

фичность; прогностическую ценность положительного и отрицательного результата; отношение правдоподобия положительного и отрицательного результата, а при апробации математического метода диагностики интенсивных состояний – число допущенных гиподиагностических (первого рода) и гипердиагностических (второго рода) ошибок.

Результаты экспериментальной проверки предлагаемых решений методами имитационного моделирования, полунатурными и натурными исследованиями подтверждают эффективность применения разработанных математических методов, методик и способов диагностики состояния человека [1 – 4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б.* Диагностика состояния человека: математические подходы. – М.: Медицина, 2003.
2. *Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А.* Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля. – М.: Медицина, 2004.
3. *Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Ушаков И.Б.* Математическое обеспечение оценивания состояния материальных систем. – М.: Новые технологии, 2004.
4. *Ушаков И.Б., Пономаренко В.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В.* Автоматизированные системы для контроля состояния специалистов опасных профессий. – М.: Новые технологии, 2005.

*Доклад представлен к публикации членом редколлегии Ю.М. Перельманом.*

УДК 576.89: 616.9

**Е.И. Болотин**, д-р биол. наук

(Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток),

**Г.Ш. Цициашвили**, д-р физ.-мат. наук,

**С.Ю. Федорова**

(Институт прикладной математики ДВО РАН, Владивосток)

#### **ФАКТОРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНФЕКЦИОННОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

Разработана оригинальная методика временного факторного прогнозирования критических уровней инфекционной (паразитарной) заболеваемости, имеющая значительные преимущества по сравнению с экстраполяционным подходом. Разработанный метод обладает значительными возможностями, включая быстрое действие и универсальность.

Известно, что прогнозирование функционирования многокомпонентных систем, как правило, сочетающих в себе детерминированность и стохастичность, – чрезвычайно сложная задача, в связи с чем возможности предсказания поведения таких систем весьма ограничены. Более того, существует мнение, что серьезный научный прогноз, если и возможен, то только в ослабленном варианте (пат-

терн-анализ), сводящимся лишь к тщательному мониторингу происходящего в той или иной анализируемой системе.

В настоящее время существует многочисленная литература по данной тематике. Можно выделить два реальных подхода к временному прогнозированию инфекционной заболеваемости – это экстраполяционный и факторный прогнозы. При этом на модели отдельной инфекции – клещевого энцефалита – ранее нами было достаточно наглядно показано, что для экстраполяционного прогноза, широко используемого в различных науках, характерен значительный ряд серьезных ограничений.

Так, при экстраполяционном прогнозировании исследуются, по существу, усредненные, в определенном смысле не существующие в природе параметры изучаемого явления, отражающие лишь общую тенденцию или тренд развития этого явления во времени. Этот тренд представляет собой сглаженную искусственную линию, в которой нивелированы наиболее важные для прогнозирования катастрофические (критические) уровни состояния анализируемой системы, характеризующей отдельные годы или иные временные отрезки. Используемый в настоящей работе «факторный» подход основан на идее прогнозирования уровней заболеваемости, которые могли быть выше или равными некоторой критической линии, задаваемой исследователем.

Очень важно отметить, что используемый на первом этапе прогнозирования набор факторов является «символическим», поскольку нынешний уровень наших знаний о причинных связях в антропопаразитарных системах пока еще очень ограничен ввиду чрезвычайной иерархической сложности этих систем. Строго говоря, факторному прогнозированию должен предшествовать мощный экспериментальный модельный экологический блок научных исследований по выявлению истинных причинных факторов и механизмов их воздействия на заболеваемость или иные эпидемиологические показатели. Однако такая задача вряд ли разрешима в ближайшем будущем.

Тем не менее, ставя перед собой главную задачу – разработку оснований и способов временного факторного прогнозирования, на данном этапе исследований используется конкретный набор воздействующих факторов (пять климатических и двадцать четыре эпидемиологических). Эти факторы, с одной стороны, мы предполагаем причинно связанными с заболеваемостью, а с другой, – они являются реальными репрезентативными многолетними рядами наблюдений, сопоставимыми с явлениями, которые мы прогнозируем.

Методика факторного прогнозирования базировалась на следующем, разработанном нами алгоритме. Первоначально эмпирическая информация по заболеваемости различными нозоформами и набор воздействующих факторов, характеризующих тот или иной временной отрезок и ту или иную территорию (например, Приморский край или отдельно г. Владивосток), представлялись в виде матриц исходных данных, в которых строки обозначают годы, а столбцы – показатели прогнозируемой заболеваемости и воздействующих факторов. Далее выделялись годы (строки) с критическими уровнями заболеваемости и соответствующими им показателями воздействующих факторов. Выделенные годы с критически-

ми уровнями заболеваемости образуют интервалы определенных значений воздействующих факторов. Однако в эти интервалы могут попадать и годы, в которые заболеваемость ниже выделенного нами критического уровня. Условно назовем такие годы «ложнокритическими». Обозначив количество критических и «ложнокритических» лет соответственно как « $x$ » и « $y$ », получаем отношение  $p=x/(x+y)$ , которое можно трактовать, как вероятность правильно идентифицировать (прогнозировать, распознавать) критические годы по выделенным интервалам воздействующих факторов.

В целом разработанная методика факторного временного прогнозирования основывалась на принципах распознавания образов. Качество же прогноза, реализуемое оригинальным алгоритмом, определялось по исходной выборке числом некритических (ложнокритических) лет, ошибочно воспринимаемым установленным нами решающим правилом распознавания как критические.

Используемый в работе показатель качества распознавания может рассматриваться как аналог множественного коэффициента корреляции между прогнозируемыми и воздействующими факторами, используемого в математической статистике. Максимальный показатель качества распознавания равняется 100%.

Очень важно подчеркнуть, что вычисление этого показателя значительно проще, чем нахождение множественного коэффициента корреляции, осуществляемого с помощью метода главных компонент. Последний требует, помимо большого объема вычислений, определяемого числом воздействующих факторов  $N$ , еще и количества объектов (т.е. лет)  $n$ , много большего  $N$ .

В реальной же ситуации при относительно небольшом  $n$  (порядка 20) число  $N$  достаточно велико (порядка 10 и выше). Вычислительные эксперименты показывают, что попытка увеличения  $n$ , как правило, достигается объединением разнородных выборок и поэтому приводит не к увеличению, а к уменьшению качества распознавания. В свою очередь, увеличение критического уровня для прогнозируемого признака и выделение относительно однородной выборки, как правило, позволяют увеличить показатель качества распознавания.

Для целей собственно прогнозирования превышения критического уровня анализируемой заболеваемости разработана следующая модификация данного алгоритма. Сначала в соответствии с описанным алгоритмом строятся интервалы по выделенным критическим годам для всех воздействующих факторов. Затем определяется количество  $m$  воздействующих факторов, каждый из которых в прогнозируемом году принадлежит интервалу, соответствующему этому фактору. Если число  $m$  совпадает с общим числом воздействующих факторов  $N$ , то по описанному выше правилу можно предполагать в прогнозируемом году превышение заболеваемостью критического уровня. Однако если  $m$  лишь немного меньше, чем  $N$ , то можно ожидать приближения к критическому уровню. Чтобы эмпирически подтвердить (верифицировать) результаты прогнозирования сравниваются критические и истинные уровни заболеваемости в прогнозируемые года.

*Доклад представлен к публикации членом редколлегии Ю.М. Перельманом*