

УДК 658.3:61.681.3

*У статті розглядаються питання контролю функціональної надійності людини-оператора. З огляду на специфіку предмета, та зокрема різномірність складових, був використаний метод класифікації за допомогою кластерного й дискримінантного аналізів. Метод, дозволяє розбити наявну сукупність на чотири класи, залежно від рівня функціональної надійності*

*Ключові слова: людина-оператор, функціональна надійність, контроль, метод*

*Рассматривается вопрос контроля функциональной надежности человека-оператора. Учитывая специфику предмета, в частности разнородность составляющих, использован метод классификации с помощью кластерного и дискриминантного анализов. Метод, позволяет разбить имеющуюся совокупность на четыре класса, в зависимости от уровня функциональной надежности*

*Ключевые слова: человек-оператор, функциональная надежность, контроль, метод*

*Questions about control of human operator's functional reliability are considered in the article. Taking into account the specificity of this subject, in particular heterogeneity of its parts, classification method, that include cluster and discriminant analysis were used. This method helps to break totality of the initial data in 4 classes, that depend of function reliability level*

*Keywords: Human-operator, functional reliability, method, control*

# МЕТОД ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЧЕЛОВЕКА- ОПЕРАТОРА

**В. Г. Брусенцов**

Кандидат технических наук, доцент\*

**О. В. Брусенцов**

Ассистент\*

Контактный тел. 8 (057) 730-10-56

E-mail brus\_hiit@mail.ru

\*Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Украинская государственная академия

железнодорожного транспорта

пл. Фейербаха, 7, г. Харьков

## 1. Введение

Надежность человека-оператора является определяющим фактором в обеспечении надежности сложных систем, в том числе железнодорожного транспорта. По вине человека на нем, в различных странах, происходит от 70 % до 90% всех аварий и крушений. В последние десятилетия становится все более ясно, что повышение надежности технической части имеет мало смысла без повышения надежности «человеческого фактора».

В связи с этим широко ведутся работы по контролю и повышению профессиональной надежности человека-оператора. [1-5]. При этом отмечается, что она определяется рядом составляющих, где одной из важнейших является функциональная надежность, под которой понимают свойство функциональных систем человека-оператора обеспечивать его динамическую устойчивость в выполнении профессиональной задачи в течение определенного времени и с заданным качеством. [6].

## 1. Разработка метода оценки уровня функционального состояния оператора

При этом актуальной является проблема объективного контроля уровня функциональной надежности. Разделяют две ее составляющие – долговременную (базовую) и текущую (функциональное состояние). В работе решается задача контроля именно долговременной составляющей, по вине которой происходит до 80% аварий обусловленных «человеческим фактором».

При этом возникает ряд сложностей связанных с тем, что она в свою очередь также является сложным явлением, состоящим из ряда разнородных составляющих таких как биологический возраст, уровень здоровья, функциональный статус. Это существенно затрудняет измерение, поскольку для измерения такого рода явлений применяются методы типа квалиметрических, кластерного анализа и т.п.

Для разработки метода контроля уровня функциональной надежности человека-оператора путем числово-

го эксперимента, была обследована группа работников локомотивных бригад - операторов железнодорожного транспорта. В программу обследования вошел, отобранный с учетом специфики профессиональной деятельности, комплекс методик определяющих уровень здоровья, биологический возраст и функциональный статус. Таким образом, был получен массив информации, включающий данные о результатах обследования 44 железнодорожных оператора, следует отметить, что каждого из них обследовали по 20 методикам.

Описательная статистика массива показателей показала, что значения показателей сильно разнятся по диапазонам вариации, поэтому в соответствии с [7], была проведена нормировка показателей.

Была поставлена задача на основании полученных данных классифицировать состояние операторов в зависимости от уровня долговременной составляющей функциональной надежности.

Алгоритм кластеризации – это функция, которая любому объекту ставит в соответствие номер кластера. Множество в некоторых случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное число кластеров, с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации. В общем случае задача классификации заключается в нахождении такого разбиения объектов на классы, при котором показатель качества классификации принимает экстремальное значение. Формальная постановка задачи имеет вид

Так как описательная статистика массива показателей показала, что значения показателей сильно разнятся по диапазонам вариации, в соответствии с [7], была проведена нормировка показателей.

Известно, что в соответствии с принципом Миллера, при решении задачи классификации целесообразно выделять 7+2 классов (для удобства практического использования результатов пользователем). Для выявления должного количества классов в облаке дан-

ных, с помощью кластерного анализа, были построены дендрограммы (рис. 1.). (Дендрограмма - графическое изображение в двухмерной проекции степени подобия объектов [8]. (Также для определения необходимого количества классов был построен график изменения коэффициента слияния кластеров (рис. 2).

Следующим этапом решения задачи поиска должного числа классов состояния являлось проведение дискриминантного анализа возможных решений с целью исследования динамики изменения процента правильных решений при использовании линейных разделяющих функций; исследования межклассового расстояния и динамики изменения статистики Уилкса при различных разбиениях пространства исходных данных на классы.

В результате получилось:

1. выраженные скачки коэффициента слияния кластеров наблюдаются при структуре пространства исходных данных, состоящей из 3–5 классов;
2. лучшее качество разделения объектов на классы дискриминантными функциями также отмечается при разбиении пространства на 3–5 классов;
3. лучшее разделение объектов на классы по критерию максимальной "разнесенности" центров классов обеспечивают разбиения пространства исходных данных на 4 кластера;
4. в результате анализа статистики Уилкса сделан вывод о том, что во всех случаях разбиения на 3–5 классов оказывались корректными (значение статистики не превышало 0,45, а среднее значение оказалось меньшим 0,09); отдать предпочтение какому-либо разбиению пространства по значению статистики Уилкса не представляется возможным.

Проверка гипотезы о равенстве ковариационных матриц для разбиения пространства признаков на 4 класса всеми четырьмя способами кластеризации проведена по критерию Бартлетта. Для этого были вычислены значения статистики Бартлетта для каждой

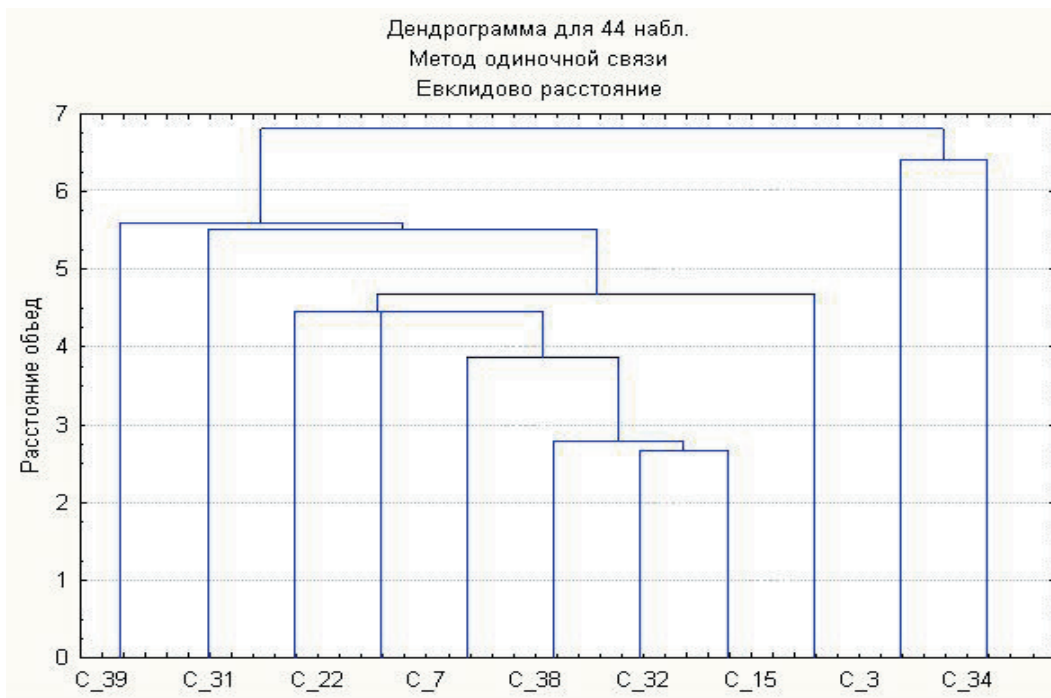


Рис. 1. Дендрограмма слияния кластеров методом ближнего соседа

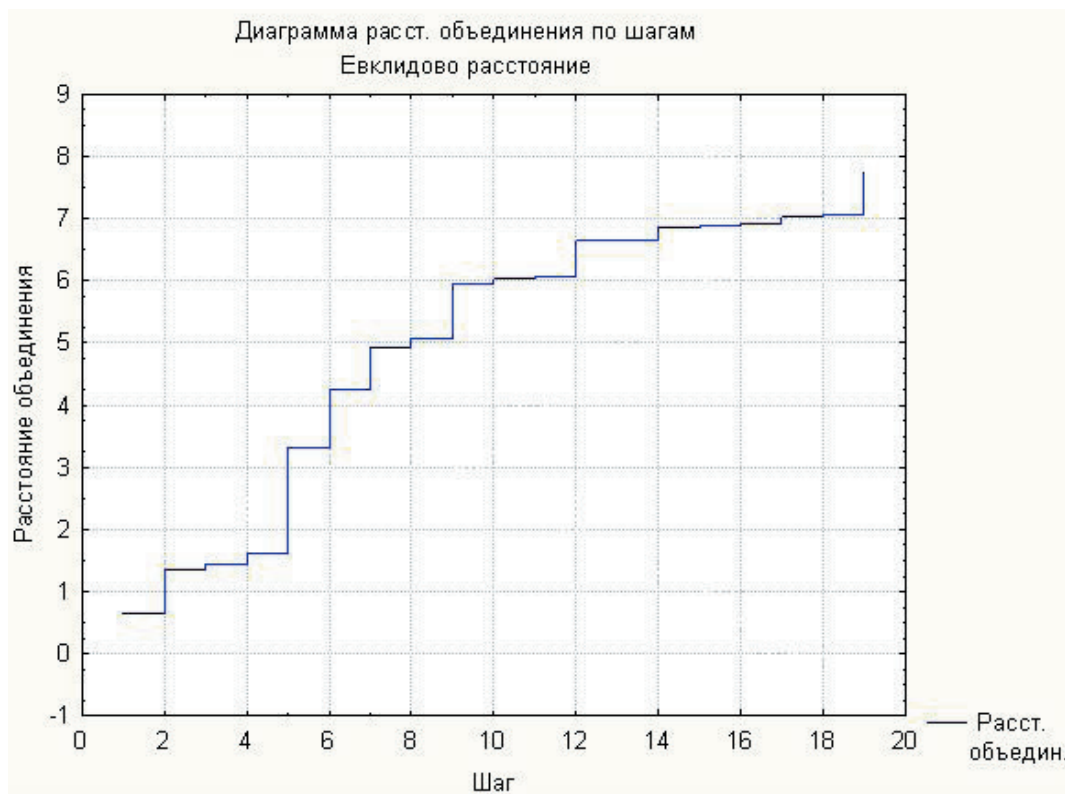


Рис. 2. Динамика изменения коэффициента слияния кластеров.

пары ковариационных матриц классов. Полученные значения статистики Бартлетта всегда оказывались меньше 8,9 – критического значения статистики

По результатам анализа принято решение о том, что разбиение пространства объектов на классы будет осуществляться методом Уорда, ввиду того что этот метод:

1) обеспечивает самый высокий процент правильных решений при проведении дискриминантного анализа (96 %);

2) дает решение с максимально (по сравнению с остальными методами) "разнесенными" кластерами (самое большое значение минимального межклассового расстояния Махаланобиса).

Задача разбиения исходного пространства исходных данных на четыре кластера по методу Уорда, по сути, решена.

После выделения классов была решена задача их интерпретации. С этой целью для каждого класса была построена описательная статистика, а затем осуществлен поиск лучшего представления классов в пространстве малой размерности.

Таким образом, применение средств кластерного и дискриминантного анализов позволило получить метод классификации уровня функциональной надежности человека-оператора, позволяющий проводить контроль этого качества. Это в свою очередь, позволяет решать как задачи повышения профессиональной надежности, так и сохранения кадров. Второе достигается тем, что человек получает объективную информацию и по принципу биологической обратной связи, предпринимает

усилия по повышению функциональной надежности. Это вполне реальная задача, поскольку здоровье человека более чем на 50% определяется образом жизни. С учетом демографической ситуации, этот аспект будет приобретать все большую значимость.

#### Литература

1. А.И. Губинский Надежность и качество функционирования эргатических систем Ленинград «Наука» 1982 с.268.
2. Фокин Ю.Г. Оператор технических средств: обеспечение надежности. М.: Воениздат, 1985. 192 с.
3. Миллер Д.Ю., Суэйн А. Ошибки человека и его надежность / Человеческий фактор. Под ред. Г.Сальвенди. Т. 1. М.: Мир, 1991. С. 360–417.
4. Woodson E. Human factors design handbook. New York: McGraw-Hill. 1981.
5. Щербанов В.Ю., Бобров А.Ф. Надежность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка // Психологический журнал. 1990. № 3. С. 60–69.
6. Бодров В.А., Орлов В.Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой / РАН. ин-т психологии. - М., 1998. - 285 с.: табл.
7. В.П.Боровиков Искусство анализа данных, 2-е издание, ПИТЕР, 2005.
8. Большой словарь иноязычных слов А.Н. Булыко, 2004.