

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗВРАТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

¹С.А.Лаптёнок, ²С.А.Вайтюк

¹ Белорусский национальный технический университет, г. Минск

² Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова, г. Минск

При анализе динамики заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области за период с 1953 по 2003 год оценена эффективность использования возвратных последовательностей, в частности, последовательности Фибоначчи, для моделирования динамики реальных процессов. Установлено, что имеет место выраженная связь изменений тенденции процесса со структурой временных зон и расширенных зон коррекции тренда, рассчитанных с использованием последовательности Фибоначчи.

Основной задачей анализа реальных процессов является построение адекватных моделей для формирования обоснованного прогноза и принятия эффективных решений по коррекции или стабилизации. Для решения такого рода задач используется широкий спектр подходов и методов, взаимно дополняющих и уточняющих результаты их применения, обладающих особенностями, обуславливающими преимущество использования того или иного метода при решении определенного класса задач [1–10]. Представляется целесообразным проведение оценки возможностей экстраполяции области применения различных математических методов на смежные классы задач и расширения границ их эффективности.

Цель данного исследования – оценить эффективность использования возвратных последовательностей, в частности, последовательности Фибоначчи [11–14], для моделирования динамики реальных процессов.

Понятие возвратной последовательности является достаточно широким обобщением понятия арифметической или геометрической прогрессии. Как частные случаи, оно охватывает также последовательности квадратов или кубов натуральных чисел, последовательности цифр десятичного разложения рационального числа и вообще любые периодические последовательности. Одной из разновидностей арифметических последовательностей, в частности, является и так называемая последовательность Фибоначчи [11], которой называют ряд чисел, задаваемый линейным рекуррентным соотношением:

$$\Phi_0=0 \quad \Phi_1=1 \quad \Phi_n = \Phi_{n-2} + \Phi_{n-1} \quad \text{при } n \geq 2,$$

т.е. в последовательности Фибоначчи каждый следующий член ряда равен сумме двух предыдущих: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144,

233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, 10946 и т.д.

На основании использования некоторых свойств последовательности Фибоначчи С.А.Вайтюк и В.В.Сушевич [14] предложили способ математического моделирования развития эпидемического процесса с целью определения «критических» точек, определяющих резкое изменение тренда. Прогнозирование (как элемент математического моделирования эпидемического процесса) проводится с целью определения тенденции (тренда) динамики заболеваемости для своевременного выявления ухудшения эпидемической ситуации.

Принято считать, что одним из основных понятий в техническом анализе является понятие тренда – график, отражающий динамику заболеваемости. В техническом анализе считается, что динамика эпидемического процесса всегда подчиняется той или иной тенденции, и продолжение существующей тенденции более вероятно, чем ее изменение. Поэтому основная задача технического анализа заключается в том, чтобы на ранних этапах выявить окончание «старых» и развитие «новых» тенденций. Разработана схема проведения технического анализа эпидемического процесса редко распределенных величин, включающая два алгоритма: расчет и построение графических моделей временных зон; построение расширенных зон коррекции тренда.

Временные зоны – это последовательный ряд лет (месяцев), порядковые номера которых, начиная с года (месяца) с минимальным значением показателя, соответствуют членам ряда Фибоначчи (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 и т.д.). Считается, что вблизи данных реперных точек следует ожидать значительных изменений направления динамики процесса.

Расширенные зоны коррекции тренда рассчитываются как доли размаха тренда – разности между максимальным и минимальным значением показателя за изучаемый период (0,0%, 23,6%, 38,2%, 50%, 61,8%, 100%, 161,8%, 261,8% и далее при необходимости). Считается, что вблизи данных уровней следует ожидать значительных изменений направления динамики: «разворот» тренда на противоположную направленность, т.е. отражение (отскок) тренда от уровня Фибоначчи. Но если уровень (линия) Фибоначчи «пробивается», т.е. тренд проходит ниже или выше ее, то тренд сохранит свою направленность до следующего уровня Фибоначчи [3].

В настоящем исследовании описанный метод был использован для анализа динамики заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области за период с 1953 по 2003 год [10].

Для периода 1953–2003 гг. в целом и для подпериодов 1953–1979 гг., 1979–1989 гг. и 1989–2003 гг. были построены временные зоны (рис. 1–4) и расширенные зоны коррекции тренда (рис. 5–8). Анализ построенных моделей свидетельствует о достаточно высокой эффективности метода.

Так, модели временных зон (рис. 1–4) демонстрируют наличие своего рода «экстремумов» – изменений направления тренда различной амплитуды – в годы с порядковыми номерами, соответствующими членам ряда Фибоначчи (5, 8, 13, 21, 34 на рис.1; 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 на рис.2; 1, 3, 5, 8 на рис. 3; 1, 3, 5, 8 на рис. 4). Причем на рис. 1 и 2 на эти годы приходятся, в основном, пиковые значения показателя.

Изменения направления тренда отмечаются также вблизи так называемых уровней Фибоначчи при построении моделей расширенных зон кор-

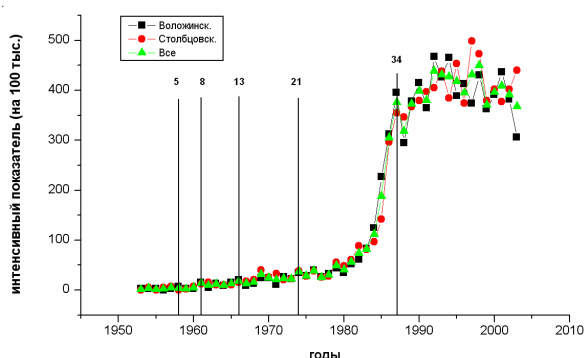


Рис.1. Построение временных зон при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1953–2003 гг.

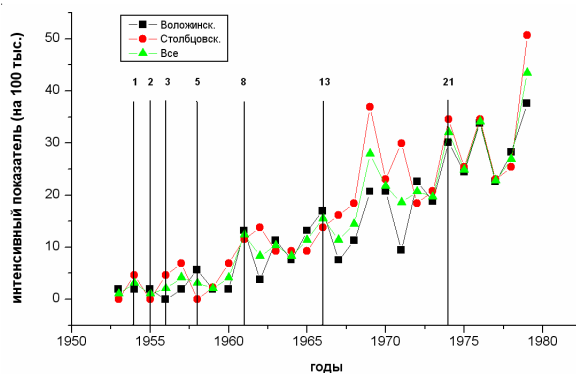


Рис.2. Построение временных зон при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1953–1979 гг.

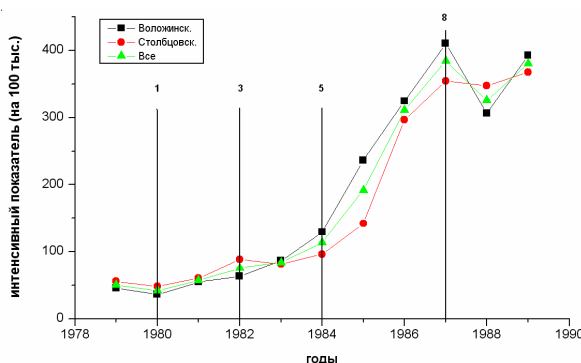


Рис.3. Построение временных зон при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1979–1989 гг.

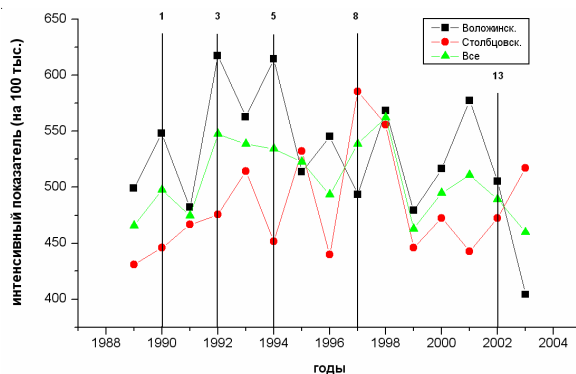


Рис.4. Построение временных зон при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1989–2003 гг.

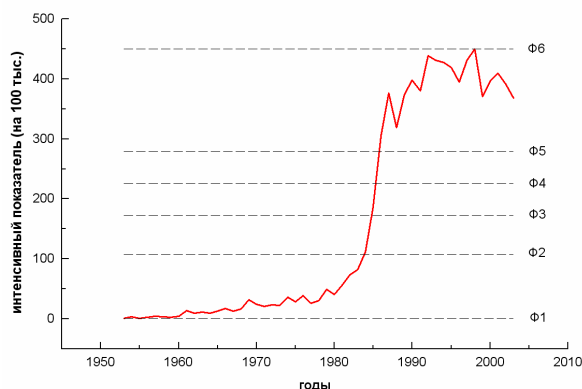


Рис.5. Построение расширенных зон коррекции тренда при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1953–2003 гг.

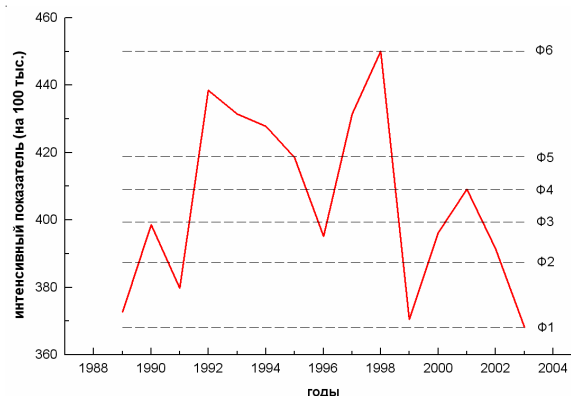


Рис.8. Построение расширенных зон коррекции тренда при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1989–2003 гг.

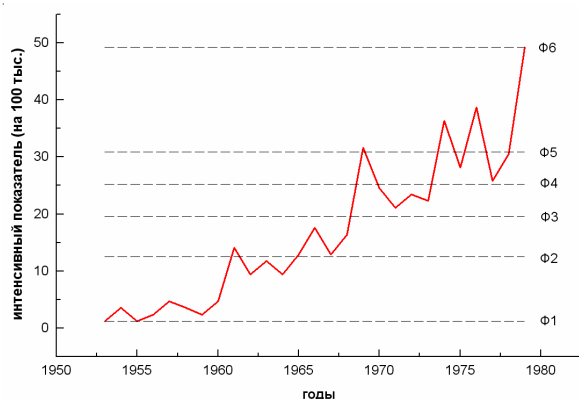


Рис.6. Построение расширенных зон коррекции тренда при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1953–1979 гг.

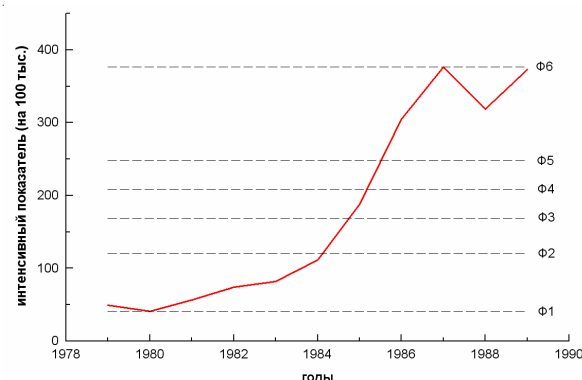


Рис.7. Построение расширенных зон коррекции тренда при анализе динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов в 1979–1989 гг.

рекции тренда (рис. 5–8). На модели, представленной на рис. 5, такие коррекции наблюдаются вблизи уровней Ф2 и Ф6, на рис. 6 – вблизи уровней Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5, на рис. 7 – Ф1, Ф2 и Ф6, на рис. 8 – Ф1, Ф3, Ф4, Ф6. Следует отметить, что тенденции, формирующиеся в точках «экстремумов», оказываются достаточно устойчивыми.

Очевидно, что анализ описанных моделей не позволяет в полной мере однозначно трактовать результаты моделирования, тем не менее, имеет место выраженная связь изменений тенденции процесса со структурой временных зон и расширенных зон коррекции тренда, рассчитанных с использованием последовательности Фибоначчи.

Таким образом, в результате применения метода анализа динамики процессов с использованием характеристик последовательности Фибоначчи получена дополнительная информация, которая может быть использована как для выявления вероятных причин, влияющих на процесс, так и для формирования прогноза его развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арсюткин, Н.В.* Анализ и прогноз динамики процессов с использованием свойств гиперболических функций / Н.В.Арсюткин, С.А.Лаптёнок, И.В.Лазар // Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. – 2010. – №1–2. – С.34–37.
2. *Бубнов, В.П.* Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В.Дорожко, С.А.Лаптёнок. – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.
3. *Лаптёнок, С.А.* Оценка статистической подконтрольности медико-биологических процессов / С.А.Лаптёнок, А.Н.Аринчин, Н.В.Арсюткин // Здравоохранение. – 1998. – №1. – С.29–31.

4. Лаптёнок, С.А. Оценка и прогнозирование динамики некоторых физиологических параметров методом секвенциального анализа / С.А.Лаптёнок, А.Н.Аринчин, Н.В.Арсюткин // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 1998. – №2. – С.14–20.
5. Лаптёнок, С.А. Применение метода восходящих и нисходящих серий для анализа статистической подконтрольности медико-биологических данных: Методические рекомендации / С.А.Лаптёнок, А.Н.Аринчин, Н.В.Арсюткин. – Минск: МЗ РБ, 1999. – 31 с.
6. Лаптёнок, С.А. Комбинированное применение методов секвенциального анализа и восходящих и нисходящих серий для статистической обработки медико-биологических данных / С.А.Лаптёнок // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 1999. – №4. – С.29–32.
7. Лаптёнок, С.А. Первичная обработка информации при аппроксимационном моделировании динамических процессов / С.А.Лаптёнок, Н.В.Арсюткин, И.В.Лазар // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 2007. – №2. – С.17–20.
8. Лаптёнок, С.А. Прогнозное планирование системных мероприятий на основе анализа гиперболических функций / С.А.Лаптёнок, Н.В.Арсюткин, И.В.Лазар // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2010. – №1. – С.33–36.
9. Лаптёнок, С.А. Применение гиперболических функций для анализа принимаемых решений в экологическом менеджменте / С.А.Лаптёнок, С.В.Дорожко, В.П. Бубнов, Н.В.Арсюткин // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2011. – №1. – С.55–57.
10. Лаптёнок, С.А. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации / С.А.Лаптёнок, И.В.Лазар // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2011. – №2. – С.48–52.
11. Маркушевич, А.И. Возвратные последовательности. Популярная лекция по математике / А.И.Маркушевич. – М.-Л.: Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1950. – 48 с.
12. Кнут, Д. Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы = The Art of Computer Programming. Vol.1. Fundamental Algorithms / Д.Кнут. – 3-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 720 с. – ISBN 0-201-89683-4.
13. Кнут, Д. Конкретная математика. Основание информатики = Concrete Mathematics. A Foundation for Computer Science / Д.Кнут, Р.Грэхем, О.Пагашник. – М.: Мир; Бином, Лаборатория знаний, 2006. – 703 с. – ISBN 5-94774-560-7.
14. Вайтюк, С.А. Математическое моделирование эпидемического процесса редко встречаемых патологий: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Организация медицинского мониторинга и социально-гигиенический мониторинг» / С.А.Вайтюк, В.В.Сушевич. – Минск: МГЭУ им. А.Д.Сахарова, 2007. – 38 с.

ANALYSIS OF PROCESSES DYNAMICS USING ANALYTICAL CHARACTERISTICS OF RECURRING SEQUENCES

S.A.Laptyonok, S.A.Vaitjuk

While analyzing the dynamics of malignant tumors of the population of the Volozhin and Stolbtsy districts of the Minsk region for the period 1953-2003, the effectiveness of the recurring sequences application, in particular, the Fibonacci sequence, for modeling the dynamics of real processes was evaluated. It was established that there was a pronounced connection between the changes of the process tendency and the structure of time zones and expanded zones of the trend correction, calculated using the Fibonacci sequence.

Поступила 13.05.2011 г.