822	33686	37102
2017	39563	32800	33967	33003	34072	32719	32962	32143	31788	33998	31438	33511
2018	35639	31692	37722	35460	34174	33451	32967	31962	31499	32919	31402	33326
2019	37164	32670	34314	32155	33533	31583	31915	31618	31691	32865	31433	33327
2020	33553	30694	32285	31780	36111	35101	36771	33683	34543	44975	47627	48545
2021	39478	30211	31367	28899	30352	33394	38712	37004	36153	47194	42939	36932
2022	39877	40418	36918	29159	30139	27955	27834	29105	30940	30814	29077	34783

Для последовательности значений вычисляются разделенные разности по формуле: $\Delta d_i = |d_i - d_{i-1}|$.

Следующим шагом находим полиномы для $\psi(t)$ и $\phi(z)$. Для этого воспользуемся методом наименьших квадратов. Для $\psi(t)$ оптимальная степень $m = 3$ с коэффициентами $a_0 = 2449.903$, $a_1 = -88.311$, $a_2 = 2.480$, $a_3 = -0.016$. А для $\phi(z)$: $m = 0$ и $a_0 = 2331.322$.

Теперь мы можем определить и найти $\lambda(t, z) : \lambda_{i,j} = \min(\psi(t_j), \phi(z_i))$. С помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка находим решения дифференциальных уравнений правыми частями которых являются функции $\lambda(t, z)$.

Полученный результат представлено на рис. 1.

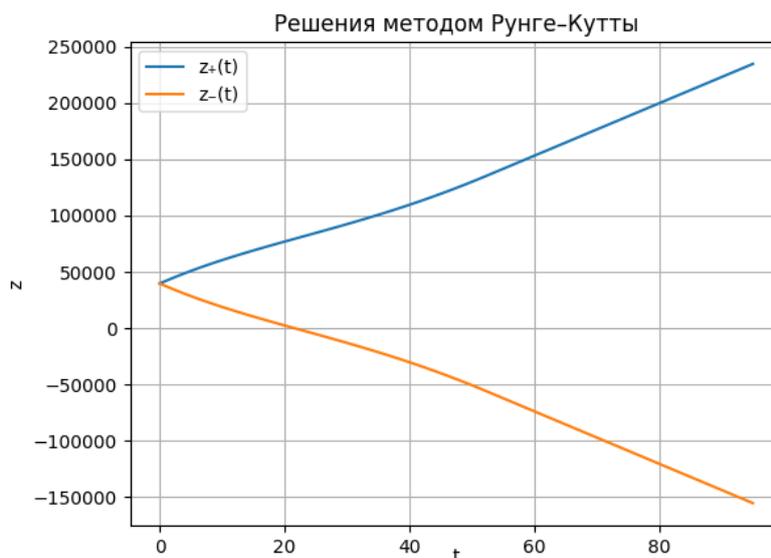


Рис. 1. График конуса решений

Построенная интегральная воронка или конус всех возможных решений включает в себя все ранее полученные значения и указывает границы отклонения прогнозных значений. Дальнейшие работы будут направлены на исследования возможности управления динамикой процесса развития сердечно-сосудистых заболеваний этим методом.

Литература

1. Воскресенский Е. В. Асимптотические методы: теория и приложения. Саранск: СВМО, 2000. 300 с.
2. Воскресенский Е. В. Метод сравнения в нелинейном анализе // Сибирский математический журнал. 1991. Т. 5. С. 2-11.
3. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.01.2024).

MSC 97M60

Algorithm for investigating the dynamics of cardiovascular diseases

S.F. Saifetdinov, T.F. Mamedova

National Research Mordovia State University

Abstract: In this paper, presents an algorithm for studying the development of the dynamics of cardiovascular diseases based on the method of E.V. Voskresensky. Python software has been developed that automates this algorithm. A graphical interpretation of the obtained results is presented.

Keywords: separated differences, Runge-Kutta method, python, cone of solutions, method of E.V. Voskresensky.

References

1. Voskresenskii E. V. Asimptoticheskie metody: teoriya i prilozheniya [Asymptotic Methods: Theory and Applications]. Saransk: SVMO, 2000. 300 p. (in Russian)
2. Voskresenskii E. V. Metod sravneniya v nelineinom analize [Comparison Method in Nonlinear Analysis] // Sibirskii matematicheskii zhurnal [Siberian Mathematical Journal]. 1991. Vol. 5. P. 2-11. (in Russian)
3. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoi statistiki: ofitsialnyi sait [Federal State Statistics Service: official website]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 01.01.2024). (in Russian)