

В. В. Корников (Санкт-Петербург, СПбГУ). **Об оценке временной изменчивости признаков, связанных с радиорезистентностью живых организмов.**

Нет никакого сомнения в том, что степень радиорезистентности организма существенно изменяется с течением времени, причем диапазон периодов колебаний этого признака весьма широк — от долей часа, необходимых для протекания соответствующих биохимических процессов, до долей года, в случае сезонных изменений резистентности. Эта уверенность в колебательном характере резистентности основывается на следующих соображениях. Во-первых, работа всех метаболических и физиологических систем организма подвержена циклическим изменениям. Во-вторых, эти циклические изменения отчетливо наблюдаются в работе кровеносной системы и других систем организма, непосредственно связанных с процессами, возникающими в организме в результате радиационного воздействия. В-третьих, имеются данные о периодических изменениях неспецифической резистентности организма и его отдельных специфических резистентностей к различным видам неблагоприятных воздействий.

Итак, пусть радиорезистентность R организма, определяемая каким-либо образом по степени тяжести последствий радиационного воздействия, есть функция времени t : $R = R(t)$. Вектор $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$ есть вектор признаков x_1, x_2, \dots, x_n организма, зависящих от времени t и, предположительно, связанных с радиорезистентностью R . Ограничимся, для определенности, изучением колебаний признаков и радиорезистентности организма в течение суток. Прежде всего, следует установить форму суточного колебания отдельного признака $x_i(t)$.

Для этого необходимо: 1) оценить межиндивидуальную изменчивость формы кривой $x_i(t)$, снимая соответствующие кривые со всех изучаемых особей в одни и те же сутки; 2) оценить изменчивость формы кривой $x_i(t)$ у одной и той же особи на протяжении нескольких суток.

Искомые оценки можно получить следующим образом.

Значение i -го признака j -й особи в момент времени t обозначим $x_i^{(j)}(t)$. Замеры производятся в течение суток в моменты времени $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_k < 24$. Величина k выбирается, исходя из того, чтобы обеспечить заданную точность описания непрерывной кривой $x_i(t)$, $0 \leq t < 24$. Учитывая большое синхронизирующее влияние светового режима на все функции организма, следует ожидать значительных изменений величины $x_i(t)$ при переходе от света к тьме и обратно. Поэтому желательно подобрать моменты измерения так, чтобы обязательно имелись измерения в точках светового перехода. Обозначим результаты описанных измерений $x_i^{(j)}(t_s^{(l)})$, где l — номер суток, а $s = 1, 2, \dots, k$.

Информация об измерении признака x_i у m особей, $j = 1, 2, \dots, m$, за r суток, $l = 1, 2, \dots, r$, в k точках, t_1, t_2, \dots, t_k , сводится в таблицу векторов $x_i^{(jl)} = (x_i^{(jl)}(t_1^{(l)}), x_i^{(jl)}(t_2^{(l)}), \dots, x_i^{(jl)}(t_k^{(l)}))$. Каждому вектору $x_i^{(jl)}$ соответствует график изменения признака x_i у j -й особи в l -е сутки. Усредняем по разным особям ($j =$

$1, 2, \dots, m$) тренд за l -е сутки $x_i^{(*l)} = (x_i^{(*l)}(t_1^{(l)}), x_i^{(*l)}(t_2^{(l)}), \dots, x_i^{(*l)}(t_k^{(l)}))$ графиков $x_i^{(jl)}$, где

$$x_i^{(*l)}(t_s^{(l)}) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_i^{(jl)}(t_s^{(l)}). \quad (1)$$

Усредняем по разным суткам ($l = 1, 2, \dots, r$) суточный тренд для j -й особи $x_i^{(j*)} = (x_i^{(j*)}(t_1), x_i^{(j*)}(t_2), \dots, x_i^{(j*)}(t_k))$ графиков $x_i^{(jl)}$, где

$$x_i^{(j*)} = \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r x_i^{(jl)}(t_s^{(l)}). \quad (2)$$

Усредняем по всем особям и всем изученным суткам суточный тренд $x_i^{(**)} = (x_i^{(**)}(t_1), x_i^{(**)}(t_2), \dots, x_i^{(**)}(t_s))$, где

$$x_i^{(**)}(t_s) = \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r x_i^{(*j)}(t_s^{(l)}) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_i^{(j*)}(t_s^{(l)}). \quad (3)$$

Если визуальное и статистическое сравнение выявляет устойчивость и похожесть графиков $x_i^{(*l)}$, $x_i^{(j*)}$ друг на друга и на график $x_i^{(**)}$, то можно принять модель, согласно которой все графики $x_i^{(jl)}$ имеют одну и ту же форму, скажем, форму $A \cos(\omega t + \varphi)$, отличаясь друг от друга только индивидуальными значениями амплитуды $A_i = A_i(j, l)$, частоты $w_i = w_i(j, l)$ и фазы $\varphi_i = \varphi_i(j, l)$.

В дальнейшем число k точек измерения выбирается так, чтобы расхождение (например, квадратичное) между графиком $x_i^{(jl)}$ и его аппроксимацией $A_i(j, l) \cos(\omega_i j, l) t + \varphi_i(j, l)$ не превышало заданного значения ε .

Итак, наблюдение изменений признака x_i у особи j в l -е сутки дает нам три числа $A_i(j, l)$, $w_i(j, l)$ и $\varphi_i(j, l)$. Усредним эти числа по всем наблюдаемым суткам и получим трехмерную характеристику $(\bar{A}_i(j), \bar{w}_i(j), \bar{\varphi}_i(j))$ суточных изменений признака x_i у j -й особи, где

$$\bar{A}_i(j) = \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r A_i(j, l), \quad \bar{w}_i(j) = \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r w_i(j, l), \quad \bar{\varphi}_i(j) = \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r \varphi_i(j, l). \quad (4)$$

Теперь можно обычными статистическими методами установить связь трех новых признаков $\bar{A}_i(j)$, $\bar{w}_i(j)$, $\bar{\varphi}_i(j)$ с индивидуальной резистентностью.

Помимо указанных, можно ввести еще ряд признаков, характеризующих суточные изменения признака x_i у j -й особи. Например, средний суточный уровень $\bar{x}_i^{(j)}$, стандартное отклонение от среднего уровня $\bar{\sigma}_i^{(j)}$ и вариацию $\bar{v}_i^{(j)} = \bar{\sigma}_i^{(j)} / \bar{x}_i^{(j)}$, максимальное значение $\bar{\max}_i^{(j)}$, минимальное значение $\bar{\min}_i^{(j)}$, размах $\bar{\gamma}_i^{(j)} = \bar{\max}_i^{(j)} - \bar{\min}_i^{(j)}$. Назовем эти новые введенные признаки *интегральными параметрами* суточной динамики признака x_i потому, что значения этих признаков вычисляются с учетом всех значений $x_i^{(j)}(t_1), x_i^{(j)}(t_2), \dots, x_i^{(j)}(t_k)$. Дополним их локальными признаками: $\bar{t}_i^{(j)}$ — усредненный по всем наблюдаемым суткам момент максимального значения признака x_i у j -й особи, $\underline{t}_i^{(j)}$ — усредненный момент минимального значения признака x_i у j -й особи, $\bar{\tau}_i^{(j)}$ — усредненное время между двумя максимальными значениями признака x_i , $\underline{\tau}_i^{(j)}$ — усредненное время между двумя минимальными значениями признака x_i , $\bar{\theta}_i^{(j)} = \bar{t}_i^{(j)} - t_0$, $\underline{\theta}_i^{(j)} = \underline{t}_i^{(j)} - t_0$, где t_0 — момент радиационного воздействия, и т. п.

Итак, исходный вектор признаков (x_1, x_2, \dots, x_n) пополняется новыми интегральными и локальными признаками, характеризующими суточную динамику некоторых из признаков x_1, x_2, \dots, x_n . Обычными статистическими методами из но-

вых признаков можно попытаться отобрать признаки, значимо связанные с радиорезистентностью, и затем использовать эти признаки для улучшения точности и надежности предсказания индивидуальной радиорезистентности.