



УДК 551.5:001.891.57
ГРНТИ 37.21.77

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ВЫБОРУ ЛУЧШЕГО МЕТОДА ПРОГНОЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ

*Ю.В. ШИПКО, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
М.А. ОБЛОГИН
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

На примере ряда методов прогноза гроз представлены подходы к выбору лучшего метода альтернативного прогноза: по критериям успешности, по Парето, с использованием неметрического многомерного шкалирования, кластеризации. Показано, что рассматриваемые подходы дополняют друг друга, давая визуальное представление «близости» различных методов прогноза.

Ключевые слова: альтернативный прогноз, критерий успешности, метод кластеризации, неметрическое многомерное шкалирование, подход Парето.

APPROACHES TO THE WEATHER EVENTS FORECAST BEST METHOD

*JU.V. SHIPKO, Candidate of Technical sciences
MESCAF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
M.A. OBLOGIN
MESCAF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)*

The approaches to the weather events forecast best method are presented on the thunderstorms forecasts different methods examples: according to the success criteria, Pareto, using non-metric multidimensional scaling, clustering. It is shown that the approaches complement each other giving a proximity visual representation of forecast various methods.

Keywords: alternative forecast, success criterion, non-metric multidimensional scaling, Pareto approach.

Введение. В метеорологических подразделениях авиационных частей прогнозы погоды разрабатываются в целях обеспечения аэродромных, маршрутных полетов и перелетов, а также специальных заданий. При составлении авиационных прогнозов используются три основных метода: синоптический, гидродинамический, физико-статистический. Существует определенная классификация авиационных прогнозов, в основу которой положено их деление по назначению, месту (воздушному пространству) и времени [1]. Важное место в метеорологическом обеспечении авиации занимают качественные прогнозы, когда указывается одна из нескольких фаз величины или явления погоды, характеризуемая некоторым описанием (форма облачности, вид осадков и т.д.). При их рассмотрении выделяют альтернативные прогнозы, если указывается одна из двух возможных фаз, и многофазовые. Альтернативным может быть прогноз гроз (возможно наличие или отсутствие грозы), тумана, скорости ветра, превышающей допустимую величину, и др.

В настоящее время имеется большой арсенал различных прогностических приемов, рекомендаций и способов, с помощью которых может быть предсказано значение метеорологической величины или фазы явления погоды. Для прогноза гроз, например,



в России используется более 50 различных способов [2, 3]. Однако в практической работе синоптик должен использовать только те способы, которые имеют более высокие критерии успешности или эффективности. Поэтому вопрос о том, какой из известных прогностических способов обеспечивает в данном географическом районе (времени года, суток) при данном синоптическом положении наилучшую оправдываемость (в среднем), имеет первостепенное значение.

Таким образом, в метеорологическом обеспечении авиации остается актуальным вопрос выбора из известных прогностических методов «лучшего», представляющего в определенных границах применимости в среднем наилучшую оправдываемость или «успешность».

Цель работы – повышение качества гидрометеорологического обеспечения авиации путем определения «лучших» методов альтернативного прогноза опасного явления погоды.

Поставленная цель достигается решением задачи анализа различных подходов оценки качества прогнозов на примере альтернативного прогноза гроз.

Исходные данные. В качестве исходного материала использовались результаты параллельных испытаний методов альтернативных прогнозов дневных летних гроз в районе Москвы (выборка объема $N = 100$) [4]. Формулировки прогноза различными способами представлены в виде: «гроза», «без грозы». Такие данные относятся к номинальной шкале (наименований), поэтому к ним применялись соответствующие статистические методы обработки и анализа.

Введены следующие обозначения рассматриваемых способов прогноза гроз: m_1 – А. Шоултера, m_2 – Р. Вайтинга, m_3 – Г. Фауста, m_4 – Н. Лебедевой, m_5 – И. Славина, m_6 – Т. Иванидзе, m_7 – В. Седлецкого, m_8 – А. Фатеева, m_9 – А. Симиля, m_{10} – М. Кокса. Осуществившиеся (фактические) состояния погоды «с грозой» и «без грозы» принимаются как результат идеального метода прогноза (обозначим как метод m_0).

Оценка качества альтернативных прогнозов по критериям успешности.

Обычно в метеорологии задача выбора «лучшего» метода альтернативного прогноза решается с использованием критериев успешности (например, А.М. Обухова, А.Н. Багрова [1]) или эффективности (с учетом материальных затрат потребителя метеорологической информации [5, 6]) по результатам статистического анализа архива прогнозов. В синоптической практике метеорологические прогнозы обобщаются в виде матриц (таблиц) сопряженности [1, 6], по которым можно проводить анализ успешности прогнозов. В случае альтернативного прогноза метеорологического явления матрица сопряженности принимает вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Общий вид матрицы сопряженности для альтернативных прогнозов

Фактическое наблюдение, Φ_i	Прогноз явления, P_j		$\sum_{j=1}^2 n_{ij}$
	P – наличие явления	\bar{P} – отсутствие явления	
Φ – явление наблюдалось	n_{11}	n_{12}	n_{10}
$\bar{\Phi}$ – явление не наблюдалось	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^2 n_{ij}$	n_{01}	n_{02}	N

В таблице 1 даны обозначения: n_{11} – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия явления – явление (или состояние погоды) прогнозировалось и фактически наблюдалось; n_{21} – число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или неблагоприятное состояние погоды) прогнозировалось, но фактически не наблюдалось; n_{12} – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или неблагоприятное состояние погоды) не прогнозировалось, но фактически наблю-



далось; n_{22} – число случаев оправдавшихся прогнозов отсутствия явления – явление (или опасное состояние погоды) не прогнозировалось и фактически не наблюдалось; n_{01} – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом Π ; n_{02} – число случаев прогнозов отсутствия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом $\bar{\Pi}$; n_{10} – число случаев наличия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически наблюдалось; n_{20} – число случаев отсутствия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически не наблюдалось; N – общее число прогнозов за месяц, сезон и т.п. В матрице сопряженности определенные случаи имеют специальные названия: n_{12} – ошибки первого рода или ошибки пропуска; n_{21} – ошибки второго рода или ошибки ложной тревоги.

С целью выбора лучшего (в определенном смысле) метода прогноза гроз проведена оценка их качества с использованием следующих критериев [1].

Общая оправдываемость (повторяемость оправдавшихся прогнозов):

$$u = (n_{11} + n_{22}) / N. \quad (1)$$

Критерий надежности А.Н. Багрова (характеризует отношение качества методических и идеальных прогнозов):

$$H = (u - u_0) / (1 - u_0), \quad (2)$$

где u_0 – повторяемость оправдавшихся случайных прогнозов при условии, что число таких прогнозов с формулировкой Φ равно n_{01} , а с формулировкой $\bar{\Phi}$ – n_{02} ; эта величина выражается как $u_0 = (n_{01}n_{10} + n_{02}n_{20}) / N^2$.

Критерий точности А.М. Обухова:

$$Q = (u - u'_0) / (1 - u'_0), \quad (3)$$

где u'_0 – повторяемость оправдавшихся случайных прогнозов при условии, что число таких прогнозов с формулировкой Φ равно n_{10} , а с формулировкой $\bar{\Phi}$ – n_{20} случаев.

При рассмотрении критерия (3) случайный прогноз отличается от случайного прогноза по (2) тем, что число предсказанных значений равно климатической повторяемости случаев с наличием и отсутствием явления, при этом $u'_0 = (n_{01}n_{10} + n_{02}n_{20}) / N^2$. Считается [1], что при анализе оправдываемости прогнозов критерий Q является более показательным, чем H и тем более u .

Критерий сходства:

$$R = (n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}) / \sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}. \quad (4)$$

Коэффициент ассоциации:

$$A = (n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}) / (n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}). \quad (5)$$

Коэффициент качественной корреляции:

$$\rho = (n_{11} + n_{22} - n_{12} - n_{21}) / N. \quad (6)$$



По каждому методу прогноза гроз построены матрицы сопряженности предсказанных и осуществившихся фаз (согласно таблице 1). Результаты представлены в таблице 2 (где выделены ячейки с максимальным значением рассматриваемого критерия).

Таблица 2 – Оценки методов прогнозов гроз по критериям успешности

Критерий	Метод прогноза									
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}
u	0,68	0,70	0,77	0,76	0,75	0,71	0,72	0,60	0,68	0,68
H	0,35	0,39	0,45	0,43	0,39	0,40	0,29	0,16	0,35	0,40
Q	0,44	0,50	0,47	0,46	0,40	0,49	0,29	0,20	0,44	0,54
R	0,40	0,44	0,45	0,44	0,39	0,43	0,29	0,17	0,40	0,48
A	0,76	0,82	0,79	0,77	0,72	0,80	0,59	0,38	0,76	0,94
ρ	0,36	0,40	0,54	0,52	0,50	0,42	0,44	0,20	0,36	0,36

Как следует из данных таблицы 2, «лучшими» оказались способы прогноза m_3 (Г. Фауста) – по критериям u , H , ρ , и m_{10} (М. Кокса) – по критериям Q , R , A .

Подход Парето. С целью выбора лучшего метода прогноза применен метод Парето [7], представляющий собой исключения доминируемых альтернатив (построение множества Парето). Данный подход заключается в попарном сравнении всех пар альтернатив: если одна альтернатива превосходит другую по всем параметрам, то вторая исключается. В результате образуется множество недоминируемых альтернатив – множество Парето. Под альтернативами в данном случае понимаются рассматриваемые методы прогноза гроз, а их параметры – оценки критериев успешности прогноза.

Проиллюстрировать прием выделения паретовских решений можно на плоскости двух критериев, например, как показано на рисунке 1, где точки – образы методов прогноза – отображаются на плоскости критериев Багрова (2), Обухова (3).

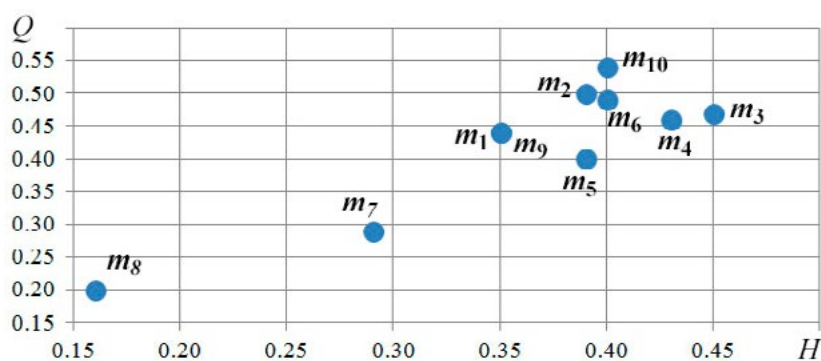


Рисунок 1 – Отображение методов прогноза на плоскости критериев H , Q

Как видно из рисунка 1, методы m_3 (Фауста) и m_{10} (Кокса) занимают правую и верхнюю позиции поля (имеют максимальные значения по данным критериям H , Q). По другим критериям те же методы оказались доминирующими. Таким образом, можно заключить, что методы прогноза Фауста и Кокса являются оптимальными по Парето. Кроме того, по рисунку 1 видно, что по критериям H , Q «близкими» к методам m_3 , m_{10} оказались методы m_2 , m_4 , m_6 ().

Оценка методов прогноза в терминах неметрического многомерного шкалирования. Сделан другой подход к решению задачи выбора лучшего метода альтернативного прогноза – с использованием так называемого неметрического многомерного шкалирования [8, 9]. Цель такого подхода – отобразить информацию о конфигурации



точек – методов прогноза – в виде геометрической конфигурации в метрическом пространстве (например, на плоскости), где можно визуально определить их относительное положение и близость к идеальному методу, таким образом, – обосновать выбор прогностического метода, представляющего в определенных границах применимости наилучшую оправдываемость или «успешность».

В рамках прикладной статистики многомерное шкалирование – это метод представления матрицы близости объектов системой точек в размерном пространстве [8, 9]. Под близостью понимаются сходство (или различие) между разными объектами. Эти сходства, например, могут представлять собой измеренные расстояния (в некоторой метрике) между рассматриваемыми методами прогноза.

Методы альтернативного прогноза (m_0, m_1, \dots, m_{10}) можно рассматривать как объекты с дихотомическими признаками x_{mk} (m – индекс метода, k – номер наблюдения): $x_{mk} = 0$ – состояние без грозы; $x_{mk} = 1$ – с грозой. Тогда в качестве меры различия методов предлагается использовать хеммингово расстояние [8]:

$$d_H = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|, \quad (7)$$

равное числу несовпадений значений соответствующих случаев в рассматриваемых признаках объектов i и j . Расстояния, заданные в виде элементов (7) образуют матрицу различий (близостей) методов.

К рассчитанной матрице близостей применяется процедура неметрического многомерного шкалирования, позволяющая представить образы рассматриваемых методов прогноза на плоскости, тем самым осуществить визуализацию методов.

На рисунке 2 представлен результат реализации процедуры неметрического многомерного шкалирования – представление образов рассматриваемых методов прогноза m_0, m_1, \dots, m_{10} (в том числе идеального m_0) на плоскости двух метрических шкал. Визуализация распределения образов – методов прогноза – на плоскости позволяет сделать вывод, что методы m_3, m_4, m_5, m_7 (Фауста, Лебедевой, Славина, Седлецкого) близки к идеальному методу прогноза m_0 .

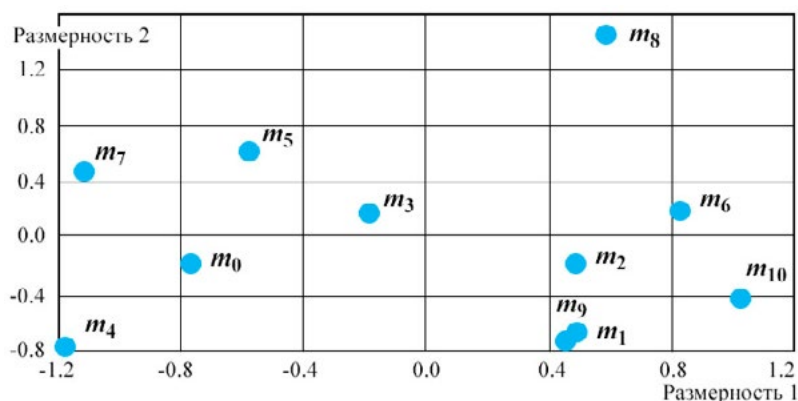


Рисунок 2 – Отображение образов – методов прогноза – на плоскости метрических шкал

Следует обратить внимание, что полученные результаты отображения прогностических методов на плоскости двух размерностей имеют место для общей выборки, включающей случаи и наличия, и отсутствия явления. Для отдельных выборок (только со случаями с явлениями или только с их отсутствием) – результаты могут быть другие.



Решение задачи выбора «лучших» методов продолжено на определение методов с высоким качеством предсказания наличия явления и его отсутствия.

Исходные данные архивной выборки были разделены на две части: случаи осуществления явления (грозы) и его отсутствия. Результаты неметрического многомерного шкалирования, примененного к матрицам близостей образов-методов отдельно для случаев с наличием и отсутствием грозы, представлены на рисунках 3, 4.

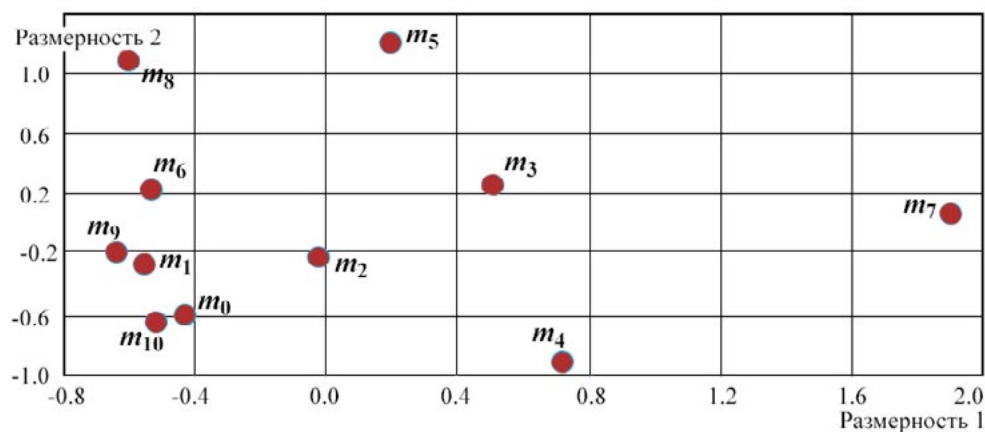


Рисунок 3 – Отображение образов – методов прогноза гроз – на плоскости метрических шкал для выборки с наличием гроз

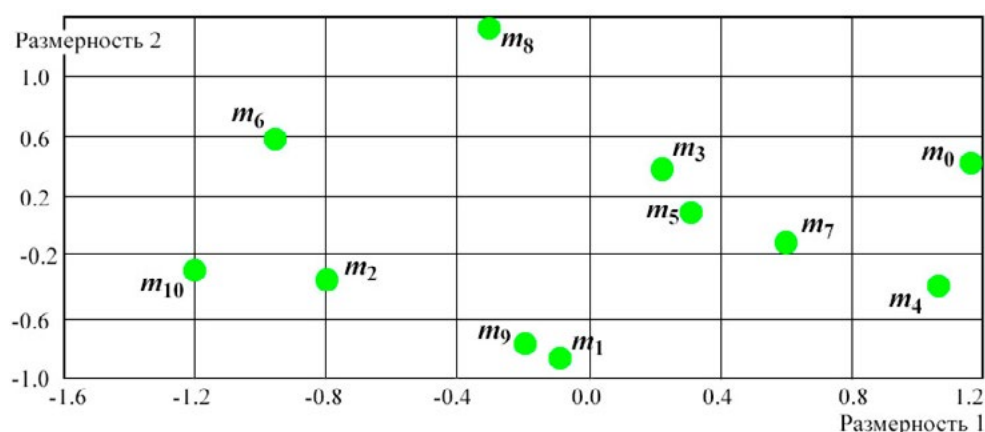


Рисунок 4 – Отображение образов – методов прогноза гроз – на плоскости метрических шкал для выборки с отсутствием гроз

Визуально отмечается близость метода m_{10} (Кокса) к идеальному методу m_0 прогноза наличия грозы (рисунок 3) и методов m_3 , m_4 , m_5 , m_7 (Фауста, Лебедевой, Славина, Седлецкого) – к идеальному методу прогноза отсутствия грозы (рисунок 4). Эти результаты согласуются с результатами проведенной оценки методов по критериям успешности прогнозов.

Однако, если оценка методов прогноза по критериям (1)–(6) проведена на базе общей выборки и выявлены, как лучшие, методы m_{10} (Кокса) и m_3 (Фауста), то способ неметрического многомерного шкалирования показал, что метод Кокса лучше работает на наличие явления, Фауста – на отсутствие. Кроме того, наглядно показано, что к методу Фауста близки и другие методы – Лебедевой, Славина, Седлецкого.

Таким образом, метод неметрического многомерного шкалирования позволяет сразу представить (визуально) относительное положение всех рассматриваемых методов прогноза, оценить их близость к идеальному методу, как для общей выборки, так и отдельно – для вариантов наличия и отсутствия явления.



Кластеризация. Кластеризация представляет собой метод разбиения множества эмпирических данных на однородные изолированные группы. Разбиение осуществляется так, чтобы данные в группе обладали похожими свойствами, а свойства в среднем между группами максимально различались. При этом не требуется априорной информации о распределении генеральной совокупности [8, 9].

Метод кластеризации основан на принципе геометрической «близости» объектов. Понятие «близости», «похожести» различных объектов в теории распознавания образов [8, 9] задается с помощью различных мер сходства и функцией расстояния. Расстояния между кластерами определяются некоторой метрикой, которая в данном случае выбирается той же – согласно (7).

Многомерное шкалирование и кластерный анализ могут использоваться параллельно при анализе одних и тех же матриц близости. Иерархический кластерный анализ более надежно передает информацию о небольших различиях между объектами, а неметрическое многомерное шкалирование более устойчиво относительно существенных различий между объектами [8]. Это позволяет, используя оба метода для анализа одной и той же матрицы близости, уточнять результаты.

Иерархическая (древовидная) процедура кластеризации той же матрицы близости для общей выборки определила результаты, представленные на рисунке 5, где явно различаются две «ветви», что указывает на наличие двух групп (кластеров). Определяются методы (m_3, m_4, m_5, m_7), образы которых расположены рядом (в одной группе) с образом идеального метода (m_0).

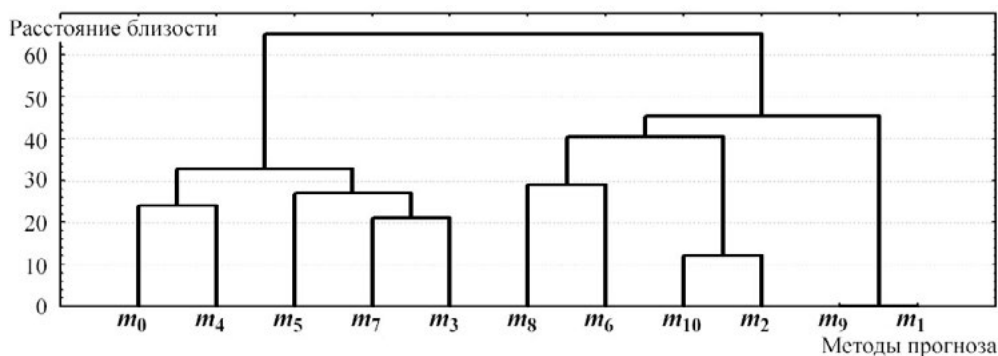


Рисунок 5 – Дерево иерархической кластеризации методов прогноза гроз с учетом идеального метода m_0 (общая выборка)

Кластеризация по отдельным выборкам «с грозой», «без грозы» показала те же результаты, что и неметрическое шкалирование для тех же выборок. Иллюстрация представлена на рисунке 6 (выборка осуществившихся случаев гроз) и на рисунке 7 (выборка случаев без наблюдения гроз).

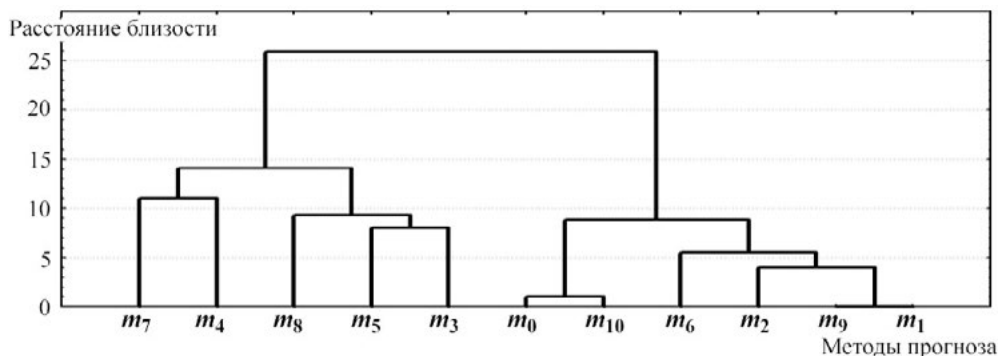


Рисунок 6 – Дерево иерархической кластеризации методов (выборка осуществившихся случаев гроз)

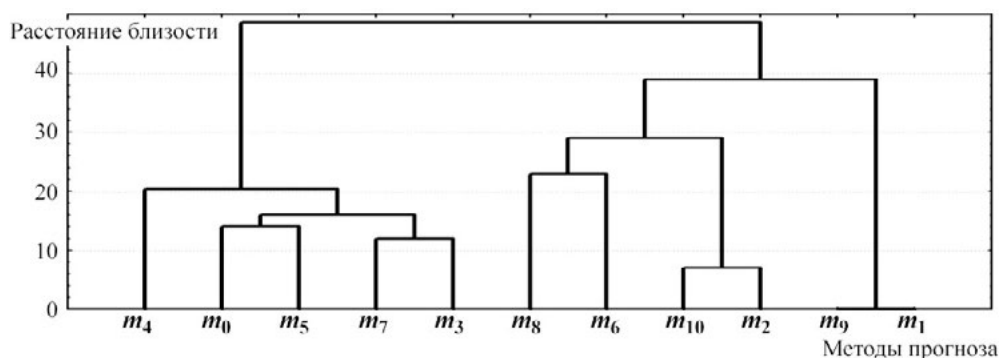


Рисунок 7 – Дерево иерархической кластеризации методов
(выборка случаев без наблюдения гроз)

При проведении процедур неметрического многомерного шкалирования и древо-видной иерархической кластеризации (как проверки) получены взаимно подтверждающие результаты, которые можно сформулировать следующим образом:

- а) для общей выборки (случаи «с грозой» и «без грозы»):
 - рассматриваемые методы прогноза гроз статистически делятся на две группы (кластеры);
 - существует группа методов прогноза, «близких» к идеальному; в данном случае к ним относятся методы: m_3, m_4, m_5, m_7 (Фауста, Лебедевой, Славина, Седлецкого);
 - методы прогноза гроз: $m_1, m_2, m_6, m_8, m_9, m_{10}$ (Шоултера, Вайтинга, Иванидзе, Фатеева, Симиля, Кокса), составляют определенный кластер, но удаленный от идеального метода;
- б) для выборки случаев с наличием грозы:
 - процедура кластеризации выделяет две совокупности методов (рисунок 6);
 - как показывает неметрическое многомерное шкалирование, в непосредственной «близости» к идеальному методу находится способ Кокса (m_{10}), несколько «удалены» методы m_1, m_2, m_9 – Шоултера, Вайтинга, Симиля (рисунок 3);
- в) для выборки случаев с отсутствием грозы:
 - близки к идеальному прогнозу методы m_3, m_4, m_5, m_7 – Фауста, Лебедевой, Славина, Седлецкого, (рисунок 4).

Следует заметить, что в данном решении задач в терминах неметрического многомерного шкалирования методы Фауста, Лебедевой, Славина, Седлецкого определяются как приемлемые и в общем случае, и в случае отсутствия явления.

Заключение. Отбор методов с использованием неметрического многомерного шкалирования и кластеризации подтверждает результаты анализа качества методов по различным критериям «успешности», где определены «лучшие» методы, и, кроме того, выгодно дополняет, давая визуальное представление «близости» различных методов.

Для альтернативных данных, выраженных в шкале наименований, анализ совокупности прогностических методов (для оценки их «близости») можно свести к их представлению в некотором метрическом пространстве образов. Используемый подход к решению такой задачи – неметрическое многомерное шкалирование. Для уточнения результатов многомерного шкалирования рекомендуется параллельно использовать процедуру кластеризации.

Представленные подходы к выбору лучшего метода прогноза метеорологического явления могут быть использованы в практике метеорологических подразделений и способствовать повышению качества гидрометеорологического обеспечения авиации.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скирда И.А., Садковский В.И., Мозиков В.А. Авиационные прогнозы погоды / Под ред. И.А. Скирды. М.: Военное издательство, 1995. 424 с.
2. Решетов Г.Д. Метод прогноза для авиации гроз и града // Труды Гидрометцентра СССР, 1980. Вып. 235. С. 51–74.
3. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: Аспект-Пресс, 2002. 372с.
4. Практикум по синоптической метеорологии: Руководство к лабораторным работам по синоптической метеорологии и атлас учебных синоптических материалов / Под ред. проф. В.И. Воробьева. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 288 с.
5. Глазов М.М., Фирова И.П., Хандожко Л.А. Оценка экономической эффективности метеорологических прогнозов для морского порта // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. СПб.: РГГМУ, 2011. № 18. С. 204–213.
6. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов: [научно-методическое пособие для специалистов гидрометеорологического профиля]. ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 145 с.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Дрофа, 2004. 208 с.
8. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности: справ. изд. / С.А. Айвазян [и др.]; под ред. С.А. Айвазяна. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
9. Справочник по прикладной статистике / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана [пер. с англ. под ред. С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина]. М.: Финансы и статистика, 1990. Т. 2. 526 с.

REFERENCES

1. Skirda I.A., Sadkovskii V.I., Mozikov V.A. Aviatsionnye prognozy pogody / Pod red. I.A. Skirdy. M.: Voennoe izdatel'stvo, 1995. 424 s.
2. Reshetov G.D. Metod prognoza dlia aviatsii groz i grada // Trudy Gidromettsen-tra SSSR, 1980. Vyp. 235. S. 51–74.
3. Semenchenko B.A. Fizicheskaiia meteorologiiia. M.: Aspekt-Press, 2002. 372s.
4. Praktikum po sinopticheskoi meteorologii: Rukovodstvo k laboratornym rabotam po sinopticheskoi meteorologii i atlas uchebnykh sinopticheskikh materialov / Pod red. prof. V.I. Vorob'eva. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 288 s.
5. Glazov M.M., Firova I.P., Khandozhko L.A. Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti meteorologicheskikh prognozov dlia morskogo porta // Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. SPb.: RGGMU, 2011. № 18. S. 204–213.
6. Khandozhko L.A. Ekonomicheskaiia effektivnost' meteorologicheskikh prognozov: [nauchno-metodicheskoe posobie dlia spetsialistov gidrometeorologicheskogo profil'ia]. VNIIGMI-MTsD, 2008. 145 s.
7. Venttsel' E.S. Issledovanie operatsii. M.: Drofa, 2004. 208 s.
8. Prikladnaia statistika: klassifikatsiia i snizhenie razmernosti: sprav. izd. / S.A. Aivazian [i dr.]; pod red. S.A. Aivaziana. M.: Finansy i statistika, 1989. 607 s.
9. Spravochnik po prikladnoi statistike / Pod red. E. Lloida, U. Ledermana [per. s angl. pod red. S.A. Aivaziana, Iu.N. Tiurina]. M.: Finansy i statistika, 1990. T. 2. 526 s.

© Шипко Ю.В., М.А. Облогин, 2017



«Воздушно-космические силы. Теория и практика». Материал поступил в редколлегию 20.08.2017 г.

Шипко Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Облогин Михаил Александрович, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), майор, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru