УДК 656.7.071:369.067(045)

М.Ю. Буриченко, М.В. Дворник, Ю.Ю. Оникиенко

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОЦЕНИВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ

Рассмотрены источники и причины возникновения неопределенности результатов медицинских исследований при проведении профотбора пилотов-операторов. Проведен анализ подходов по оцениванию неопределенности результатов, влияющих на принятие решения.

Ключевые слова: *вестибулярный аппарат, психофизиологическое исследование, профотбор, спецификация измерений, неопределенность, модельное уравнение.*

Введение

Вопрос оценивания качества результатов медицинских исследований является одним из самых важных на сегодняшний день. Поскольку объектом подобных исследований является человек, чрезвычайно важно учитывать разного рода как внешние, так и внутренние факторы, которым он подвержен во время проведения исследования. Поэтому оценивание неопределенности при трактовке результатов исследований является актуальным, например, при проведении профотбора пилотов-операторов.

Для оценивания результатов подобного рода исследований руководства «Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement» (далее – GUM) и JCGM 100:2008 [1, 2] не дают четких рекомендаций, учитывающих специфику исследований. В большинстве таких исследований решающую роль при анализе источников неопределенности играет профессионализм конкретного исследователя.

В данной работе рассмотрены общие рекомендации оценивания неопределенности результатов исследований, влияющих на принятие решения о пригодности к профессиональной деятельности пилота-оператора.

Основная часть

Проведение исследования заключается в одновременном оценивании, как состояния вестибулярного аппарата, так и состояния психофизиологической готовности к деятельности пилота-оператора [3]. Конечный результат принятия решения будет содержать неопределенность результатов обоих исследований.

Для упрощения задачи выявления всех возможных источников неопределенности и недопущения их двойного учета с указанием их взаимосвязи и влияния на суммарную неопределенность результата исследования составлена причинно-следственная диаграмма, представленная на рис. 1.

Более детальный анализ источников неопределенности при проведении профотбора позволяет разделить все источники на две группы:

– не поддающиеся количественному оцениванию (в дальнейшем – качественные), например, нетщательное выполнение методики исследования вестибулярного аппарата (ВА) [4, 5], квалификация исполнителя, результаты психофизиологического тестирования;

– поддающиеся количественному оцениванию, например, результаты антропометрических измерений, характеристики оборудования (измерительной системы), параметры окружающей среды.

Как показывает опыт, в большинстве случаев трудности при оценивании неопределенности возникают с источниками первой группы.

Из рис. 1 видно, что на принятие решения могут влиять шесть основных источников неопределенности, а именно: психофизиологическое тестирование; объект исследования (пилот-оператор); оборудование (измерительная система); исполнитель (оператор); условия проведения исследований; методика исследования ВА.

Детальный анализ этих источников позволяет найти подходы к оцениванию неопределенности результатов профессионального отбора.

Психофизиологическое тестирование. Основными составляющими этого фактора являются:

– количество тестов (перенасыщение тестами приводит к быстрой утомляемости пилота-оператора и вносит неопределенность в трактовку теста);

– вид тестового материала (влияет на восприятие тестового материала);

© М.Ю. Буриченко, М.В. Дворник, Ю.Ю. Оникиенко

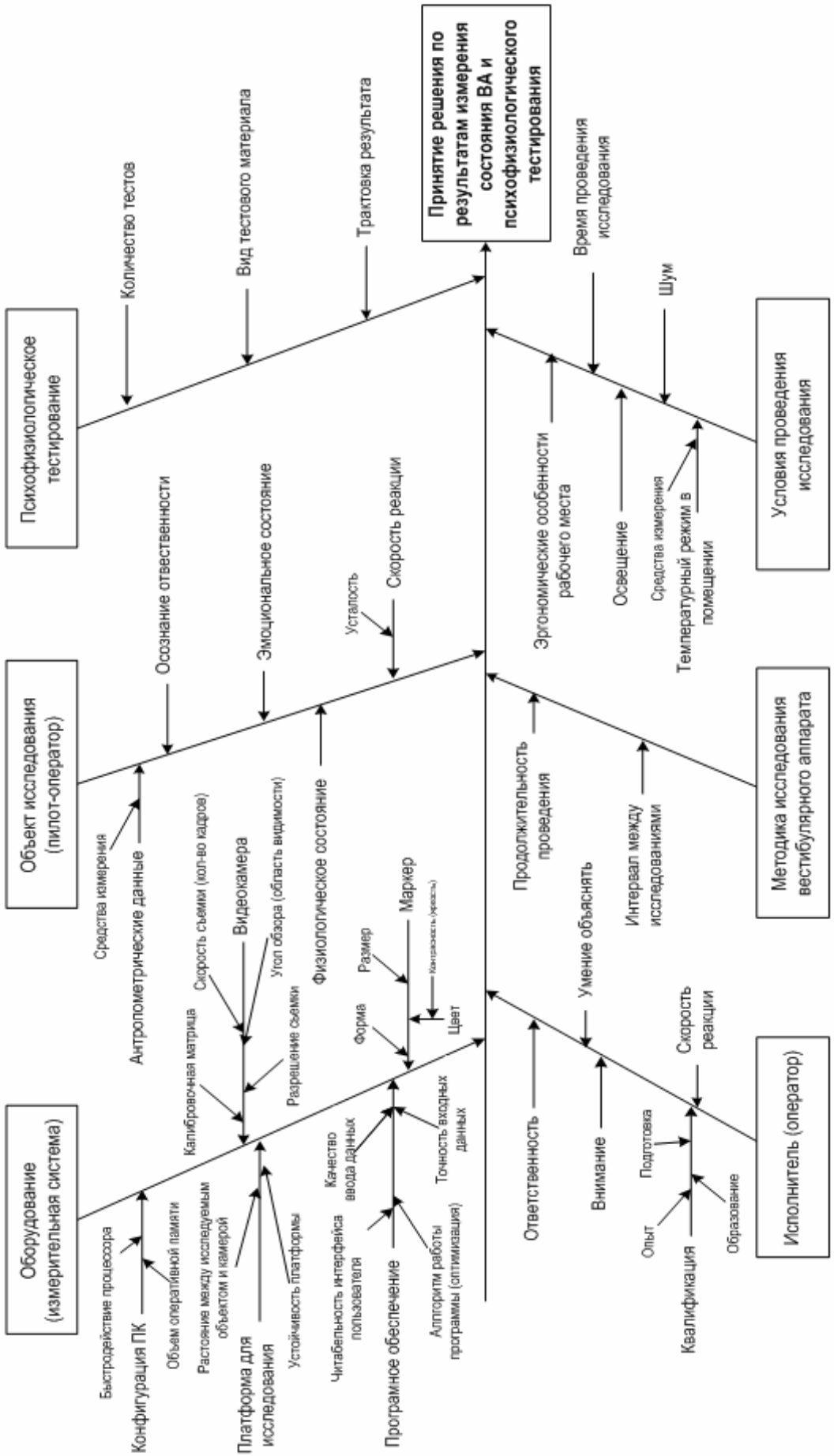

Рис. 1..Анализ источников неопределенности при проведении профотбора пилотов-операторов

– трактовка результата (зависит от правильного выбора ключа и его интерпретации).

Эти составляющие относятся к первой группе источников. Количественно оценить их не представляется возможным, поэтому рекомендуется минимизировать их путем тщательного планирования эксперимента.

Объект исследования (пилот-оператор). Основные составляющие: осознание ответственности; эмоциональное состояние; скорость реакции (напрямую зависит от усталости); физиологическое состояние; антропометрические данные.

Оценить количественно среди этих составляющих можно только неопределенность, вносимую средствами измерения антропометрических данных, поэтому эта составляющая относится ко второй группе. О ее оценке будет сказано далее.

Все остальные составляющие относятся к первой группе источников. Введение дополнительного предварительного тестирования для оценивания эмоционального и физиологического состояния, а также усталости тестируемого оператора позволит предотвратить влияние этих составляющих на проведение основного исследования. В свою очередь качественный инструктаж позволит устранить составляющую «осознание ответственности».

Оборудование (измерительная система). При проведении профотбора данный источник является одним из наиболее важных, поскольку включает в себя всю программно-аппаратную часть исследования. Составляющие:

– конфигурация ПК (быстродействие процессора и объем оперативной памяти определяют быстродействие всех вычислений);

– платформа для исследования (степень устойчивости платформы и ненадлежащее расстояние между исследуемым объектом и видеокамерой влияют на трактовку результатов оценивания состояния ВА);

– программное обеспечение (от его реализации зависит как быстродействие приложения, так и точность полученных результатов);

– видеокамера (скорость сьемки, угол обзора, разрешение и калибровочная матрица оказывают непосредственное влияние на оценивание ВА);

– маркер (жестко связан с типом видеокамеры, условиями проведения исследования, влияет на качество распознавания траектории движения вертекса при построении фазового портрета).

К количественным составляющим относятся все параметры видеокамеры, размер маркера, расстояние между исследуемым объектом и камерой.

Все остальные составляющие условно можно отнести к качественным источникам неопределенности, и при тщательном планировании эксперимента они могут быть уменьшены.

Исполнитель (оператор). Все составляющие данного источника неопределенности относятся к первой группе. Постоянное повышение квалификации исполнителя, грамотный инструктаж и мотивация позволят уменьшить эти составляющие на этапе планирования и проведения исследований.

Методика исследования вестибулярного аппарата. Продолжительность проведения и интервал между исследованиями влияют на то, как быстро устает пилот-оператор при оценивании состояния ВА. Эти составляющие относятся к первой группе, устранить можно путем грамотного планирования исследования, после глубокого анализа возможностей человека длительное время находиться в вертикальном положении. Кроме этого контроль этих составляющих во время исследования значительно увеличивают качество трактовки результатов исследований.

Условия проведения исследований. Основными составляющими являются:

– эргономические особенности рабочего места (обеспечивают комфорт для объекта исследования и экспериментатора);

– освещение (влияет на распознавание траектории движения вертекса при исследовании ВА);

– температурный режим в помещении;

– шум и время проведения исследований (усложняют интерпретацию результатов всех исследований).

Все составляющие, кроме температурного режима относятся к первой группе источников, которые обязательно должны быть учтены при планировании и проведении исследования.

Таким образом, тщательное планирование и контролируемое проведение исследования позволяют в большинстве случаев значительно уменьшить качественные источники неопределенности.

Рассмотрим особенности оценивания количественных источников неопределенности.

Источники неопределенности, которые можно оценить количественно, в некоторых областях измерений, к которым относятся и биомедицинские измерения, могут быть довольно сложными. В первую очередь, это касается составления модельного уравнения измерений, учета соответствующих поправок, влияющих факторов и т.д.

Эти этапы подразумевают использование доступного знания для того, чтобы охарактеризовать входные величины модели с помощью распределений вероятностей.

По разработке и применению модели измерений могут быть полезны рекомендации, изложенные в руководстве JCGM 103 [6], а используя рекомендации руководств JCGM 101 [7] и JCGM 102 [8] возможно охарактеризовать распределение вероятностей входных величин соответствующей модели измерений. Действия по вычислению неопределенности результата исследований в случае одной выходной величины подробно описаны в [1].

Поскольку на конечный результат принятия решения при профотборе будут влиять неопределенности результатов двух видов исследований, состояния вестибулярного аппарата и психофизиологического тестирования, то рассмотрению подлежит модель, содержащая две выходные величины (рис. 2), а именно:

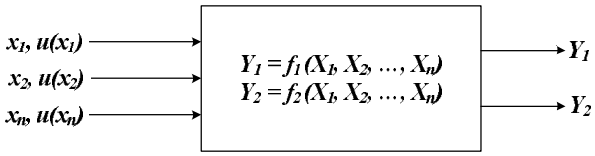

Рис. 2. Модель с двумя выходными величинами

– информацию о психофизиологическом тестировании;

– результаты оценивания состояния ВА.

В случае с более чем одной измеряемой величиной целесообразно использовать рекомендации JCGM 102 [9]. Эквивалентом функции измерений $Y = f(X_1 ... X_N)$ для числа m выходных величин являются выражения

$$Y_1 = f_1(X_1 ... X_N),$$

$$Y_2 = f_2(X_1 ... X_N), ..., Y_m = f_m(X_1 ... X_N),$$

в которых присутствует m функций $f_1, ... f_m$.

Так как в общем случае каждая выходная величина зависит от всех входных величин, в дополнение к определению оценок этих выходных величин и стандартных неопределенностей, связанных с этими оценками, требуется оценить ковариации всех пар таких оценок:

$$U_x = \begin{bmatrix} U(x_1, x_1) & ... & U(x_1, x_N) \\ ... & ... & ... \\ U(x_N, x_1) & ... & U(x_N, x_N) \end{bmatrix}.$$

Расширенная неопределенность определяется выражением:

$$U_y = C_x U_x C_x^T,$$

где C_x – матрица чувствительности

$$C_x = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial X_1} & ... & \frac{\partial f_1}{\partial X_N} \\ ... & ... & ... \\ \frac{\partial f_m}{\partial X_1} & ... & \frac{\partial f_m}{\partial X_N} \end{bmatrix}.$$

В рассматриваемом случае оценка психофизиологического состояния оператора является качественной характеристикой. Для осуществления количественного оценивания качественного признака целесообразно провести ранжирование градаций качественных характеристик, и применяя, например, экспертное оценивание, получить их количественный эквивалент, что даст возможность использовать рекомендованную в [9] модель.

Выводы

В результате проведенного анализа возможных источников неопределенности результатов, влияющих на достоверность принятия решения о профотборе операторов, установлено, что на суммарную неопределенность преимущественно влияют источники, не имеющие количественного оценивания. Для их учета рекомендовано тщательное планирование экспериментов, контроль выполнения методики исследований. Интегральную оценку неопределенности результатов профотбора пилотов-операторов, включающую неопределенность показателей психофизиологического состояния и неопределенность показателей состояния вестибулярного аппарата возможно получить, используя модель с двумя выходными величинами.

Список литературы

1. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: Second Edition. – ISO GUM, 1995. (Руководство по выражению неопределенности измерения).

2. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). JCGM 100:2008. (Руководство по выражению неопределенности измерения) .

3. Використання мереж Петрі для топологічного моделювання / О.Б. Іванець, О.В. Булигіна, М.В. Дворнік, Ю.Ю. Оникієнко // Електроніка та системи управління. – К.: НАУ, 2010. – № 2. – С. 129-134.

4. Бабияк В.И. Клиническая вестибулология: руководство для врачей / В.И. Бабияк, А.А. Ланцов, В.Г. Базаров. – СПб.: Гиппократ, 1996.

5. Кузовик В.Д. Особливості програмного забезпечення процесу експериментальних досліджень біооб'єкту / В.Д. Кузовик, В.Г. Гамов, Ю.Ю. Оникієнко // Інженерія програмного забезпечення. – К.: НАУ, 2010. – № 2. – С. 55-62.

6. Evaluation of measurement data - Supplement 3 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» - Modelling. JCGM 103. (Оценка данных измерений - Дополнение 3 к «Рук-ву по выражению неопределенности измерений» - Моделирование).

7. Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» - Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM 102:2011. (Оценка данных измерений - Дополнение 1 к «Рук-ву по выражению неопределенности измерений» - оценивание распределений с использованием метода Монте-Карло).

8. Evaluation of measurement data - Supplement 2 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» - Models with any number of output quantities. JCGM 102:2011. (Оценка данных измерений - Дополнение 2 к «Рук-ву по выражению неопределенности измерений» - Модели с любым количеством выходных величин.).

Поступила в редколлегию 14.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачехин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ОПЕРАТОРІВ

М.Ю. Буриченко, М.В. Дворнік, Ю.Ю. Онікієнко

Аналіз особливостей оцінювання невизначеності результатів медичних досліджень при прийнятті рішень, розглянуто причини та джерела їх виникнення при проведенні профвідбору пілотів-операторів.

Ключові слова: *вестибулярний апарат, психофізіологічне дослідження, профвідбір, специфікація вимірювань, невизначеність, модельне рівняння.*

EFFECT OF UNCERTAINTY OF MEDICAL RESEARCH ON EVALUATION OF FITNESS PROFESSIONAL OPERATORS

M.Yu. Burichenko, M.V. Dvornik, Yu.Yu. Onikienko

Analysis of the peculiarities of estimation uncertainty of the results of medical research when making decisions, considered the causes and sources of their physical fitness during the pilot-operator.

Keywords: *vestibular vehicle, psychophysiological research, professional selection, specification of measurements, vagueness, model equation.*