

А.К. ЛАБОХА, А.Ю. ШАМЫНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ
ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ И ВРЕМЕННЫМИ
ЗАТРАТАМИ ПРИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО МЕТОДУ ОБРАТНЫХ
ВЗВЕШЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь

Аннотация. В работе исследована интерполяция по методу обратных взвешенных значений, проведено экспериментальное исследование качества результата интерполяции и затрачиваемого времени при различном расстоянии между точками с данными. На основании полученных результатов сделаны выводы о рациональности использования различных расстояний между данными.

Ключевые слова: интерполяция, метод обратных взвешенных расстояний.

Abstract. In the work, interpolation by the method of inverse distance weighting was studied, an experimental study was made of the quality of the result of interpolation and the time spent at different distances between points with data. Based on the results obtained, conclusions are drawn on the rationality of using different distances between the data.

Keywords: interpolation, inverse distance weighting, IDW.

Введение

Визуализация данных широко используется для их более наглядного представления. Однако в ряде случаев простой визуализации значений недостаточно. Одним из примеров такой ситуации служат точечные данные, когда для отдельных точек в некотором пространстве заданы их значения или характеристики. В этом случае для диапазона значений точек может быть определен цветовой диапазон, и тогда каждой точке пространства будет поставлен в соответствие с её значением определенный цвет. При этом можно выделить два основных случая: когда значения заданы для всех точек в пространстве и только для некоторых «избранных» точек. В последнем случае необходимо выполнять интерполяцию, поскольку для плавности и наглядности визуализации значений точек необходимо также определить значения для всех остальных точек. Для этого могут быть использованы различные методы интерполяции, которые подразделяются на детерминированные и геостатические [1]. К числу детерминированных методов относятся методы обратных взвешенных расстояний (inverse distance weighting, IDW) и анализа поверхности тренда (trend surface analysis, TID). Одним из наиболее известных геостатических методов является кригинг (Kriging).

В ходе выполнения работы по обработке прогнозных метеорологических данных, которые рассчитываются по различным моделям с заданным пространственным шагом, была решена задача визуализации прогноза для территории Республики Беларусь; для интерполяции данных использовался метод обратных взвешенных расстояний. Указанная разновидность карт является только частным случаем тематических карт, которые могут быть построены на основании интерполированных пространственных сведений. При анализе построенных метеорологических карт было замечено, что изменение числа точек с данными на одно и то же растровое изображение влияет на точность полученного интерполированного изображения. Однако с повышением детализации визуализируемых данных увеличивалась и время интерполяции. Так родилась идея исследования зависимости между временем интерполяции и расстоянием в пикселах, которое соответствует удаленности между точками с данными.

Следует отметить особую важность уменьшения временных затрат на интерполяцию в критических системах моделирования, системах принятия решений и реального времени. В подобного рода системах время является критическим фактором, а в случае визуализации многих наборов данных временные затраты на интерполяцию могут составить значительную часть затрачиваемого системой времени.

Экспериментальная часть

Таким образом, была поставлена задача исследовать соотношение между расстоянием в пикселах, которое соответствует удаленности между двумя соседними точками данных, и временем, затрачиваемым на интерполяцию указанных данных.

Следует отметить, что исследование проводилось для случая, когда точки с данными распределены равномерно, т.е. расстояние между ними по вертикали и горизонтали соответственно остается неизменным. Исследование подобной зависимости в случае неравномерного распределения точек является отдельной задачей и может быть изучено в дальнейшем.

В ходе эксперимента было решено получать температурную карту погоды для территории Беларуси разрешением 4000x4000 пикселей. За исходные точечные данные, которые необходимо интерполировать, была взята температура воздуха на высоте 2 метра над поверхностью на 16:00 14-го июня 2019-го года, рассчитанная по модели GFS [2]. Поскольку пространственное разрешение прогноза, построенного по данной модели, составляет $0,25^\circ$, что приблизительно равняется 17 км по широте и 28 км по долготе для территории Беларуси, для проведения эксперимента пространственное разрешение было увеличено путем расчета промежуточных значений между точками по методу обратных взвешенных расстояний от значений 4-х ближайших точек. В результате были получены точечные данные, расстояние между которыми составляет порядка 334 м по широте и 292 м по долготе. В дальнейшем при проведении эксперимента для получения набора точек данных с заданным пространственным шагом использовались значения точек с координатами, ближайшими к заданным. Подобный подход позволил обеспечить необходимую достоверность по исходным данным, поскольку даже при максимальной пространственной точности в эксперименте (расстояние между точками 19,54 пикселей) в среднем была использована только каждая 10-я точка из сгенерированного набора данных.

Поскольку расстояние от восточной до западной точки Беларуси составляет 650 км, а с севера на юг – 560 км, для отсутствия искажений административно-территориальных границ при проведении эксперимента на карту также были нанесены территории южнее Беларуси. В качестве географической подложки для получаемой карты были использованы границы Республики Беларусь и её областей. Также на карту были нанесены наиболее крупные города, что позволяет оценить точность интерполированных данных с привязкой к определенной местности. Соотнесение точек с данными с географической привязкой осуществлялось по географическим координатам точек.

Для каждого заданного расстояния между точками данных замеры времени, затрачиваемого на интерполяцию, выполнялись 10 раз, после чего определялись среднее, максимальное и минимальное время интерполяции. Стоит отметить статистические показатели полученных результатов. Для 93% процентов расстояний, у которых среднее время интерполяции составило более 200 мс, максимальное отклонение полученного результата от среднего не превышает 15%. При этом для 73% процентов расстояний максимальное отклонение от среднего времени интерполяции не превысило 10%. Эти факты позволяют говорить о неплохом качестве полученных временных значений, которые с достаточной точностью отражают тенденции распределения временных затрат.

Зависимость между временем интерполяции и пространственным разрешением представлена на рисунке 1. Как можно заметить, рост временных затрат при уменьшении расстояния между данными в диапазоне от 275 до 100 пикселей является незначительным (18 мс для расстояния между данными 275 пикселей и 100 мс для расстояния 98,72 пиксела), что наряду с визуальным анализом полученных карт (рис. 2) позволяет сделать однозначный вывод о нецелесообразности использования расстояния между данными, превышающего 100 пикселей. Также следует обратить внимание на представленные в таблице 1 сведения, согласно которым уменьшение

расстояния между данными менее 40 пикселей приводит к значительному росту временных затрат, который особо заметен при расстоянии, меньшем 30 пикселей. Проведенный анализ полученных карт (рис. 2) продемонстрировал при указанных расстояниях незначительное увеличение детализации полученных карт. Эти факты позволяют говорить о целесообразности использования расстояния между данными, меньшего 40 пикселей, только в случаях, когда детализация получаемого в результате изображения является критическим фактором, а временные затраты на проведение интерполяции являются несущественными или относятся к не критическим факторам.



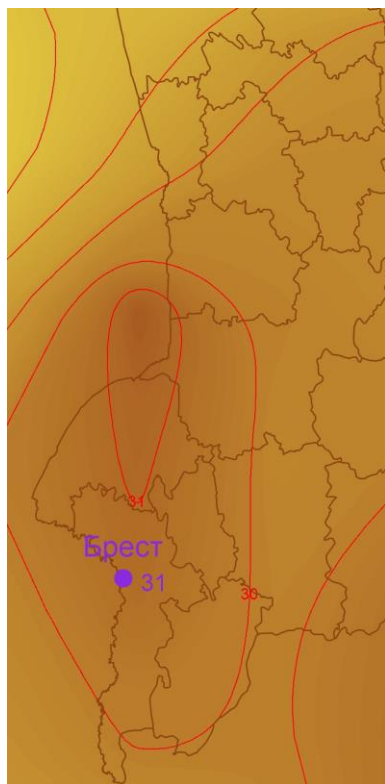
Рис. 1. Зависимость между временем интерполяции и расстоянием между точками с данными

Таблица 1 – Временные затраты на интерполяцию при различном расстоянии между данными

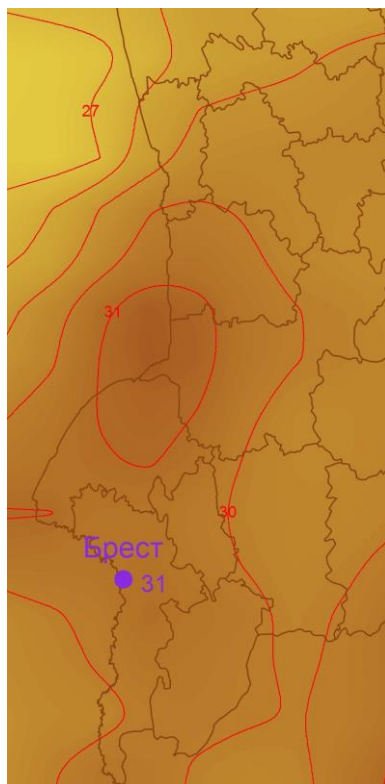
Расстояние, пикселей	45,29	40,1	34,68	29,84	25,5	23,05	20,37	19,54
Время, мс	361	453	578	708	861	975	1173	1251
Прирост, мс/пиксел	–	17,72	23,06	26,86	35,25	45,71	73,88	93,98

При интерполяции важно оценивать не только количественные показатели, такие как временные затраты, но и качественные, а именно точность детализации изображения, полученного в результате интерполяции. На рисунке 2 представлены фрагменты полученных в результате интерполяции по методу обратных взвешенных значений метеорологических карт температуры воздуха, полученные при различном расстоянии между точками с данными. При расстоянии между точками, равным 275 пикселей, все изолинии заметно спрямлены, температурные аномалии не выделены.

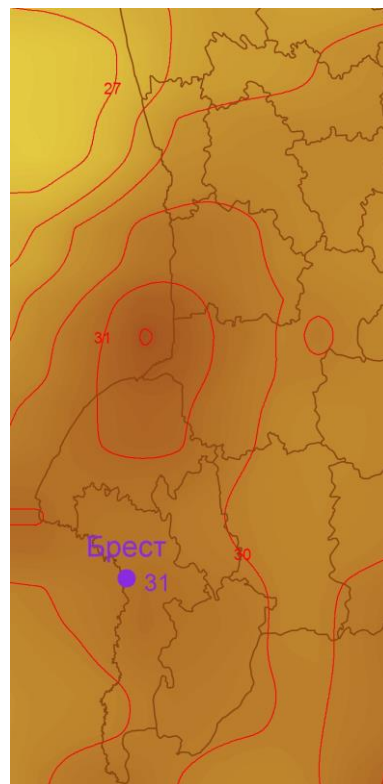
При расстоянии между точками, меньшем 100 пикселей, на всех полученных картах выделены температурные аномалии, с уменьшением расстояния между точками с данными изолинии более детально передают контуры областей с одинаковыми значениями температуры.



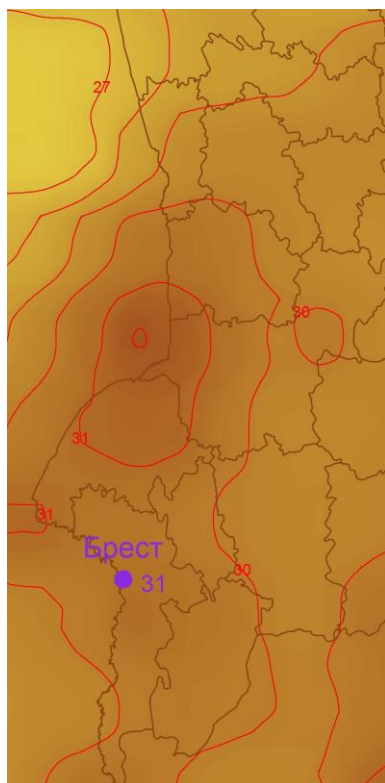
а) 275 пикселей



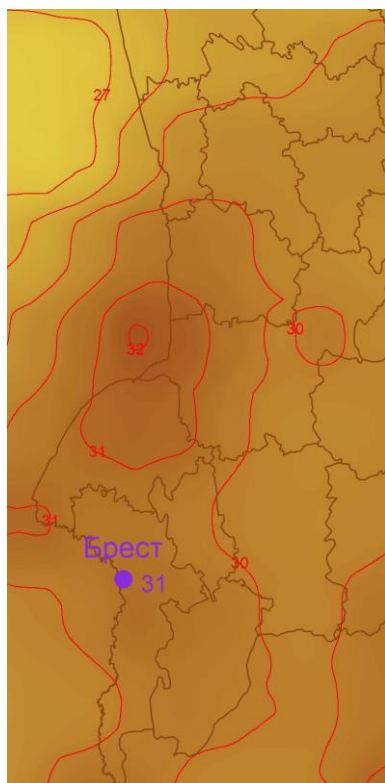
б) 98,72 пикселей



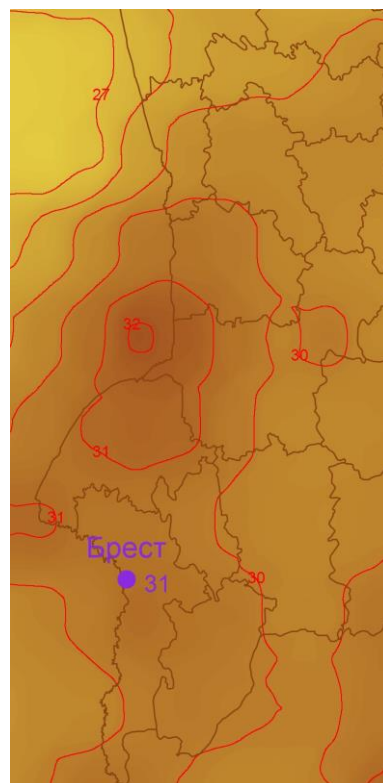
в) 70 пикселей



г) 40,1 пикселей



д) 29,84 пикселей



е) 19,54 пикселей

Рис. 2. Фрагменты метеорологических карт температуры воздуха, полученных при различном расстоянии между точками с данными

Заключение

На основании приведенного выше анализа можно сделать вывод о необходимости учета при проведении пространственной интерполяции расстояния между точками с данными. Задание завышенного значения (более 100 пикселей) приводит к сглаживанию изолиний и аномалий, что означает снижение информативности создаваемого интерполированного изображения. С точки зрения оптимальных временных затрат и качества полученного в результате интерполяции изображения можно выделить диапазон расстояний между 40 и 70 пикселями. В этом случае за приемлемое время может быть построено интерполированное изображение, содержащее все основные характеристики исходных данных. В зависимости от типа системы расстояние может варьироваться как в пользу наименьшего времени интерполяции (в системах реального времени), так и в сторону повышения качества результата интерполяции.

Список литературы

7. Luo, W. & Taylor, Moray & Parker, S.. (2008). A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. *International Journal of Climatology*. 28. 947 - 959. 10.1002/joc.1583.
8. NCEP Data Products GFS and GDAS [Электронный ресурс]. – 2019 – Режим доступа: <https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs> – Дата доступа: 12.11.2019

References

17. Luo, W. & Taylor, Moray & Parker, S.. (2008). A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. *International Journal of Climatology*. 28. 947 - 959. 10.1002/joc.1583.
18. NCEP Data Products GFS and GDAS [Electronic Resource]. – 2019 - Access mode: <https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs> – Access date: 11/12/2019

Сведения об авторах

Лабоха А.К., магистрант и ассистент кафедры ПОИТ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Шамына А.Ю., аспирант и ассистент кафедры ПОИТ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Labokha A.K., graduate student and assistant of Information Technologies Software sub-department, BSUIR.

Shamyna A.Y., post-graduate student and assistant of Information Technologies Software sub-department, BSUIR.

Адрес для корреспонденции

220005, Беларусь, Минск, ул. Гикало, 9, Белорусский государственный

Address for correspondence

220005, Belarus, Minsk, Gikalo st, 9, Belarussian state university of informatics

университет
информатики и радиоэлектроники
тел. + 375 17 293-84-93;
e-mail: labokha.poit@bsuir.by
Лабоха Александр Константинович

and radioelectronics
tel. + 375 17 293-84-93;
e-mail: labokha.poit@bsuir.by
Labokha Alexandr Konstantinovich