Использование результатов расчета численных моделей не дает автоматического роста качества прогнозов в подразделениях УГМС. Если оставить результаты расчетов необработанными и по их результатам составить прогноз элементов погоды (экстремальная температура воздуха на высоте 2 м., максимальная скорость ветра, преобладающее направление ветра, сумма осадков за полусутки), то оправдываемость прогноза окажется на уровне 60-70%.

Наиболее распространены методы физико-статистической интерпретации результатов расчета численных моделей: метод идеального прогноза (PP, perfect prog) и статистическая интерпретация гидродинамического прогноза (MOS, model out put statistic) в основе которых лежит предположение, что поля воспроизводимые моделями и данные наблюдения связаны линейной регрессией.

\_\_\_\_

Для отбора значимых предикторов используется прямой отбор. На первом шаге для вышеописанной матрице строиться матрица корреляции и выбирается предиктор, наиболее коррелирующий с предиктантом. Условием включения предиктора является удовлетворение значения коэффициента взаимной корреляции критерию значимости Стьюдента с уровнем 95%. Кроме того, отобранный предиктор не должен коррелировать ни с одним из уже включенных в схему предикторов с тем же уровнем значимости.

После включения в схему производится построение регрессионной модели для отобранного предиктора и предиктанта. Полученная модель применяется к соответствующему предиктору, результатом чего является массив из N значений оценок предиктанта. Поэлементно вычитая из массива оценок массив значений предиктанта, получаем массив ошибок. Если вариация результата расчета уменьшается в сравнении с исходной вариацией предиктанта, то отбранный предиктор оставляют в модели и поторяют процедуру уже для (M-2) предиктора и массива ошибок оценки, получанной на предыдущем этапе. Итерации продолжается до тех пор, пока уменьшение вариации не станет меньше поровогоо значения, заданного на уровне 5% . Также установлено ограничение на общее колличестов включенных предикторов в размере 10% от размера обучающей выборки, но не более 10 шт.

Метод обратного ислючения подобен предыдущему с той лишь разницей, что изначально в модель включены все предикторы и затем из нее ислючаются наименее коррелирующие с предиктантом. Итерации продолжаются, пока уменьшение вариации не станет больше порогового значания.

\_\_\_\_\_

Модель WRF (Weather Research and Forecasting) - численная мезомасштабная система прогнозирования погоды. В модели численно решается полная система уравнений гидротемодинамики атмосферы, которая включает в себя уравнения неразрывности, переноса импульса ( с учетом эффектов сжимаемости и негидростатичности), переноса влаги и внутренней энергии. WRF является региональной моделью, поэтому для ее инициализации и задания граничных условий необходимы результаты расчетов глобальной модели численнного прогноза погоды.

Расчет производился по расчетной области с шагом сетки 5 км на 27-ми вертикальных уровнях. Для решения задачи метеорологического прогноза система уравнений гидротермодинамики атмосферы должна быть дополненая начальными и граничными условиями. В качестве начальных условиями должны задаваться трехмерные распределения полей трех компонент скорости, температуры, давления и вляжности. В качестве граничных условий должы задаться значения температруры, влажности и компоненты скорости на боковых и на верхней границах области, а также значения потоков тепля, влаги и импульса на нижней границе области, прилегающей к поверхности Земли. В нашем случае для этих целей используются данные оперативных пронгозов Национального ценра прогнозирования атмосферы NCEP (США). Прогностичесие поля модели NCEP сроком на 72 ч. прогнозниго времения определяют начальные и граничные условия для метеорологичесих переменных. Граничные условия для послилающей поверзности зависят от свойств подстилающей поверзности. Используются следующие данные о подстилающей поверхности: высота поверзности над уровнем моря, категория подстилающей поверзности в соответствии с классификацией Геолонической службы США USGS (например, лес, водная поверхность, и т.д.), тип растительности, тип почвы, средняя сезонная температура, среднемесячное альбедо. Соответсвующие данные брались с сайта USGS.

Основной задачей при составления регрессионных зависимостей для прогноза элементов погоды является выбор величин, используемыз в качестве предикторов. Их условно можно разделить на несколько групп: расчетных переменные модели, интерполированные переменные модели, производные переменные, геоклиматические и данные наблюдений. В первую группу входят величины, непосредственно рассчитанные моделью в ее системе координат. Туда же можно отнести величины, полученные из непосредственно рассчитанных с помощью преобразований по физичесим законая (температура в градусах Кельвина, относительная влажность и пр. ). Во вторую группу входят величины полученные из первых двух групп путем математической интерполяции в другие системы координат (вертикальные уровни, проекции). К третьей груаае относятся все величины, получанные из первых двух групп путем математических преобразований (градиенты, лапласианы, диверненции, роторы и пр.). Чем меньше математическиз преобразований было произведено над рассчитанной величиной, тем в более согласованном состоянии она находится по отношению к самой себе и другим переменным в пространстве и времени.

Рассмотрим некоторые примеры отобранных предикторов.

В [9] для построения MOS для температуры, точки росы, относительной влажности и скорости ветра на основе модели MM5 были использованы предикторы всех вышеуказанных типов (см. ).

Hart K.A. et al. An evaluation of mesoscale-model-based model output statistics (MOS) during the 2002 Olympic and Paralympic Winter Games // Weather Forecast. 2004. Vol. 19, № 2. P. 200–218.

Таблица . Вариант перечня использовавшихся предикторов для прогноза температуры, точки росы, относительной влажности и ветра

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Предиктор | Уровни | Кол-во |
| T, Td, RH, U, V, WSPD | σ=0.995; 800, 700, 600, 500 hPa | 30 |
| H, Verticalvelocity | 800, 700, 600, 500 hPa | 8 |
| 3h acc. precip. |  | 1 |
| Sfc. -700 hPa lapse rate |  | 1 |
| Avg. sfc. – 500hPa RH |  | 1 |
| Sin, Cos дня года |  | 2 |
| Наблюдения за ближайший срок |  | 4 |
|  |  | 47 |

В [10]дляпрогнозатемпературыиспользовалисьпредикторыизТаблицы 2.

Wilson L.J., Vallée M. The Canadian updateable model output statistics (UMOS) system: Design and development tests // Weather Forecast. 2002. Vol. 17, № 2. P. 206–222.

Таблица2.Вариантперечняиспользовавшихсяпредикторов для прогноза температуры

| Предиктор | Уровни | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| totalcloudcover |  | 1 |
| T | surface, 1000, 925, and 850 hPa | 4 |
| Tdd | 1000 hPa | 1 |
| geopotentialheight | 850 and700 hPa | 2 |
| wind speed | 850hPa | 1 |
| temperature advection | 1000hPa | 1 |
| RH | 925, 950, 700, and 500 hPa | 4 |
| OT | (1000–850) and (1000–925) hPa | 2 |
| George K index |  | 1 |
| sun elevation function |  | 1 |
| latest observation |  | 1 |
|  |  | 19 |

Потенциальные предикторы были получены путем обработки выходных файлов с результатами расчетов модели WRF за период 2005-2209 г. Параметры применяемой кофигурации приведены в приложениий 1. Кроме того, для каждого предиктора были рассчитаны минимум, максимум и среднее значение за полусутки (с 9 до 21 и с 21 до 9 часов ВСВ).

Для всех классов был произведен расчет прогнозов минимальной температуры за ночь с заблаговременностью 33 и 57 часов и максимальной температуры за день с заблаговременностью 21, 45 и 69 часов. Расчет производился на независимой выборке, которая была построена способом, аналогичным таковому для обучающей выборки, по результатам расчета за период 2010-2011 гг. Если наблюдаемая ситуация попадала в класс, основанный на классификации по направлению ветра и недостаточно наполненный на этапе построения регрессий, то прогноз составлялся по уравнению из соответствующей календарной классификации (общегодовой).

# Процедура оценки

Для оценки результат прогнозирования сравнивается с фактически наблюденным или измеренным значением. Для каждого прогноза фиксируется абсолютное отклонение и успешность (попадание в допустимые интервалы).

На основании набора отклонений и успешности согласно [15] рассчитываются дополнительные величины, характеризующие успешность метода: средняя абсолютная и средняя относительная ошибки, среднеквадратическая ошибка, коэффициент Пирси-Обухова (для альтернативного прогноза явлений), доля попадания в заданные интервалы и пр. Кроме того, будет проводиться оценка согласно критериям для синоптических прогнозов.[1] Прогноз температуры по пункту считается оправдавшимся, если зафиксированные значения экстремальных температур за период не вышли из прогнозируемого интервала более, чем на 2 °С.

15 - Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорлогических и гелиофизических прогнозов : РД 52.27.284—91. 1991.

1. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения : РД 52.27.724 - 2009.