

ПЕРВИЧНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С.А.Лаптёнок

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Показано, что эффективным дополнением методов, традиционно используемых для прогнозирования динамики показателей (среднегодовой прирост, средний геометрический прирост и др.), может стать метод преобразования данных с использованием гиперболических функций, который позволяет получить наиболее адекватный «осторожный» прогноз на достаточно длительную перспективу.

Адекватное моделирование различного рода явлений, процессов и систем является эффективным инструментом как фундаментальной, так и прикладной инновационной исследовательской деятельности. Анализ моделей позволяет сэкономить материальные, временные и трудовые ресурсы, а в ряде случаев, когда натурный эксперимент категорически невозможен, является единственным методом исследования [1].

Основной целью построения и анализа моделей является формирование обоснованного прогноза поведения системы при различных условиях (по принципу «что будет, если...») или развития исследуемого процесса во времени. Такой прогноз служит основой принятия решений по управлению системой или осуществления превентивных мер, способных повлиять на течение процесса. Очевидно, что эффективность такого рода мер обеспечивается корректностью подходов к моделированию процесса и адекватностью моделей.

Как правило, процесс моделирования динамики реальных процессов затруднен, так как, ввиду значительной сложности, она не может быть аппроксимирована достаточно простыми функциями [2]. В связи с этим задача интерпретации различных преобразований исходных данных в целях получения дополнительной информации, обеспечивающей повышение эффективности и адекватности моделирования, является в высшей мере актуальной.

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, проведен первичный анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 год [3], в результате которого были

рассчитаны интенсивные показатели заболеваемости по количеству случаев за каждый год и средней численности населения за весь изучаемый период (рис. 1), который затем был разделен на три периода по среднему значению интенсивного показателя: с 1953 по 1979 г. (рис. 2), с 1979 по 1989 г. (рис. 3) и с 1989 по 2003 г. (рис. 4).

С целью оценки корректности дальнейшего анализа и прогнозирования процесса было проведено сравнение динамики показателей по Воложинскому и Столбцовскому районам в отдельности и суммарной динамики по обоим районам на основе критерия подобия [1]. Результаты сравнения представлены в табл. 1.

Очевидно, что характеристики динамики интенсивных показателей всех категорий как для всего периода наблюдения, так и для выделенных временных отрезков, являются идентичными (значение критерия G не превышает 0,2). Снижение степени идентичности до уровня «подобны» наблюдается только для динамики показателей Воложинского и Столбцовского районов в период 1953–1979 гг. (табл. 1). Следовательно, в ходе

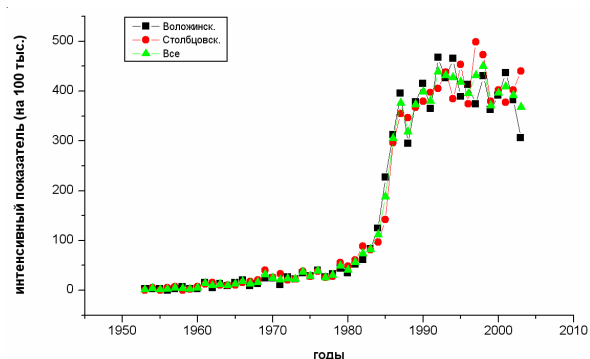


Рис. 1. Динамика интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–2003 гг.)

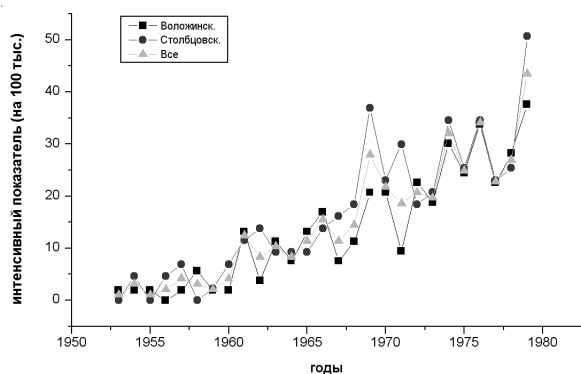


Рис. 2. Динамика интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–1979 гг.)

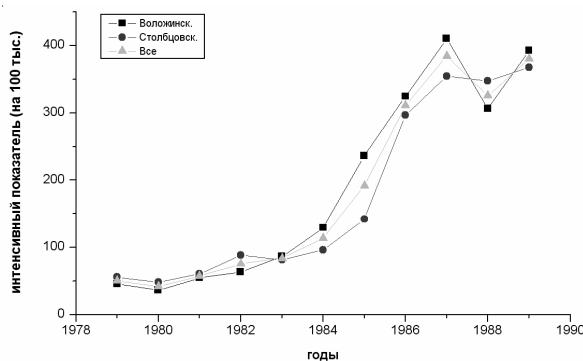


Рис. 4. Динамика интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1989–2003 гг.)

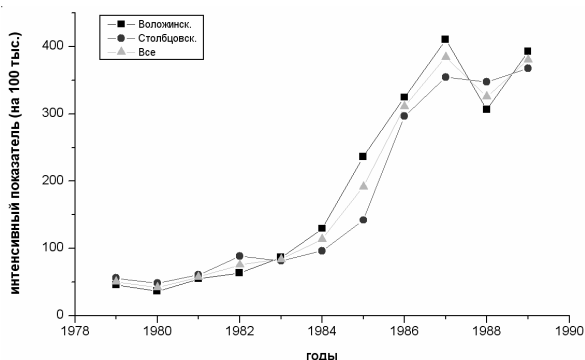


Рис. 3. Динамика интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1979–1989 гг.)

рассчитаны уровни прироста интенсивного показателя за каждый год (рис. 5–8) и проведено сравнение характеристик его динамики (табл. 2). Результаты оценки свидетельствуют о подобию характеристик динамики показателя в течение всего периода наблюдения и их идентичности в период с 1989 по 2003 гг. для всех категорий. Сравнение характеристик по Воложинскому и Столбцовскому районам показало их различие в период 1953–1979 гг. ($G \approx 0.84$) и особо значительное – в период 1979–1989 гг. – ($G \approx 1.75$) (табл. 2).

дальнейших исследований корректным представляется объединение выборочных совокупностей интенсивных показателей по Воложинскому и Столбцовскому районам в единую совокупность для повышения уровня достоверности результатов.

Одной из основных характеристик динамики, используемых для формирования прогноза, является прирост исследуемой величины. Исходя из этого, по каждому временному интервалу были

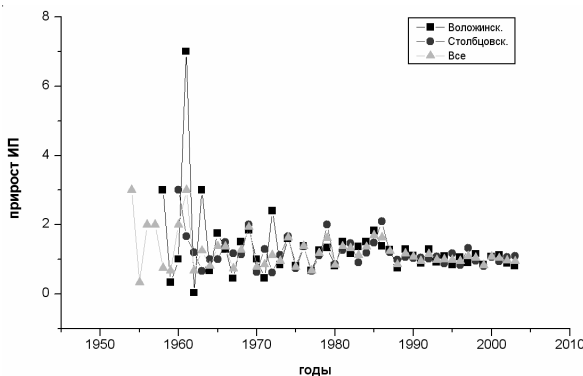


Рис. 5. Динамика прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–2003 гг.)

Таблица 1

Сравнение характеристик динамики интенсивных показателей заболеваемости

| Период, годы | Воложинский – Столбцовский | | Все – Воложинский | | Все – Столбцовский | |
|--------------|----------------------------|------------|-------------------|------------|--------------------|------------|
| | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G |
| 1953–2003 | идентичны | 0.1438 | идентичны | 0.0670 | идентичны | 0.0769 |
| 1953–1979 | подобны | 0.3253 | идентичны | 0.1542 | идентичны | 0.1719 |
| 1979–1989 | идентичны | 0.1666 | идентичны | 0.0772 | идентичны | 0.0895 |
| 1989–2003 | идентичны | 0.1482 | идентичны | 0.0714 | идентичны | 0.0769 |

Таблица 2

Сравнение характеристик динамики прироста интенсивных показателей

| Период, годы | Воложинский – Столбцовский | | Все – Воложинский | | Все – Столбцовский | |
|--------------|----------------------------|------------|-------------------|------------|--------------------|------------|
| | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G |
| 1953–2003 | подобны | 0.4691 | подобны | 0.3849 | подобны | 0.3272 |
| 1953–1979 | различны | 0.8442 | различны | 0.6963 | различны | 0.5155 |
| 1979–1989 | различны | 1.7530 | различны | 1.7627 | идентичны | 0.1283 |
| 1989–2003 | идентичны | 0.1990 | идентичны | 0.0926 | идентичны | 0.1069 |

Следовательно, объединение выборок по районам корректно для периода 1989–2003 гг., в определенной степени корректно для всего временного периода и не является корректным для периодов 1953–1979 и 1979–1989 гг. В данном случае необходим дальнейший анализ с целью выявления причин подобной неоднородности.

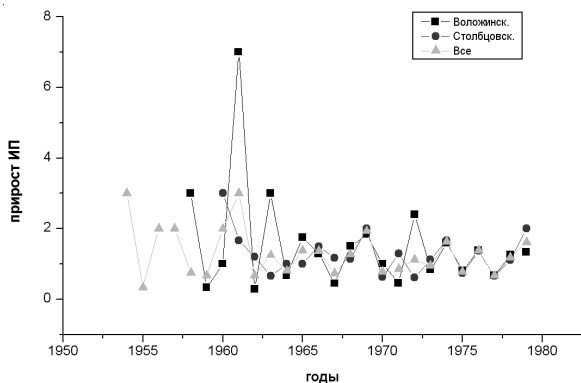


Рис. 6. Динамика прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–1979 гг.)

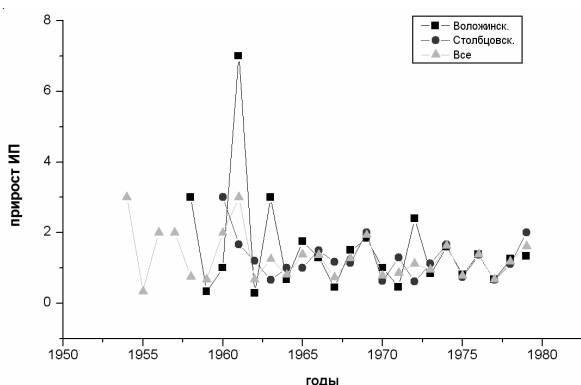


Рис. 7. Динамика прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1979–1989 гг.)

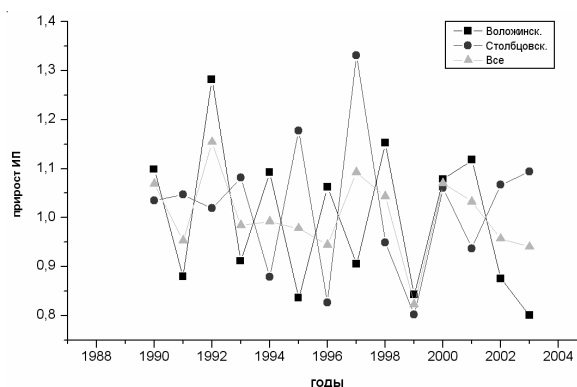


Рис. 8. Динамика прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1989–2003 гг.)

Эффективным дополнением методов, традиционно используемых для прогнозирования динамики показателей (среднегодовой прирост, средний геометрический прирост и др.), может стать метод преобразования данных с использованием гиперболических функций, который позволяет получить наиболее адекватный «осторожный» прогноз на достаточно длительную перспективу [4–6]. Для подготовки данных к обработке с применением данного метода по каждому временному интервалу были рассчитаны уровни прироста интенсивного показателя за каждый год (рис. 9–12) и проведено сравнение характеристик его динамики (табл. 3). Анализ по критерию G выявил для всех категорий подобие по всему периоду исследования, различие по периоду 1953–1979 гг. и идентичность по периодам 1979–1989 и 1989–2003 гг. Таким образом, для периода 1953–1979 гг. необходим углубленный анализ в целях выявления причин неоднородности динамики процесса, для остальных временных промежутков объединение выборок представляется вполне корректным (при сравнении динамики по Воложинскому и Столбцовскому районам за весь период наблюдения значение критерия подобия незначительно превысило $G \approx 0.54$, следовательно, степень различия можно считать незначительной).

Сравнение характеристик динамики прироста обратных интенсивных показателей

| Период, гг. | Воложинский – Столбцовский | | Все – Воложинский | | Все – Столбцовский | |
|-------------|----------------------------|------------|-------------------|------------|--------------------|------------|
| | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G | Степень подобия | Значение G |
| 1953–2003 | подобны | 0.3240 | подобны | 0.4423 | подобны | 0.3310 |
| 1953–1979 | различны | 0.5433 | различны | 0.6817 | различны | 0.5391 |
| 1979–1989 | идентичны | 0.1153 | идентичны | 0.2165 | идентичны | 0.1020 |
| 1989–2003 | идентичны | 0.1029 | идентичны | 0.1965 | идентичны | 0.0942 |

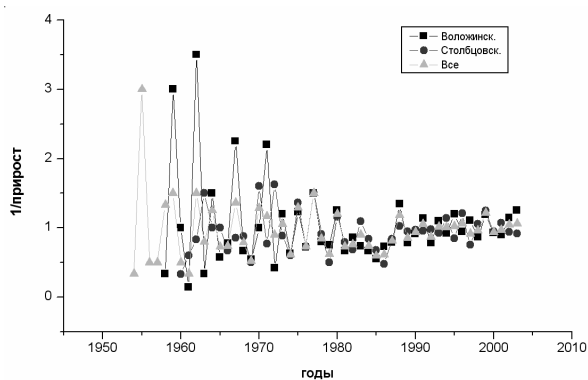


Рис. 9. Динамика обратного прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–2003 гг.)

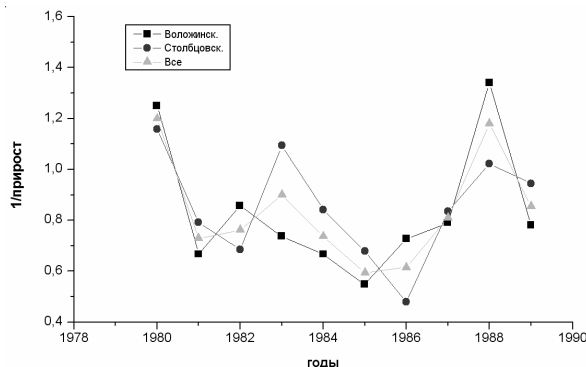


Рис. 11. Динамика обратного прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1979–1989 гг.)

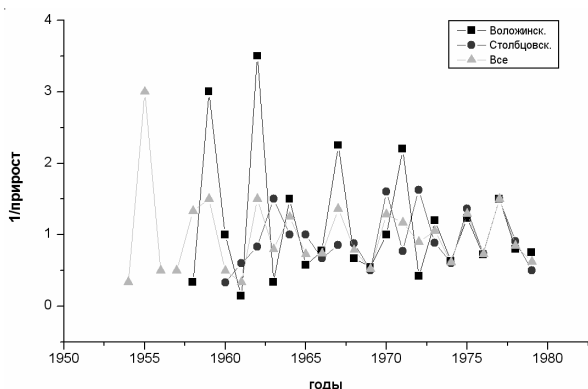


Рис. 10. Динамика обратного прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1953–1979 гг.)

Таким образом, первичная интерпретация данных о заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов на основе анализа динамики интенсивного показателя, а также прямого и обратного его прироста позволила уточнить выявленные тенденции в развитии процесса, подтвердить логическую правомерность деления всего исследуемого периода (1953–2003 гг.) на подпериоды (1953–1979 гг., 1979–1989 гг. и 1989–2003 гг.),

Визуальный анализ характеристик динамики интенсивного показателя (рис. 1–4) и результатов преобразований исходных данных (рис. 5–12) позволяет сделать заключение о необходимости их дальнейшего анализа с использованием дифференциальных [1, 7–9] и интегральных [1, 2, 9, 10] методов оценки показателей, а также других методов, позволяющих повысить адекватность оценок и моделирования процессов, характеризующихся сложной динамикой.

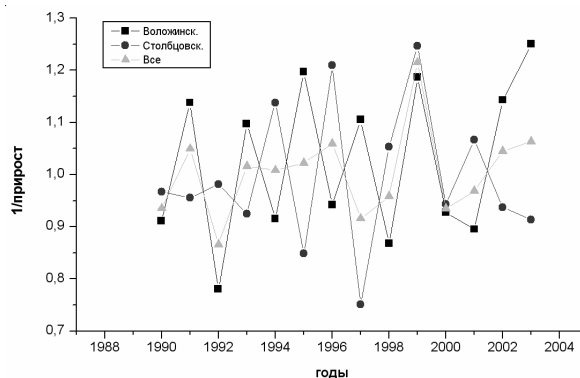


Рис. 12. Динамика обратного прироста интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов (на 100 тыс.; 1989–2003 гг.)

получить дополнительную информацию и определить стратегию дальнейшего анализа данных. Для реализации данной стратегии определен также комплекс методов математической обработки и произведена соответствующая подготовка данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лаптёнок, С.А. Оценка статистической подконтрольности медико-биологических процессов / С.А.Лаптёнок, А.Н.Аринчин, Н.В.Арсюткин // Здравоохранение. – 1998. – №1. – С.29–31.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

PRIMARY INTERPRETATION OF CHARACTERISTICS FOR DATA CONVERSION IN ANALYSIS OF DYNAMIC PROCESSES

S.A.Laptyonok

It was shown that a method of converting data using the hyperbolic functions may become an effective complement to the methods traditionally used to predict the dynamics of indices (average annual increase, average geometric increase, etc.). This method will make it possible to give the most adequate "conservative" prediction for a sufficiently long-term outlook.

Поступила 03.04.2011 г.