

*Д. А. Гурьянов**

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СЕЗОНОВ ГОДА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Представлена методика расчёта продолжительности естественных сезонов с помощью метода скользящих средних значений для среднесуточной температуры воздуха метеостанции Санкт-Петербурга. Описываются трендовые характеристики переходов значений температуры через выбранные значения средней температуры. Дается корреляционный анализ продолжительности сезонов года, а также анализ их регрессионных моделей.

Ключевые слова: температура воздуха, межгодовая изменчивость, тренд, регрессионная модель.

D. Gurianov

STATISTICAL ANALYSIS OF THE LENGTH OF THE SEASONS IN ST. PETERSBURG

The paper presents a methodology for calculating the duration of natural seasons by the method of moving averages for the average daily air temperature weather station in St. Petersburg. The paper describes the trend of temperature characteristics of the transitions through the selected values of the average temperature and presents the correlation analysis of the duration of the seasons, as well as the analysis of their regression models.

Keywords: air temperature, the inter-annual variability, the trend in the duration of the seasons, the regression model.

Как известно, календарные сезоны года не совпадают с естественными фазами природных климатических циклов. И, тем более, условные границы, делящие год на четыре равных части, не могут отражать естественную изменчивость климата, которая привлекает всё больше внимания. Изменение продолжительности сезонов года, в первую очередь зи-

* Победитель конкурса поддержки публикационной активности молодых исследователей (проект 3.1.2, ПСР РГПУ им. А.И. Герцена).

мы, непосредственно отражается на хозяйственной деятельности, к примеру, — на начале отопительного периода. В связи с этим в целях рационального использования материальных средств и планирования деятельности по подготовке к зиме необходим долгосрочный прогноз начала холодного периода и его продолжительности. Представляют интерес с научной точки зрения и изменения продолжительности других сезонов.

Для оценки продолжительности сезонов года с научной точки зрения необходимы чёткие критерии, привязанные к естественным атмосферным процессам. Такими критериями могут служить устойчивые переходы среднесуточной температуры воздуха через определённые значения. В данной работе такими реперными точками служат устойчивые переходы среднесуточной температуры через 0 и 15°C осенью и весной. Существуют различные способы оценки даты устойчивого перехода температуры через ноль [3; 6; 7; 8]. Так, в работе [6] выбиралась дата последнего отрицательного значения среднесуточной температуры воздуха весной и первого — осенью. Климатическая зима длится с момента перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C осенью до устойчивого перехода через 0°C весной с установлением устойчивого периода с отрицательной температурой [8]. Климатическая весна и осень длятся с момента перехода через 0°C до перехода через 15°C весной и соответственно — в обратном направлении осенью. Лето — это период между переходами через 15°C [2].

Однако такие периоды могут прерываться оттепелями и заморозками (весной и осенью) или относительно холодными и тёплыми периодами, в том числе длительными, что затрудняет определение даты устойчивого перехода. Для решения этой проблемы была использована методика трёхдневного скользящего осреднения. Такое осреднение позволяет сглаживать колебания температуры около реперных точек в ту или иную сторону и давать более приемлемые результаты для определения дат устойчивого перехода.

Для проведения исследования была использована база данных, содержащая информацию о среднесуточной температуре воздуха за период с 1950 по 2011 год на метеостанции Санкт-Петербурга [9]. Выделение дат устойчивого перехода через реперные точки проводилось индивидуально для каждого года с учётом общей картины климатических условий, наблюдаемых в данном году. В общем случае днём устойчивого перехода считался тот, после которого среднесуточная температура воздуха не переходила через реперную отметку в сторону повышения/понижения в течение 7 суток, либо эти переходы были кратковременными и незначительными по амплитуде.

На первом этапе были построены графики переходов температуры через реперные точки и проведён их анализ. На рисунке 1 представлены графики осенних и весенних температурных переходов. Первое, что обращает на себя внимание, — высокая изменчивость временного ряда для перехода через 0°C. Размах колебаний составляет 96 дней, т. е. более трех месяцев. Самая ранняя зима наступила в 287-й день (13 октября) 1976 г., а самая поздняя — 19 января 2007 года. Действительно, осень 2006 г. была аномально теплой, а средняя месячная температура воздуха в декабре составила 3°C и оказалась самой высокой за весь период наблюдений, начиная с 1752 г. [4]. Аномально холодным был октябрь 1976 г., который вошел в пятерку самых холодных месяцев за период наблюдений.

О характере потепления (похолодания) обычно судят по величине тренда и его вкладу в межгодовую изменчивость температуры воздуха. Под трендовой составляющей здесь понимается некоторое медленное изменение процесса с периодом, превышающим длину исходной реализации. Отсюда следует, что существование тренда полностью определяется длиной исходного ряда [1].

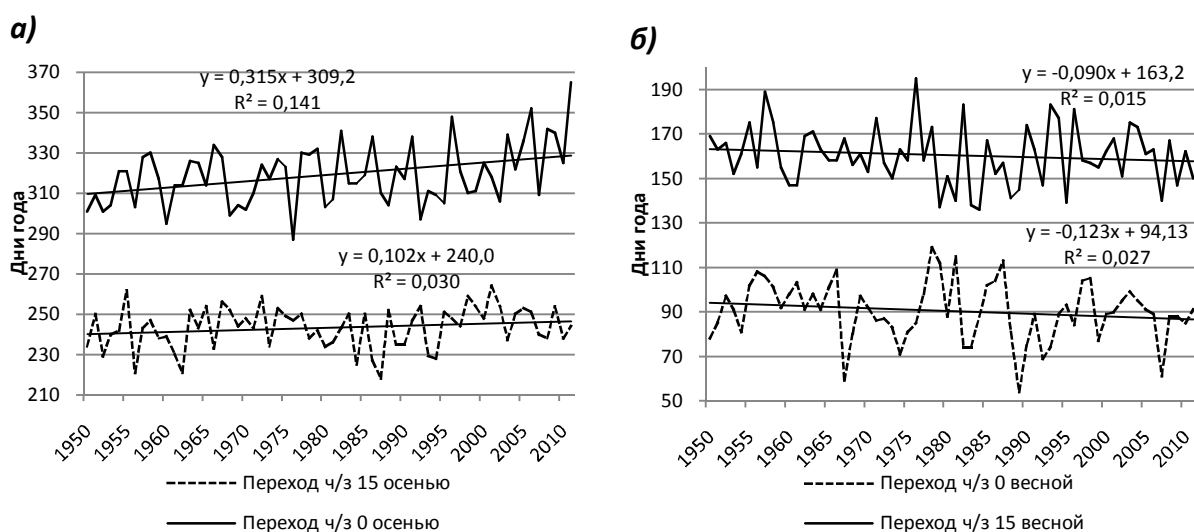


Рис. 1. Графики перехода среднесуточных значений температуры воздуха через 0 и 15°C: а — осенью и б — весной

Во временном ряде перехода температуры через 0°C отчетливо выражен положительный линейный тренд, который позволяет не только оценить общую изменчивость временного ряда, но и характеризует средние многолетние условия для конкретных лет. По тренду переход через ноль в 1950 г. произошел через 310 дней от начала года, а в 2011 году — через 329 дней, т. е. начало зимы сдвинулось на 19 дней (табл. 1). Непосредственно по исходным данным такой переход был через 301 день, а в 2011 г. — через 365 дней, т. е. сдвиг начала зимы составил 64 дня. Скорее всего, последняя оценка, обусловленная большой выборочной изменчивостью, в значительной степени носит случайный характер, поэтому в дальнейшем используются оценки по тренду.

Таблица 1

Статистические характеристики временных рядов

Параметр	Среднее, дней	Тренд (Tr), дней/год	R ²	Оценка по тренду, дней		ΔTr, дней
				1950 год	2011 год	
Пер-д ч/з 0° весной	90	-0,111	0,02	94	87	-7
Пер-д ч/з 0° осенью	319	0,302	0,14	310	329	19
Пер-д ч/з 15° весной	160	-0,076	0,01	163	158	-5
Пер-д ч/з 15° осенью	243	0,102	0,03	240	247	7

Что касается перехода температуры через 15°C осенью, то размах колебаний составляет 46 дней, при этом наиболее поздний переход к осени отмечался через 264 дня (20 сентября 2001 г.), а наиболее ранний — через 218 дней (5 августа 1987 г.). Линейный тренд перехода температуры через 15°C больше почти в три раза уступает тренду перехода температуры через 0°C. В 1950 г. переход температуры через 15°C произошел через 240 дней, а в 2011 году — через 247 дней, т. е. осень стала наступать на 7 дней позже (табл. 1).

На рисунке 2 приводится график перехода среднесуточных значений температуры воздуха через 0 и 15°C весной. Как следует из этого рисунка, изменчивость дней перехода через 0°C весной меньше, а через 15°C несколько больше, чем осенью. Так, размах колебаний перехода через ноль составляет 78 дней, а через 15°C — 59 дней. Переход от зимы к весне в 1950 году произошел через 94 дня, а в 2011 г. — через 87 дней, переход от весны к лету — соответственно через 163 и 158 дней. Вследствие этого ускорение наступления весны составило 7 дней, а лета — 5 дней (табл. 1).

Таким образом, можно утверждать, что значительно сократилась продолжительность зимы, за счёт чего увеличилась продолжительность других сезонов. Действительно, как следует из таблицы 2, продолжительность зимы в течение 1950–2011 гг. уменьшилась на 27 дней, а весны, лета и осени увеличилась соответственно на 2, 12 и 13 дней. Естественно, это связано с потеплением климата в Северо-Западном регионе за рассматриваемый период.

Таблица 2

Оценка продолжительности климатических сезонов года в Санкт-Петербурге в течение 1950–2011 гг. в днях

<i>Начало и конец периода</i>	<i>Зима</i>	<i>Весна</i>	<i>Лето</i>	<i>Осень</i>
1950	150	69	77	69
2011	123	71	89	82
Среднее	137	70	83	76

Представляет также интерес оценка корреляции продолжительности сезонов и других характеристик температурного режима. Для этого был проведён корреляционный анализ с построением корреляционной матрицы, где положительные значения коэффициентов корреляции (R) соответствуют прямой зависимости между переменными, отрицательные — обратной. Далее была проведена проверка R на значимость с помощью критерия Стьюдента (значимые коэффициенты корреляции при уровне значимости $\alpha = 0,05$ соответствуют $R_{кр} > 0,25$).

Значимая прямая связь отмечается между переходами через реперные точки в конце сезонов года и продолжительностью этих сезонов в сторону их увеличения (весны, лета, осени), а значимая обратная связь соответствует переходам через 0 и 15°C в начале сезонов и продолжительности этих сезонов опять же в сторону их увеличения. Значимая обратная связь между переходами через 0°C осенью и продолжительностью зимы, а также отсутствие её какой-либо значимой связи с весенним переходом через 0°C позволяет утверждать, что сокращение продолжительности зимы, главным образом, происходит за счёт увеличения продолжительности осени. Значимые связи наблюдаются также для среднегодовой температуры и продолжительности зимы и лета. Если для зимы эта связь обратная, то для лета она прямая, причём для зимы значение R больше, чем для лета, что позволяет говорить о большем вкладе сокращения холодного периода в рост среднегодовой температуры. Это же подтверждают и значимые связи с переходами через реперные точки: обратные — для весны, прямые — для осени.

Из анализа корреляций следует возможность построения простых статистических моделей продолжительности отдельных сезонов. Действительно, продолжительность зимы зависит от даты перехода температуры через 0°C осенью и от самой продолжительности осени. Очевидно, что чем позже происходит переход температуры через ноль и чем длин-

нее осень, тем короче должна быть зима. Аналогично: продолжительность последующих сезонов может зависеть от продолжительности предыдущего и момента перехода температуры от него к текущему сезону.

Мерой качества модели служат:

– коэффициент детерминации R^2 , который показывает долю объясненной дисперсии функции отклика,

– стандартная ошибка модели $\sigma_{y(x)}$,

– критерий Фишера F , характеризующий значимость (адекватность) модели.

Коэффициент детерминации R^2 функционально связан со стандартизованными коэффициентами регрессии формулой

$$R^2 = \sum \beta_j r_{yj} = \beta_1 r_{y1} + \beta_2 r_{y2},$$

где r_{yj} — парный коэффициент корреляции между функцией отклика и j -м предиктором (см. табл. 3). Из приведенной формулы видно, что произведение $\beta_j r_{yj}$ представляет собой вклад каждого из предикторов X_j в описание изменчивости функции отклика [5].

Указанные выше статистические параметры для четырех моделей приводятся в таблице 4. Кроме того, для сравнения с оценками $\sigma_{y(x)}$ в таблице 3 даны значения стандартных отклонений исходных временных рядов σ_y .

Таблица 3

Статистические параметры моделей временных рядов продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге

Сезон года	R^2	$\sigma_{y(x)}$, дни	F	σ_y , дни
Зима	0,59	13,5	43,1	16,0
Весна	0,50	13,5	29,1	13,2
Лето	0,61	10,5	46,9	13
Осень	0,26	15,1	10,6	8,9

Как показывают статистические параметры таблицы 4, наиболее точными являются модели продолжительности лета и зимы (рис. 2). Они имеют наибольшие значения коэффициентов детерминации и критерия Фишера. На противоположном полюсе — модель оценки продолжительности осени с самым малым коэффициентом детерминации, который описывает всего 26% дисперсии исходного ряда. Однако, несмотря на это, модель все же адекватна по критерию Фишера (при уровне значимости $\alpha = 0,05$ $F_{кр} = 4,0$), как и все другие модели. Ниже представлены уравнения регрессии для продолжительности всех сезонов. В качестве предикторов были взяты переходы температуры через 0 и 15°C, определяющие начало сезонов и продолжительность предшествующего сезона.

$$D_{зим} = -1,16 T_{0,Дос} + 0,119 D_{ос} + 497,418;$$

$$D_{вес} = -0,985 T_{0,Двес} + 0,005 D_{зим} + 158,377;$$

$$D_{лет} = -1,112 T_{15,Двес} + 0,146 D_{вес} + 251,006;$$

$$D_{ос} = -0,66 T_{15,Дос} - 0,172 D_{лет} + 250,739.$$

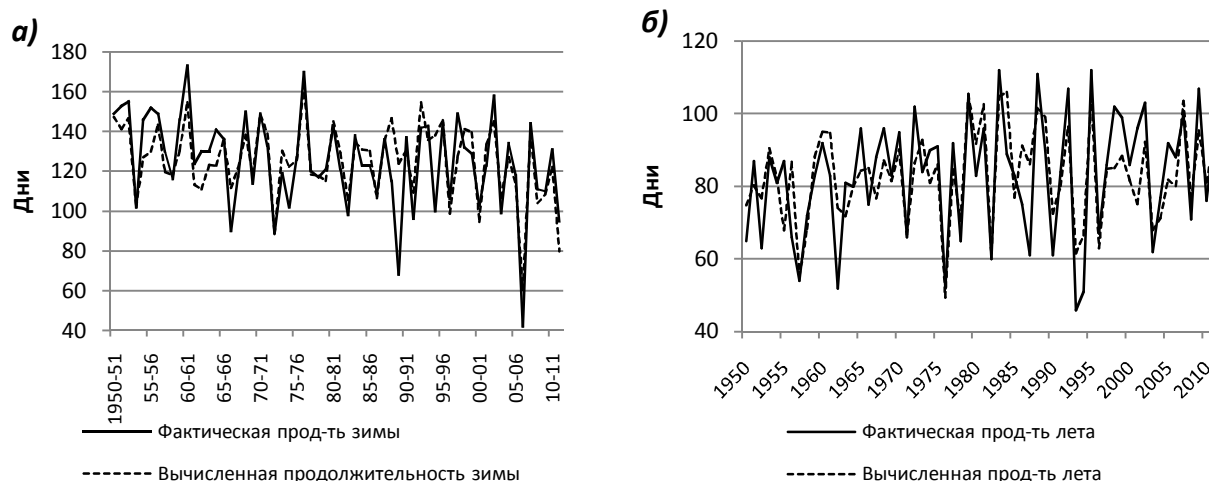


Рис. 2. Сравнение фактической и вычисленной по модели продолжительности:
а — зимы и б — лета

Важным достоинством этих формул является их прогностический характер. Однако не для всех сезонов прогноз может считаться качественным. Если для зимы и лета он наиболее достоверен, как было показано в таблице 4, то для более точного прогноза продолжительности осени необходим поиск более значимых предикторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурьянов Д. А., Малинин В. Н. Тренды в колебаниях характеристик температуры воздуха в Северо-Западном регионе России // LXVI Герценовские чтения, Санкт-Петербург, РГПУ им. А. И. Герцена, 18–20 апреля 2013 г. / Отв. ред. В. П. Соломин. СПб.: Астерион, 2013. С. 30–32.
2. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учебник. М.: Высш. шк., 1991. 366 с.
3. Карлин Л. Н., Ефимова Ю. В., Никифоров А. В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления // Ученые записки РГГМУ. СПб., 2005. № 1. С. 22–30.
4. Климат Санкт-Петербурга и его изменения. СПб.: ГГО, 2010. 255 с.
5. Малинин В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации: Учебник. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. 408 с.
6. Малинин В. Н., Гурьянов Д. А. Структурные особенности формирования межгодовой изменчивости температуры воздуха в Северо-Западном районе России // Общество. Среда. Развитие. СПб., 2013. № 2(27). С. 227–232.
7. Малинин В. Н., Гордеева С. М., Гурьянов Д. А. Особенности температурного режима Санкт-Петербурга в современный период // Нерешенные проблемы климатологии и экологии мегаполисов. СПб., 2013. С. 43–46.
8. Садоков В. П., Козельцева В. Ф., Кузнецова Н. Н. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5°C, их прогноз и оценка // Труды Гидрометцентра России. Вып. 348. СПб., 2012. С. 144–150.
9. Специализированные массивы для климатических исследований. Температура воздуха. Режим доступа: <http://www.meteo.ru/climate/temp.php>

REFERENCES

1. Gur'janov D. A., Malinin V. N. Trendy v kolebanijah harakteristik temperatury vozduha v Severo-Zapadnom regione Rossii // LXVI Gertsenovskie chtenija, Sankt-Peterburg, RGPU im. A. I. Gertsena, 18–20 aprlja 2013 g. / Otv. red. V. P. Solomin. SPb.: Asterion, 2013. S. 30–32.

-
2. *Isachenko A. G.* Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie: Uchebnik. M.: Vyssh. shk., 1991. 366 s.
 3. *Karlin L. N., Efimova Ju. V., Nikiforov A. V.* Nekotorye klimaticheskie karakteristiki Sankt-Peterburga v jepohu global'nogo poteplenija // Uchenye zapiski RGGMU. SPb., 2005. № 1. S. 22–30.
 4. *Klimat Sankt-Peterburga i ego izmenenija.* SPb.: GGO, 2010. 255 s.
 5. *Malinin V. N.* Statisticheskie metody analiza gidrometeorologicheskoy informatsii: Uchebnik. SPb: Izd-vo RGGMU, 2008. 408 s.
 6. *Malinin V. N., Gur'janov D. A.* Strukturnye osobennosti formirovanija mezhhodovoj izmenchivosti temperatury vozduha v Severo-Zapadnom rajone Rossii // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. SPb., 2013. № 2(27). S. 227–232.
 7. *Malinin V. N., Gordeeva S. M., Gur'janov D. A.* Osobennosti temperaturnogo rezhima Sankt-Peterburga v sovremennyj period // Nereshennye problemy klimatologii i ekologii megapolisov. SPb., 2013. S. 43–46.
 8. *Sadokov V. P., Kozel'tseva V. F., Kuznecova N. N.* Opredelenie vesennih dat ustojchivogo perehoda srednej sutochnoj temperatury vozduha cherez 0, +5 oS, ih prognoz i otsenka // Trudy Gidromettsentra Rossii. Vyp. 348. SPb., 2012. S. 144–150.
 9. Spetsializirovannye massivы dlja klimaticheskih issledovanij. Temperatura vozduha. Rezhim dostupa: <http://www.meteo.ru/climate/temp.php>

УДК 528.065/.067

Е. В. Белоненко

MAPINFO PROFESSIONAL И GEOMEDIA PROFESSIONAL: ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОЕКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ГИС

(Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП
«Научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.»
и гранта РФФИ № 12-05-00008)

Рассмотрены методы оценки точности проекционных пересчётов векторных и растровых данных в программах MapInfo Professional и GeoMedia Professional. Проведено сравнение точности пересчета векторных и растровых данных из одной проекции в другую в этих программных продуктах.

Ключевые слова: arInfo Professional, GeoMedia Professional, картографические проекции, точность.

Е. Belonenko

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF PROJECTIVE TRANSFORMATIONS OF CHARTS IN GIS MAPLINFO PROFESSIONAL AND GEOMEDIA PROFESSIONAL

This article describes methods of evaluating the accuracy of the projection transformations of vector and raster data in programs MapInfo Professional and GeoMedia Professional. A comparison of the accuracy of raster and vector data recalculations from one projection to another in these software products is carried out.

Keywords: MapInfo Professional, GeoMedia Professional, map projections, accuracy.