1. Динамические ряды и их виды
2. Основные показатели анализа динамических рядов
3. Прогнозирование на основе экстраполяции тренда и колеблемости
4. Сезонность

1 Динамические ряды и их виды

В медицине, практике здравоохранения нередко возникает необходи­мость определить сдвиги в состоянии здоровья в динамике, оценить эффектив­ность профилактических мероприятий за ряд лет и т. д.

При изучении динамики какого-либо явления используют динамические

ряды.

***Динамический ряд*** — это ряд однородных статистических величин, по­казывающих изменение какого-либо явления во времени и расположенных в хронологическом порядке через определенные промежутки времени.

Величины, из которых построен динамический ряд, называются уровнями.

*Уровень ряда* — размер (величина) того или иного явления, достигнутый в определенный период или к определенному моменту времени.

Уровни ряда могут быть представлены абсолютными, относительными (показатели интенсивности, соотношения) и средними величинами.

Динамические ряды делятся на *простые*, состоящие из абсолютных величин и *сложные (производные)*, состоящие из относительных или средних величин.

Простые динамические ряды могут быть моментными и интерваль­ными.

*Моментный динамический ряд* состоит из величин, характеризующих явление на определенный момент (дату). Примером могут служить статистиче­ские сведения, обычно регистрируемые на начало или конец месяца, квартала, года (численность населения на начало года, число врачей, средних медицин­ских работников на конец года, число лечебных учреждений, коек на конец го­да и т. д.).

*Интервальный динамический ряд* построен из чисел, характеризующих явление за определенный промежуток времени (интервал) — за неделю, месяц, квартал, год и т. д. Примером такого ряда могут служить данные о числе ро­дившихся, умерших за год, число инфекционных заболеваний за месяц и т. д. Особенностью интервального ряда является то, что его члены можно суммиро­вать (при этом укрупняется интервал), или дробить. Например, имея данные о количестве заболевших дизентерией, зарегистрированных за каждый день, можно построить динамический ряд с интервалом в неделю, месяц, год.

Динамические ряды могут подвергаться преобразованиям, цель которых – выявление особенностей изменения изучаемого процесса, а также достиже­ние наглядности.

***Показатели динамического ряда:***

*Абсолютный прирост (убыль)* — разность между последующим и пре­дыдущим уровнями; прирост выражается числами с положительным знаком, убыль — с отрицательным. Значение прироста или убыли отражают изменения уровней динамического ряда за определенный промежуток времени.

*Темп роста (снижения)* — отношение каждого последующего уровня к предыдущему, выраженное в *%.*

*Темп прироста (убыли)* — отношение абсолютного прироста или убыли каждого последующего элемента ряда к уровню предыдущего, выраженное в %.

Темп прироста может быть вычислен также по формуле: *Темп роста - 100 %.*

*Абсолютное значение одного процента прироста (убыли)* — отноше­ние абсолютной величины прироста (убыли) к показателю темпа прироста (убыли) за тот же период.

Для более наглядного выражения нарастания или убывания ряда можно преобразовать его путем вычисления *показателей наглядности*, показывающих отношение каждого члена ряда к одному из них, принятому за 100 %.

Показатели, характеризующие динамический ряд, следует анализировать не раздельно, а связанно: темп роста и темп прироста — с учетом абсолютного уровня и абсолютного прироста. При одном и том же темпе роста и прироста может быть различный абсолютный прирост. При одинаковом абсолютном приросте — различные темпы роста и прироста.

***Выравнивание динамического ряда***

Изменение явления во времени происходит под влиянием многих факто­ров. Длительно действующие факторы определяют основное направление раз­вития явления в динамике — его тенденцию. Временно действующие факторы обуславливают случайные подъемы и спады величины явления относительно тенденции.

Динамика изучаемого явления обычно представлена не в виде непрерыв­но меняющегося уровня, а отдельными скачкообразными изменениями. В этом случае для выявления основной тенденции в развитии изучаемого явления при­бегают к выравниванию динамического ряда.

При этом могут быть использованы следующие методы выравнивания: графический, укрупнение интервала, вычисление групповой средней, вы­числение скользящей средней, наименьших квадратов.

*Графический метод* предполагает выравнивание от руки или с помощью линейки, циркуля графического изображения динамики изучаемого явления.

*Укрупнение интервала* производят путем суммирования данных за ряд смежных периодов. В результате получаются итоги за более продолжительные промежутки времени. Этим сглаживаются случайные колебания, и более четко определяется характер динамики явления.

*Вычисление групповой средней* заключается в определении средней ве­личины каждого укрупненного периода. Для этого необходимо суммировать смежные уровни соседних периодов, а затем сумму разделить на число слагае­мых. Этим достигается большая ясность изменений во времени.

*Вычисление скользящей средней* в некоторой степени устраняет влия­ние случайных колебаний на уровни динамического ряда, и более заметно от­ражает тенденцию явления. При ее вычислении каждый уровень ряда заменяет­ся на среднюю величину из данного уровня и двух соседних с ним (предыдущего и последующего). Чаше всего суммируются последовательно три члена ряда, но можно брать и больше. Для первого и последнего уровней скользящая средняя не рассчитывается.

*Метод наименьших квадратов* — один из наиболее точных способов выравнивания динамического ряда. Этот метод преследует цель устранить влияние временно действующих причин, случайных факторов и выявить основную тенденцию в динамике явления, вызванную воздействием только длительно действующих факторов. Чтобы применить этот метод, динамический ряд должен иметь не менее 5 хронологических дат и интервалы между ними должны быть равными.

Выравнивание производится по линии, наиболее соответствующей харак­теру динамики изучаемого явления. Вначале определяют характер изменения изучаемого явления и подбирают уравнение зависимости между явлением и временем. Существует много уравнений, описывающих зависимость между изучаемыми явлениями. Линейная зависимость описывается параболой первого порядка, квадратическая зависимость — параболой второго порядка, кубиче­ская зависимость — параболой третьего порядка и т. д. Чаще всего в практике здравоохранения используют *выравнивание по уравнению линейной зависимости*, т. е. параболе первого порядка *(у = а + bх).* Этот метод позволяет определить направление тенденции (снижение, рост), дать количественную оценку выявленной тенденции (стабилизация, умеренная, выраженная тенденция), оценить средние темпы ее развития и рассчитать про­гнозируемые уровни на следующий год.

**2 Основные показатели анализа динамических рядов**

Одной из важнейших задач статистики является изучение изменений анализируемых показателей во времени, т.е. их динамика. Эта задача решается при помощи анализа рядов динамики (или временных рядов).

Ряд динамики представляет собой ряд расположения в хронологической последовательности числовых значений статистического показателя, характеризующим изменение общественных явлений во времени.

В каждом ряду динамики имеются два основных элемента: время t и конкретное значение показателя (уровень ряда) у.

Уровни ряда - это показатели, числовые значения которых составляют динамический ряд. Время - это моменты или периоды, к которым относятся уровни.

Построение и анализ рядов динамики позволят выявить и измерить закономерности развития показателей продуктивности, валового надоя и поголовья молочного стада во времени. Эти закономерности не проявляются четко на каждом конкретном уровне, а лишь в тенденции, в достаточно длительной динамике. На основную закономерность динамики накладываются другие, прежде всего случайные, иногда сезонные влияния. Выявление основной тенденции в изменении уровней, именуемой трендом, является одной из главных задач анализа рядов динамики.

Для изучения рядов динамики выберем хозяйство ЗАО «Арефьевское». Имеются данные о продуктивности, валовом надое и поголовье молочного стада за 9 лет за период с 1998 по 2006 г., которые представляют собой интервальные ряды динамики. Интервальным рядом динамики называется такой ряд, уровни которого характеризуют размер явления за конкретный период времени.

Рассчитаем и проанализируем показатель ряда динамики в ЗАО «Арефьевское» Канской зоны.

Таблица 4.2 - Расчет показателей динамики поголовья молочного стада В ЗАО «Арефьевское» в 1998-2006 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Годы | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Поголовье, гол | 816 | 764 | 764 | 641 | 684 | 688 | 643 | 738 | 940 |
| Абсолютный прирост | базисный | - | -52 | -52 | -175 | -132 | -128 | -173 | -78 | 124 |
| цепной | - | 52 | 0 | -123 | 43 | 4 | -45 | 95 | 202 |
| Коэффициент роста | базисный | - | 0,94 | 0,934 | 0,79 | 0,84 | 0,84 | 0,79 | 0,9 | 1,15 |
| цепной | - | 0,94 | од | 0,84 | 1,07 | 1,01 | 0,93 | 1,15 | 1,27 |
| Темп роста | базисный | \_ | 93,62 | 93,62 | 78,55 | 83,82 | 84,31 | 78,79 | 90,44 | 115,19 |
| цепной | - | 93,62 | 100 | 83,9 | 106,71 | 100,58 | 93,46 | 114,77 | 127,3 |
| Темп прироста | базисный | - | -6,38 | -6,38 | -21,45 | -16,18 | -15,69 | -21,21 | -9,56 | 15,19 |
| цепной | - | -6,38 | 0 | -16,1 | 6,71 | 0,58 | -6,54 | 14,77 | 27,3 |
| Значение 1% прироста | цепной | - | 8,16 | 7,64 | 7,64 | 6,41 | 6,84 | 6,88 | 6,43 | 7,38 |

Цепные и базисные абсолютные приросты связаны между собой: сумма последовательных цепных абсолютных приростов равна базисному, т.е. общему приросту за весь промежуток времени ЕДу^Ау6. По данным таблицы 4.2 сумма последовательных цепных абсолютных приростов равна базисному приросту за весь период:

£Дуц=52-123+43+4-45—69

Для оценки интенсивности, т.е. относительного изменения уровня динамического ряда за какой-либо период времени исчисляют темпы роста (снижения). Интенсивность изменения уровня оценивается отношением отчетного уровня к базисному.

Показатель интенсивности изменения уровня ряда, выраженный в долях единицы, называется коэффициентом роста, а в процентах - темпом роста. Эти показатели интенсивности изменения отличаются только единицами измерения.

Коэффициент роста (снижения) показывает, во сколько раз сравниваемый уровень больше уровня, с которым производится сравнение (если этот коэффициент больше единицы) или какую часть уровня, с которым производится сравнение, составляет сравниваемый уровень (если он меньше единицы).

Коэффициент роста (цепной): Коэффициент роста (базисный):

При анализе динамики развития следует также знать, какие абсолютные значения скрываются за темпами роста и прироста. Поэтому их рассматривают в сопоставлении с показателем абсолютного прироста. Результат выражают показателем, который называется абсолютным значением одного процента прироста и рассчитывают как

Абсолютное значение 1% прироста численности животных исчислены в таблице 4.2. Данные показывают, что абсолютное значение 1% прироста (базисное). В то же время цепной показатель свидетельствует о скачкообразном изменении показателя. В 1999 году наблюдается наибольшее значение 1% прироста, в последующие годы этот показатель постепенно снижался и достиг в 2006 году 7,38.

Для обобщающей характеристики динами поголовья стада в ЗАО «Арефьевское» определим средние показатели: средние уровни ряда и средние показатели изменения уровней ряда.

Средний уровень ряда характеризует обобщенную величину абсолютных уровней. Для интервальных рядов динамики из абсолютных уровней средний уровень за период времени определяется по формуле средней арифметической. Так как интервалы динамического ряда равные применяем среднюю арифметическую простую:

Одной из важнейших задач статистики является определение в рядах динамики общей тенденции развития явления. Для выявления закономерного, систематического изменения уровня рядов динамики, свободного от случайных колебаний и отражающего тенденцию их развития, применяют ряд приемов: укрупнение периодов, расчет скользящих средних, выравнивание рядов разными приемами.

Для выявления тенденции развития индивидуальные значения ряда поголовья стада необходимо заменить уровнем, свободным от случайных колебаний и отражающим систематическое изменение явления с течением времени. Для этого воспользуемся методом скользящей средней. Сущность его заключается в том, что исчисляется средний уровень из трех первых по счету уровней ряда, затем - из такого же числа уровней, но начиная со второго по счету, далее - начиная с третьего и т.д. Таким образом, средняя как бы «скользит» по ряду динамики, передвигаясь на один срок.

 3 Прогнозирование на основе экстраполяции тренда и колеблемости

Прогнозирование возможных в будущем значений признаков изучаемого объекта - одна и основных задач науки. В ее решении роль статистических методов очень значительна. Одним из статистических методов прогнозирования является расчет прогнозов на основе тренда и колеблемости динамического ряда до настоящего времени. Если мы будем знать, как быстро и в каком направлении изменились уровни какого-то признака, то сможем узнать, какого значения достигнет уровень через известное время.

Методика статистического прогноза по тренду и колеблемости основана на их экстраполяции, т.е. на предположении, что параметры тренда и колебаний сохраняются до прогнозируемого периода. Такая экстраполяция справедлива, если система развивается эволюционно в достаточно стабильных условиях. Чем крупнее система, тем более вероятно сохранение параметров ее изменения, конечно, на срок не слишком большой! Обычно рекомендуют, чтобы срок прогноза не превышал одной трети длительности базы расчета тренда.

В отличие от прогноза на основе регрессионного уравнения прогноз по тренду учитывает факторы развития только в неявном виде, и это не позволяет «проигрывать» разные варианты прогнозов при разных возможных значениях факторов, влияющих на изучаемый признак. Зато прогноз по тренду охватывает все факторы, в то время как в регрессионную модель невозможно включить в явном виде более 10-20 факторов в самом лучшем случае.

Рассмотрим методику прогнозирования по тренду с учетом колеблемости на примере цен на нетопливные товары развивающихся стран, тренд и колеблемость которых была измерена в параграфах 9.6 и 9.7 (табл. 9.4 и 9.7). За основу прогнозов возьмем параметры, полученные методом многократного скользящего выравнивания. Параллельно будет показана и методика расчетов при однократном выравнивании.

Итак, имеем уравнение тренда у? = 104,53 - 1,433t, где t =0 в 1987 г., оценку генеральной величины среднего квадратического отклонения от тренда s(t) = 9,45. Эти значения получены при анализе динамики цен весьма значительного сектора мировой торговли, т. е. очень большой и сложной системы. Маловероятно, что условия развития этой системы существенно изменятся, скажем, до 1998 г. Поэтому, прогноз на 1998 г. по измеренному тренду можно теоретически считать достаточно обоснованным. Обычно рекомендуется, чтобы период упреждения (от конца базы расчета до прогнозируемого периода) составлял не более трети длины базы расчета.

Прежде всего, вычисляется «точечный прогноз» - значение уровня тренда при подстановке в его уравнение номера 1998 г., считая от 1987 г., т.е. tk = 11.

y?1988 = 104,53 - 1, 433·11 = 88,77.

Это означает, что наиболее вероятное значение индекса цен на нетопливные товары развивающихся стран в 1998 г. составит около 89% к уровню цен 1990 г., принятому за 100%. Однако, параметры тренда, полученные по ограниченному числу уровней ряда - это лишь выборочные средние оценки, не свободные от влияния распределения колебаний отдельных уровней во времени, как уже сказано ранее. При изменении базы расчета тренда, если, скажем взять 1977 - 1993 гг. или 1981—1997 гг., были бы получены несколько иные значения параметров, а значит, и другие значения y?1988. Прогноз должен иметь вероятностную форму, как всякое суждение о будущем.

Средняя ошибка прогноза положения линейного треида на год (момент) с номером tk вычисляется по формулам:

А) • Для однократного выравнивания:



(9.48)

где tk - номер года прогноза,

Σti2 - по всей длине ряда N, т. е. 

Б) • Для многократного скользящего выравнивания При/сдвигах базы и длине ее n:



где 

(9.49)

При N = 17, п = 11, l = 7 получаем:



Как видим, метод многократного выравнивания на 20% снизил среднюю ошибку прогноза положения тренда.

Для получения достаточно надежных границ прогноза положения тренда, скажем, с вероятностью 0,9 того, что ошибка будет не более указанной, следует среднюю ошибку умножить на величину t-критерия Стьюдента при указанной вероятности (или значимости 1 - 0,9 = 0,1) и при числе степеней свободы, равном, для линейного тренда, N - 2, т.е. 15. Эта величина равна 1,753. Получаем предельную с данной вероятностью ошибку

4,39 • 1,753 = 7,70.

Следовательно, с вероятностью 0,9 можно ожидать, что тренд индекса цен в 1988 г. пройдет между значениями y?1998+α и y?1998-α, т.е. 88,77 + 7,70 и 88,77 - 7,70; от 81,07 до 96,47 в процентах к уровню цен 1990 г. и, конечно, в одинаковой валюте, без учета ее инфляции.

Однако, фактические уровни ряда отклоняются от тренда. Уровень цен в 1998 г. также может быть вовсе не равен уровню положения тренда в этом году. Ошибка прогноза конкретного уровня включает две неопределенности: во-первых, мы не знаем точно, где окажется тренд в 1998 г., а во-вторых - в какую сторону и на сколько уровень ряда отклонится в 1998 г. от положения тренда. Считая, как уже было сказано, колебания случайно (в основном, случайно) распределенными во времени, т. е. независимыми от тренда, определим ошибку прогноза уровня конкретного года по правилу сложения независимых дисперсий.





С вероятностью 0,9 ошибка прогноза уровня цен не превзойдет величины 18,27 (10,42·1,753) и доверительные границы прогноза. составят от 70,5 до 107,0% к уровню 1990 г. Как видим, точность прогноза, невелика, разброс возможных значений достиг 37 пунктов, а вероятная ошибка составила 0,206 или 20,6% от средней величины (точечного прогноза). Можно уменьшить значение, вероятной ошибки, если сделать прогноз с меньшей надежностью, скажем, с вероятностью 0,75. Тогда значение t-критерия Стьюдента составит 1,197, вероятная ошибка составит 12,47 пункта, [10,42·1,197] доверительные границы - от 76,30 до 101,24 % к уровню 1990 г. За уменьшение вероятной ошибки, однако, пришлось заплатить снижением надежности прогноза.

Из имеющейся информации нельзя извлечь больше, чем в ней содержится: как в физике действует закон сохранения массы и энергии, импульса («количества движения»), так здесь действует закон сохранения информации: увеличивая точность, мы понижаем надежность, увеличивая надежность - понижаем точность. Методика анализа и прогнозирования тоже имеет значение. Она определяет степень полноты извлечения информации, содержащейся в исходном ряду динамики. С помощью методики многократного выравнивания удается более полно извлечь информацию о тренде и уменьшить среднюю ошибку прогноза его положения в прогнозируемом периоде с 5,44 до 4,39. Однако, как видно из (9.50), главной составляющей ошибки прогноза конкретного уровня в нашем расчете является не ошибка прогноза положения тренда, а колеблемость уровней около тренда. Поэтому ошибка прогноза конкретного уровня незначительно сократилась за счет многократного выравнивания. При слабой колеблемости уровней и прогнозировании на значительное удаление от базы, главную роль станет играть ошибка положения тренда. Тогда многократное выравнивание даст значительное сокращение средней ошибки прогноза конкретных уровней. Но в любом случае эта ошибка всегда больше показателя колеблемости уровней - среднего квадратического отклонения Sy(t)1 . В частности, в указанной литературе содержатся формулы для вычисления средней ошибки прогноза положения линии тренда при параболической и экспоненциальной его формах. Если средняя ошибка положения тренда вычислена, ошибку конкретного уровня при любой форме тренда вычисляют по формуле (9.50).

**4 Сезонность**

При анализе многих рядов динамики можно заметить определённую повторяемость (цикличность, закономерность в колебаниях), изменениях их уровней. Например, в большинстве отраслей экономики это проявляется в виде внутритрудовых чередований, подъёмов и спадов выпуска продукции, неодинаковым потреблением сырья и энергии, колебания уровней себестоимости, прибыли и других показателей. Ярко выраженный сезонный характер имеет сельское хозяйство, рыболовство, лесозаготовка, охота, туризм и так далее. Значительной колеблемости во внутренней динамике подвержены денежные обращения и товарооборот. Наибольшие денежные доходы образуются у населения в III и IV кварталах, особенно у селян. Максимальный объём товарооборота (различного) приходится на конец каждого года. Продажа молочных продуктов увеличивается обычно во II и III кварталах, а фруктов и овощей – во втором полугодии. Потребление пищи связано со временем суток, днями недели, временами года. Также закономерности в изменении уровней ряда динамики принято называть сезонными колебаниями.

Под сезонными колебаниями понимается более или менее устойчивые внутригодовые колебания уровней динамического рода, обусловленные спецификами развития данного явления.

Цель изучения сезонных колебаний состоит как в разработке мер его ликвидации или смягчению сезонных колебаний (нередко этим и ограничивается статистическое исследование), так и для оптимального исследования условий, благоприятствующих развитию массовых явлений и процессов.

При статистическом исследовании в рядах динамики сезонных колебаний решаются следующие две взаимосвязанные задачи: 1) выявление специфики развития изучаемого явления во внутренне годовой динамике; 2) измерение сезонных колебаний изучаемого явления с построением модели сезонной волны.

Особое внимание отражается на обеспечение сопоставимости уровней ряда. При наличии в исходном материале разновесных по продолжительности периодов времени объёмные величины пересчитываются в средние величины, характеризующие интенсивность развития изучаемого явления в единицу времени.

Для выявления сезонных колебаний обычно берутся данные за несколько последних лет, распределённые по определённым внутригодовым периодам.

Для измерения сезонных колебаний исчисляются специальные статистические показатели, которые называются индексами сезонности (Is) и совокупность которых отражает сезонную волну.

Для вычисления индексов сезонности применяются различные методы.

В общем виде индексы сезонности определяются отношением исходных (фактических) уровней первоначального ряда (y) к расчётным (теоретическим) уровням, выступающим в качестве базы сравнения.

ем самым ликвидируется (устраняется) влияние основной тенденции (тренда). Затем усреднением индивидуальных индексов сезонных одноимённых внутригодовых периодов анализируемого ряда динамики устраняется влияние на сезонные колебания случайных отклонений. Поэтому для каждого периода сумма определяется обобщением показателей в виде средних индексов сезонности

В зависимости от характера тренда последняя формула может быть записана по разному:

1) для рядов внутригодовой динамики, в которых повышающийся (понижающийся) тренд отсутствует или он незначителен, примет форму

Например, коэффициенты месячной непрерывности определяются в этом случае как отношения уровня каждого месяца к среднемесячному за год. Для большей надёжности индексы сезонности обычно рассчитываются по данным за 3-5 лет. При этом для каждого месяца рассчитывается средняя величина уровня за эти 3-5 дет, которая сопоставляется с общим ежемесячным уровнем за 3-5 лет. Можно таким образом сначала для каждого из этих 3-5 лет рассчитать ежемесячный индекс сезонности, из которых рассчитывается затем средний индекс сезонности для каждого месяца. Результаты будут совпадать.

Поэтому для всех фактических уровней анализируемого ряда динамики общий средний уровень является постоянной величиной, то этот подход называется способом постоянной средней

В этом случае сначала выполняется предварительное аналитическое выравнивание фактических уровней и после этого исчисляется сезонная величина, но не от постоянной средней (как в предыдущем случае), а от выровненных данных.

Измерение сезонных колебаний на базе переменных уровней тренда (расчётных уровней ряда) в статистике получило название способы переменной средней