

Н.В. ИВАНЦЕВИЧ, С.Б. РУДНИЦКИЙ  
**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ  
КРИТЕРИЕВ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ  
ПРИЗНАКОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

---

*Иванцевич Н.В., Рудницкий С.Б.* **Возможности применения радиолокационных критериев в задачах обнаружения характерных признаков исследуемых объектов.**

**Аннотация.** Рассматриваются различные аспекты применения информационных радиолокационных критериев к решению задач, составляющих предмет биомедицинской информатики в целом, и биометрии в частности. Особое внимание уделено факторам «ложная тревога» и «пропуск признака». Обсуждается смысл этих терминов применительно к задачам биоинформатики. Проанализированы следующие аспекты фактора «ложная тревога»: психологический; диагностический; аспект ложной тревоги в доказательной медицине; «ложная тревога» при идентификации личности. Рассматриваются особенности решения задач биометрии по минимально возможному объему выборки наблюдений.

**Ключевые слова:** статистические информационные критерии, поиск сигнала (признака), обнаружение сигнала (признака), ложная тревога, пропуск признака.

*Ivantsevich N.V., Roudnitsky S.B.* **The potential of using radiolocation criteria to detect characteristic indications of objects of research.**

**Abstract.** This article examines various aspects of using information criteria of radiolocation for solving problems that are the subject of biometrical informatics in general and biometry in particular. Special attention is paid to the “false alarm” and sign omission factors. The meaning of these terms is discussed with regard to the problems of bioinformatics. The following aspects of the “false alarm” factor are analysed: psychological; diagnostic; “false alarm” aspect in evidence-based medicine; “false alarm” in personal identification. The features of solving biometrical problems using the minimum possible sample of observations are examined.

**Keywords:** statistical information criteria, signal (indication) search, signal (indication) detection, false alarm, sign omission.

---

**1. Введение.** Развитие современных вычислительных методов и компьютерных технологий позволяет реализовать более сложные алгоритмы принятия решений по сравнению с применяемыми в настоящее время.

Программные продукты, используемые в биоинформатике, как правило, не содержат информации о текущей степени доверия получаемым оценкам; в лучшем случае приводятся доверительные интервалы (доверительные вероятности) для гауссовой статистики мешающих факторов. Тестирование же стандартных программ при применении их в более сложных случаях ложится на пользователя. При этом возникает проблема полноты системы тестов. Все это приводит к тому, что в настоящее время для оценки одного и того же физиологического состояния биологического объекта разными

авторами используются различные методы, и результаты могут существенно различаться. Кроме того, при решении ряда задач биометрии стандартными методами отсутствует оценка фактора «ложная тревога».

Представляется, что накопленный в другой области знания – в радиолокации – опыт обработки больших массивов измерений, направленных на обнаружение заданных признаков, с минимизацией ложной тревоги, может оказаться полезным при обработке данных биометрии. Такая возможность проистекает из синергизма методов исследования живой и неживой природы.

Ниже оцениваются возможности применения информационных радиолокационных критериев и разработанных на их основе методов принятия решений к задачам биометрии.

**2. Биоинформатика и теория обнаружения и измерения параметров.** Биометрия по определению и биоинформатика в целом базируются на результатах различных измерений. Процессу измерения всегда сопутствует наложение помех и шумов на результаты измерения. Например, при регистрации электрической активности головного мозга в виде энцефалограмм (ЭЭГ) помехи (артефакты) можно условно разделить на технические, обусловленные шумами регистрирующих электрических устройств и несовершенством конструкции ЭЭГ-системы [1], и методические, называемые также физиологическими [1]. Методические погрешности обусловлены наличием в результатах измерений помех от излучений электрически активных органов (сердце, скелетные мышцы) и от движения и моргания глаз испытуемого. Возможны также методические погрешности, обусловленные асимметрией расположения датчиков и т.д. Процесс расшифровки ЭЭГ в настоящее время не полностью автоматизирован, так как предварительный просмотр и выявление артефактов производится вручную. Выявление артефактов не является задачей измерения. Ее можно классифицировать как задачу определения некоторого признака. Похожие проблемы возникали и в других областях человеческой деятельности, и вопросы автоматизации были решены. Так, в радиолокации давно разработаны методы, позволяющие распознавать ложные цели и обнаруживать сигналы, содержащие заданные признаки. Попытаемся раскрыть дополнительные возможности, предоставляемые статистическими методами, применяемыми в радиолокации, для решения задач биоинформатики.

**3. Радиолокационные критерии обнаружения признака.** Пусть принимаемые сигналы  $\mathbf{y}(t)$  представляют собой совокупность данных, непрерывно поступающих с выходов  $M$  датчиков, описываемых функциями времени  $y_1(t), y_2(t), \dots, y_M(t)$  и образующих вектор-столбец  $\mathbf{y}(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_M(t)]^T$ . Каждая конкретная реализация  $\mathbf{y}(t)$  может быть обусловлена либо помехами, либо суммой полезных сигналов и помех:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{A}_x(t, \alpha, \beta) + \mathbf{n}(t, \nu). \quad (1)$$

Здесь  $\mathbf{x}(t, \alpha, \beta)$ ,  $\mathbf{n}(t, \nu)$  – векторные реализации сигнала и помехи соответственно;  $A$  — множитель  $< 0; 1 >$ ,  $\alpha$  — вектор информативных параметров сигнала;  $\beta$  — вектор неинформативных случайных параметров сигнала;  $\nu$  — вектор случайных параметров помехи.

Обнаружитель выдает оценку дискретного параметра, однозначно зависящую от принимаемой реализации  $\mathbf{y}(t)$  :

$$\hat{A}[\mathbf{y}(t) | \alpha, \nu] = \begin{cases} 1 \text{ ("да")}, \\ 0 \text{ ("нет")}. \end{cases} \quad (2)$$

Решение (2) является двухальтернативным. Если в число допустимых альтернатив на промежуточном этапе входит ответ «не знаю», т. е.

$$\hat{A}_n[\mathbf{y}(t) | \alpha, \nu] = 1,$$

то решение становится трехальтернативным: «да», «нет», «не знаю». Просмотр признаков в этом случае должен вестись далее и до тех пор, пока не прекратятся ответы «не знаю». После этого принимают один из вариантов решения (2).

При наличии только двух альтернатив возможны четыре ситуации при принятии решения:  $\hat{A}_1 A_1$  — правильное обнаружение;  $\hat{A}_0 A_1$  — пропуск цели;  $\hat{A}_1 A_0$  — ложная тревога;  $\hat{A}_0 A_0$  — правильное необнаружение.

Каждой из четырех ситуаций соответствует своя вероятность  $P(\hat{A}_i A_k)$ ,  $i, k = 0; 1$ , определяемая через априорную вероятность  $P(A_k)$  и условную вероятность решения  $P(\hat{A}_i | A_k)$ . Вероятности  $P(\hat{A}_i A_k)$  являются показателями эффективности обнаружения. При отсутствии априорных сведений в качестве таковых используют

условные вероятности правильного обнаружения  $D = P(\hat{A}_1 | A_1)$  и пропуска цели  $\tilde{D} = P(\hat{A}_0 | A_1) = 1 - D$ .

При отсутствии цели вводят условную вероятность ложной тревоги  $F = P(\hat{A}_1 | A_0)$  и правильного необнаружения  $\tilde{F} = P(\hat{A}_0 | A_0) = 1 - F$ .

Более общим показателем эффективности является средний риск ошибочного решения – усредненная плата за ошибки  $\bar{R} = M(R)$ , определяемый для двух- и трехальтернативного обнаружения соответственно формулами:

$$\bar{R} = R_{01}P(\hat{A}_0 A_1) + R_{10}P(\hat{A}_1 A_0), \quad (3)$$

$$\bar{R} = R_{01}P(\hat{A}_0 A_1) + R_{10}P(\hat{A}_1 A_0) + R_{n1}P(\hat{A}_n A_1) + R_{n0}P(\hat{A}_n A_0). \quad (4)$$

В формулах (3-4)  $R_{01}$  и  $R_{10}$  — стоимости пропуска и ложной тревоги, а  $R_{n1}$  и  $R_{n0}$  — стоимости незнания при принятии решения.

Среди информационных критериев обнаружения наиболее общим является критерий минимального среднего риска,  $\bar{R} \rightarrow \min$ . Большинство других критериев являются частными случаями. Для двухальтернативного обнаружения критерий  $\bar{R} \rightarrow \min$  приводится к следующему виду:

$$\tilde{D} + L_0 F \rightarrow \min \text{ или } D - L_0 F \rightarrow \max. \quad (5)$$

Здесь  $L_0$  - некоторый весовой множитель,

$$L_0 = R_{10}P(A_0) / R_{01}P(A_1).$$

Большинство известных статистических критериев характеризуются равной стоимостью «ложной тревоги» и «пропуска анализируемого признака и/или параметра». Однако существуют ситуации, в которых вероятность ложной тревоги не должна превосходить некоторого заранее заданного (порогового) значения,

$$F \leq F_0. \quad (6)$$

Функционалы (5) совместно с условием (6) выражают суть информационного критерия Неймана – Пирсона. Согласно этому критерию оптимальное решающее правило (оптимальный обнаружитель) обеспечивает наибольшую условную вероятность правильного обнаружения из всех возможных при ложной тревоге не больше заданной.

Формулы (3,5,6) соответствуют двухальтернативному принятию решений. Большой гибкостью обладают методы трехальтернативного обнаружения. Оптимизируемый функционал (4) в этом случае преобразовывается к виду:

$$\tilde{D} + L_0 F + L_1 \bar{D} + L_2 \bar{F} \rightarrow \min. \quad (7)$$

В формуле (7)  $\bar{D}$  и  $\bar{F}$  - условные вероятности принятия решения «не знаю» при наличии и при отсутствии признака (цели), а  $L_1$  и  $L_2$  - весовые коэффициенты  $L_1 = R_{11}/R_{01}$  и  $L_2 = R_{10}P(A_0)/R_{01}P(A_1)$ . Стоимости незнания должны быть меньше стоимостей ошибок  $R_{10} < R_{10}$ ,  $R_{11} < R_{01}$ . Это определяет целесообразность перехода к трехальтернативному оцениванию. Тогда  $L_2 < L_0$ ,  $L_1 < 1$ .

Во всех перечисленных случаях оптимальная процедура содержит, как известно [3, 4], вычисление отношения правдоподобия  $L(y)$ ,

$$L_{(y)} = p_{cn}(y)/p_n(y). \quad (8)$$

то есть отношения плотностей вероятности одной и той же реализации принимаемых данных при двух условиях: при наличии в реализации данных и помехи и при наличии только помехи, и сравнение с пороговыми значениями  $L_0$  при двухальтернативных решающих правилах, и с  $L_0$ ,  $L_1$  и  $L_2$  - при трехальтернативных. Для упрощения вычислений анализируют любую монотонную функцию от отношения правдоподобия и соответствующим образом пересчитывают пороговые значения.

В частном случае обнаружения дискретизированного по времени сигнала с известными параметрами могут быть использованы функции

$$\zeta = \ln L + q^2 / 2, \quad \zeta_n = \ln L / q + q / 2, \quad (9)$$

где  $\zeta = \mathbf{x}^T \boldsymbol{\varphi}^{-1} \mathbf{y}$ ,  $q^2 = \mathbf{x}^T \boldsymbol{\varphi}^{-1} \mathbf{x}$ ,  $\mathbf{x}$  - вектор сигнала (см. формулу (1)), а  $\boldsymbol{\varphi}$  - ковариационная матрица помехи. Каждая из этих величин может быть использована для сравнения с соответствующим порогом. Прямые  $\zeta = \text{const}$  разбивают пространство  $\mathbf{y}(t)$  на области принятия решений  $\hat{A} = 0$  и  $\hat{A} = 1$ . В случае применения критерия Неймана-Пирсона порог сравнения выбирается с учетом заданной вероятности ложной тревоги (6), а в остальных - в соответствии с формулами (5).

**4. Особенности применения радиолокационных критериев к задачам биометрии.** Рассмотренный выше пример решающего правила (9) относится к случаю обнаружения дискретизированного по времени сигнала с известными параметрами. Это самая простая модель исходных данных. Усложнение моделей приводит к более сложным выражениям для расчета функционалов от исходных данных и пороговых величин, однако идея метода не изменяется – всегда присутствует сравнение рассчитанных значений функционала от исходных данных и сравнение их с порогом (или порогами). При этом возможны варианты отдельного просмотра каждого элемента информационного объема с вынесением решения в каждой точке и совокупности точек с вынесением решения по всей совокупности. Обработка информации в каждой точке или совокупности точек может проводиться на основе амплитудного, частотного, временного анализа или на основе различных модификаций метода приращений, в частности, методом анализа фрактальной динамики [1, 7] – в зависимости от существа задачи. Так, для анализа ЭКГ при выявлении патологий сердечно-сосудистой системы обнаруживаемым признаком является фрактальность вариаций частоты сердечных сокращений [8]. Если на входе датчика ЭКГ шумы (помехи) можно считать некоррелированными гауссовыми, то на входе решающего устройства (на выходе преобразователя данных) плотность распределения реализации  $y(t)$  будет отличаться от нормальной, а коэффициент корреляции не будет равен 0. Эти отличия должны учитываться при выборе порогов.

**5. Факторы «ложная тревога» и «пропуск признака» в биоинформатике.** В биоинформатике можно выделить следующие аспекты фактора «ложная тревога»: психологический, диагностический аспект медицинской ошибки при назначении лечения, аспект ложной тревоги в доказательной медицине, «ложная тревога» при идентификации личности.

В литературе имеются некоторые решения в контексте последнего из указанных аспектов [2], что свидетельствует о существовании необходимости проведения подобных исследований с одной стороны, и об их недостаточности – с другой.

Приведем примеры, иллюстрирующие психологический аспект фактора «ложная тревога».

1. Случайно перепутанные анализы на ВИЧ-инфекцию могут иметь весьма печальные последствия – от трудоустройства на работу

больного человека в той сфере деятельности, где это запрещено законом, до летального исхода другого обследуемого (здорового).

2. При многоальтернативном обнаружении ложная тревога соответствует принятию решения о наличии другого признака; например, при расшифровке ЭКГ возможны ситуации, когда возрастные или врожденные патологии идентифицируются как признаки серьезной болезни. В этом случае цена ложной тревоги, очевидно, имеет другое выражение, чем в предыдущих случаях.

Рассмотрим далее диагностический аспект медицинской ошибки при назначении лечения. Ошибка при установлении диагноза, классифицируемая как «ложная тревога», может спровоцировать другое, более серьезное заболевание у обследуемого. В результате назначенное лечение не будет соответствовать болезни и, более того, может привести к конфликтной ситуации – лекарственному отравлению, аллергическим реакциям и т. д.

Аспект «ложной тревоги» в доказательной медицине, помимо наказания невиновного, имеет тот же психологический подтекст, что и в предыдущем случае: в результате может быть спровоцировано серьезное заболевание. Поэтому фактор «ложная тревога» весьма существенен при принятии решений в биоинформатике.

Фактор «пропуск анализируемого признака» вряд ли нуждается в комментариях. Его аспекты присутствуют при решении задач биомедицинской информатики в большом количестве; одно их перечисление может составить много страниц. Поэтому здесь уместно только отметить, что сузить область аспектов поможет анализ конкретной задачи.

#### **6. Допустимые значения факторов ошибок в биоинформатике.**

Допустимые значения рассматриваемых факторов, как правило, устанавливаются экспертным путем. Они не являются постоянными величинами для биоинформатики, а зависят от специфики решаемых задач, от их смысла и, иногда, от таких характеристик, как наличие экспериментальных данных по последствиям воздействия тех или иных факторов, география районов обследования, состав населения, пол, возраст, личностные особенности тестируемых и т.д. В [5] содержится ряд сведений, которые можно использовать в качестве примеров, иллюстрирующих данный тезис, из области нормирования вредных воздействий на организм человека. Приведем некоторые из них.

*Пример 1.* Гигиеническое нормирование вредного действия радиоактивности началось в 1925 г. на основе изучения сообщений о

профзаболеваниях. По мере накопления данных менялось представление о допустимых воздействиях. Безопасная эквивалентная доза облучения персонала, работающего с радиоактивными веществами, в 1990 г., была установлена в 78 раз меньшей, чем в 1925 г.

*Пример 2.* Предельно допустимые уровни (ПДУ) излучения СВЧ при его воздействии на организм человека в разных странах нормировались, исходя из разных эффектов воздействия на организм человека. В США в качестве критерия было взято тепловое воздействие микроволн; было установлено, при воздействии СВЧ-излучения с плотностью потока  $10 \text{ мВт/см}^2$  нагрев не превышает 1 градуса по Цельсию. Меньший нагрев считается безопасным для живого организма. Ученые СССР в качестве критерия выбрали другой – наблюдаемые изменения в живом организме под воздействием СВЧ-излучения должны исчезать после снятия воздействия, т. е. быть обратимыми. В результате был установлен предельно допустимый уровень, в 1000 раз более низкий, чем тот, который был зафиксирован в стандарте США.

При отсутствии экспертных оценок используется та или иная модель риска, связанного с неправильным принятием решения. Критерий Неймана-Пирсона в этом случае минимизирует средний риск принятия решения.

**7. Принятие решений по минимальному объему выборки.** В ряде приложений биометрических систем требуется принимать решение о наличии/отсутствии какого-либо признака в результатах измерений по минимально возможному объему выборки. В этом случае, как известно из теории и практики радиолокационного обнаружения, наиболее эффективным будет применение методов последовательного анализа или двухступенчатого обнаружения.

*Пример.* При дистанционном распознавании психического состояния биологических объектов [6] время принятия решения ограничивается величиной, существенно зависящей от постоянной времени срабатывания исполнительных устройств. Как правило, решение приходится принимать в реальном масштабе времени и временные затраты на уточнение решения, полученного на предыдущем этапе, весьма ограничены. При решении таких задач правильно составленная последовательная процедура принятия решения обладает преимуществами по сравнению с одноэтапной процедурой.

В рассмотренном примере принятие решения осуществляется на основе дистанционных измерений не одного, а группы параметров, таких как микровибрации в оптическом диапазоне, характеристики излучения в инфракрасной области спектра, частота сердечных сокращений (пульс), частота дыхания, молекулярный состав и диэлектрическая проницаемость воздуха вокруг испытуемого, характеристики звукового поля объекта в целом и отдельных его органов и др. Особенностью этой задачи является и то, что не все перечисленные параметры имеют одинаковый вес при принятии решения; более того, возможны ситуации, когда набор параметров, по оценкам которых принимается решение на промежуточном этапе, не совпадает со всей совокупностью параметров. Это может давать определенные преимущества по времени принятия решения (обеспечивая при этом возможность принятия решения при минимальном объеме выборки). Например, на первом этапе производится анализ выборки по необходимым, а на следующем – по достаточным наборам показателей для принятия окончательного решения.

В рамках приведенного примера следует отметить также, что назначение весовых коэффициентов находится в прямой зависимости от функции риска, от потерь, соответствующих неправильному принятию решения. При отсутствии априорной информации о системе приоритетов принимается гипотеза о равной значимости оцениваемых параметров.

Известно, что в задаче радиолокационного обнаружения многоэтапная процедура вырождается в двухэтапную – именно второй этап дает существенное улучшение, а последующие увеличивают эффективность метода на единицы процентов. В задачах биометрии также можно ожидать, что правильный отбор исследуемых биологических параметров должен привести к сокращению числа этапов до 2 – 3. Однако такая ранжировка биологических параметров должна проводиться для каждой целевой функции (решаемой задачи) и для конкретного набора ограничений. Процедуры такого типа относятся к этапу самонастройки решающего устройства и выполняются в автоматическом режиме.

**8. Заключение.** Представленный материал не следует рассматривать как пособие по применению радиолокационных критериев в биоинформатике. Целью авторов было проиллюстрировать те дополнительные возможности, которые откроются исследователям, если использовать усложненные критерии

обработки данных, развитые в статистической теории радиолокации. В частности, учет фактора «ложная тревога» или его нормирование позволят более объективно принимать различные решения при проведении биометрической диагностики.

### Литература

1. *Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Полонников Р.И.* Фрактальная динамика электрической активности мозга. СПб.: Наука, 2004. 208 с.
2. Официальный сайт Русского биометрического общества. URL: <http://biometricsguide.ru/> (дата обращения: 25.02.13)
3. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Скольника. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. (в четырех томах) под общей ред. К.Н. Трофимова. Том 1. Основы радиолокации. Под ред. Я.С. Ицхоки. М.: Советское радио, 1976. 456 с.
4. *Ширман Л.Д., Манжос В.Н.* Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981. 416 с.
5. *Тудульев А.Л., Сироткин А.В., Николенко С.И.* Синтез согласованных оценок истинности утверждений в интеллектуальных информационных системах // Изв. высш. учебн. заведений: Приборостроение. 2006. №7. 20–26 с.
6. *Чукова Ю.П.* Эффекты слабых воздействий. Термодинамический, экспериментальный (биологический и медицинский), социальный, законодательный, международный и философский аспекты проблемы. М.: Компания «Алекс», 2002. 426 с.
7. *Юсупов Р.М., Рудницкий С.Б., Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Жвалевский О.В.* Использование внешнего синхронизатора для преодоления проблем организации синхронного сбора физиологической информации при использовании программно-аппаратных комплексов разных производителей. // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии, фармакологии и медицине. Т. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 278–283
8. Урицкий В.М., Музалевская Н.И. Фрактальные структуры и процессы в биологии (Обзор). Биомедицинская информация и эниология. СПб.: Изд. «ОЛЫГА», 1995.

**Иванцевич Наталия Вячеславовна** — д-р тех. наук; главный научный сотрудник научно-исследовательского сектора Всероссийского научно-исследовательского института радиоаппаратуры (ОАО «ВНИИРА»). Область научных интересов: сетевые спутниковые радионавигационные системы, принятие решений в условиях неопределенности. Число научных публикаций — 120. [nvivantsevich@yandex.ru](mailto:nvivantsevich@yandex.ru); ВНИИРА, ул. Шкиперский проток, 19, Санкт-Петербург, 199106, РФ; р.т. +7(812)352-35-08, факс +7(812)352-35-08.

**Ivantsevich Natalia Vyacheslavovna** — D. Sc. (Tech.), chief research officer of the research sector of the All-Russian research institute of radio equipment (public company VNIIRA). Research interests: networking satellite radionavigation systems, decision making under conditions of uncertainty. Number of scientific publications — 120. [nvivantsevich@yandex.ru](mailto:nvivantsevich@yandex.ru); VNIIRA, Shkiperski protok, 19, St. Petersburg, 19906, Russia; office phone +7(812)352-35-08, fax +7(812)352-35-08.

**Рудницкий Сергей Борисович** — д-р тех. наук; заведующий лабораторией биомедицинской информатики СПИИРАН. Область научных интересов: комплексная обработка сигналов, принятие решений в условиях неопределенности, биометрия,

дальняя радионавигация. Число научных публикаций — 90. roudnitsky@spiiras.nw.ru; СПИИРАН, ул. 14 линия, 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-54-11, факс +7(812) 328-44-50.

**Roudnitsky Sergey Borisovich** — D. Sc. (Tech.), chief of the Laboratory of biometrical informatics, SPIIRAS. Research interests: integrated signal processing, decision making under conditions of uncertainty, biometry, long-range radionavigation. Number of scientific publications — 90. roudnitsky@spiiras.nw.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-54-11, fax +7(812) 328-44-50.

Рекомендовано лабораторией биомедицинской информатики, заведующий лабораторией Рудницкий С.Б., д-р техн. наук.

Статья поступила в редакцию 27.02.2013.

## РЕФЕРАТ

### *Иванцевич Н.В., Рудницкий С.Б.* **Возможности применения радиолокационных критериев в задачах обнаружения характерных признаков исследуемых объектов**

Развитие современных вычислительных методов и компьютерных технологий позволяет реализовать более сложные алгоритмы принятия решений по сравнению с обычно применяемыми в настоящее время. Программные продукты, используемые в биометрии, как правило, не содержат информации о текущей степени доверия получаемым оценкам; в лучшем случае приводятся доверительные интервалы (доверительные вероятности) для гауссовой статистики мешающих факторов. Тестирование же стандартных программ при применении их в более сложных случаях ложится на пользователя. При этом возникает проблема полноты системы тестов. Все это приводит к тому, что в настоящее время для оценки одного и того же физиологического состояния биологического объекта разными авторами используются различные методы и результаты могут существенно различаться. Кроме того, при решении ряда задач биометрии стандартными методами отсутствует оценка фактора «ложная тревога».

Биометрия базируется на результатах различных измерений. Процессу измерения всегда сопутствует наложение помех и шумов на результаты измерения. Помехи (артефакты) можно условно разделить на технические, обусловленные шумами регистрирующих электрических устройств и несовершенством конструкции измерительных приборов, и методические, называемые также физиологическими. Выявление артефактов при расшифровке биоинформации, как правило, производится вручную. Это не является задачей измерения. Ее можно классифицировать как задачу определения некоторого признака.

Похожие проблемы возникали и в других областях человеческой деятельности, и вопросы автоматизации были решены. Так, в радиолокации давно разработаны методы, позволяющие распознавать ложные цели и обнаруживать сигналы, содержащие заданные признаки.

Применительно к задачам биометрии вводятся факторы «ложная тревога» и «пропуск признака». На конкретных примерах иллюстрируется содержательная сторона этих терминов.

Приводятся краткие сведения о критериях обнаружения признаков в радиолокации. Обсуждаются особенности их применения к задачам биометрии в зависимости от объема доступной выборки измерений.

Целью авторов было проиллюстрировать те дополнительные возможности, которые откроются исследователям, если использовать усложненные критерии обработки данных, развитые в статистической теории радиолокации. В частности, учет фактора «ложная тревога» или его нормирование позволят более объективно принимать различные решения при проведении биометрической диагностики.

## SUMMARY

### *Ivantsevich N.V., Roudnitsky S.B.* **The potential of using radiolocation criteria to detect characteristic indications of objects of research**

The development of modern calculating methods and computer technologies allows realising algorithms of decision making that are more complex compared to those usually employed in the present day.

As a rule, the software products used in biometry contain no information about the current degree of belief for the received estimates. At the best, they produce belief intervals (belief probabilities) for Gaussian statistics of interfering factors. When the standard programs are applied in more complicated cases, it is the user that has to test them. The problem of the test system's completeness arises in the process.

The result of all this is that currently different authors use different methods to evaluate the same physiological condition of a biological object, and the results can differ significantly.

Besides, when standard methods are used for solving a number of biometrical problems, no estimations are made for the "false alarm" factor.

Biometry is based on the results of various measurements. The process of measuring is always accompanied by the superimposition of disturbances and noise on the measurement results.

For convenience, the disturbances (artefacts) can be split into two categories. There are technical artefacts that are due to the noises created by electrical recording devices and the structural imperfection of measuring instruments, and methodological artefacts that are also called physiological artefacts. Usually the artefacts are detected manually in the process of decoding bioinformation. This is not the problem of measuring. It can be classified as the problem of defining a certain indication.

Similar problems have arisen in other spheres of human activity, and the problems of automation were solved. For example, in radiolocation the methods that allow to recognise false targets and detect signals containing specified indications have been long developed.

Concerning the problems of biometry the "false alarm" factor and the sign omission factor are introduced. Concrete examples are used to illustrate the substance of these terms.

Brief information is given on the criteria of indication detection in radiolocation. The features of applying them in the course of solving biometrical problems depending on available measurement sample sizes are discussed.

The authors' goal was to provide an illustration of the additional resources that will become available to researchers if they employ the complicated criteria of data processing that have been developed in the statistical theory of radiolocation. Particularly, calculating the "false alarm" factor or fixing its rate will allow making various decisions more objectively in the process of carrying out biometrical diagnostics.