

УДК 614.2

doi: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.015

Н.А. Кореневский, С.Н. Родионова, Т.Н. Говорухина, М.А. Мясоедова
**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭРГОНОМИКИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА СОСТОЯНИЕ
ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА С УЧЕТОМ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА ОРГАНИЗМА
ФГБОУ ВО "Юго-Западный государственный университет"**

В работе изучаются вопросы влияния эргономики технических систем на появление и развитие профессиональных заболеваний человека-оператора с учетом функционального резерва его организма. Учитывая сложность аналитического описания механизмов взаимодействия «человек – техническая система» в качестве математического аппарата исследований выбрана методология синтеза гибридных нечетких решающих правил, ориентированная на решение плохоформализуемых задач. В рамках выбранной методологии частные оценки уровня эргономичности определяются по базовым показателям и агрегируются в финальные решающие правила. Оценка влияния уровня эргономичности и других существенных факторов риска на состояние здоровья производится с использованием соответствующих функций принадлежности, которые агрегируются в нечеткие модели прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний. На примере заболеваний нервной системы у водителей тракторов российского производства показано, что одновременный учет эргономических факторов риска и величины функционального резерва с другими существенными эндогенными и экзогенными факторами позволяет улучшить качество принимаемых решений о состоянии здоровья организма человека. При этом уверенность в правильности прогноза без учета функционального резерва составляет 0,86, а с его учетом достигает величины 0,94, что позволяет рекомендовать полученные модели принятия решений в практике работы врачей профпатологов.

Ключевые слова: эргономика, функциональный резерв, состояние здоровья, функции принадлежности, нечеткая логика, прогнозирование, ранняя диагностика.

Введение

Одной из причин появления и развития профессиональных заболеваний является контакт человека-оператора с теми типами технических систем, которые по условию своего функционирования и (или) конструктивных особенностей создают факторы риска для заболевания человека.

Исследованиями в области снижения негативных факторов влияния технических систем на состояние здоровья человека-оператора занимается эргономика.

Анализ работ в области эргономики показывает, что большинство исследователей ищет и изучает влияние конкретных технических систем и

(или) их отдельных узлов и блоков на появление и развитие различных заболеваний. При этом полученные результаты достаточно сложно обобщаются с целью их распространения на различные технические системы и различные типы заболеваний.

В работах [13, 28, 29] сделана попытка разработки единого подхода к синтезу математических моделей позволяющих оценивать влияние различных технических систем на состояние здоровья человека с учетом других существенных эндогенных и экзогенных факторов риска на основе методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил.

В работах [13, 29] показаны примеры эффективного использования этой методологии для решения задач прогнозирования и ранней диагностики кохлеарного неврита и вибрационной болезни водителей трактора.

Специально проведенными исследованиями было установлено, что качество решения задач прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний человека-оператора может быть значительное улучшено, если дополнительно к эргономическим факторам риска и традиционно используемым индивидуальным фактором риска (ожирение, употребление алкоголя, табакокурение и др.) использовать показатель, характеризующий функциональный резерв организма, препятствующий отрицательному влиянию технических систем на организм человека.

Данное исследование посвящено методу синтеза нечетких решающих правил прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний человека, в которых кроме эргономических и общепринятых индивидуальных факторов риска используется показатель функционального резерва организма.

Методы

В работах [13, 28, 29] описан метод синтеза нечетких правил принятия решений о состоянии здоровья человека-оператора при условии, что одним из ведущих факторов риска является уровень эргономичности технической системы (ТС) и (или) её составных частей. При этом для оценки состояния здоровья и уровня эргономичности использован единый аппарат исследования, что значительно упрощает решение выбранного класса задач.

В рамках выбранной методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСНРП) [5, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 20, 24, 25] определяются частные оценки уровня эргономики по блокам признаков, описывающих гигиенические, антропометрические и

психофизиологические характеристики организма. В свою очередь каждый из этих блоков описывается набором разнородных признаков (уровень шума, уровень вибрации, усилия на органах управления, температура окружающей среды, яркость индикаторов и т.д.).

Для перехода к единым шкалам оценки уровня эргономики по каждому из разнородных исходных признаков x_i вводится понятие функции уровня эргономичности $f_{UE}(x_i)$ с областью определения от нуля до единицы с базовой переменной по шкале анализируемого признака. По своему аналитическому описанию эта функция аналогична функции принадлежности, вводимой в теории нечеткой логики принятия решений.

Уровни эргономичности UE_q по выделяемым группам q признаков x_i определяются агрегацией $f_{UE}(x_i)$ по всем признакам, входящим в группу:

$$UE_q = F_q[f_{UE}(x_i)], \quad (1)$$

где F_q - соответствующая функция агрегации.

Для более крупных технических подсистем и системы в целом производится агрегация частных показателей

$$UE_F = F_F[UE_q], \quad (2)$$

Выбор типов и параметров функций уровней эргономичности и механизмов их агрегации производится в зависимости от типов и свойств используемых показателей и выбираемых целей исследования (оценка качества продукции, оценка влияния на работоспособность человека-оператора, оценка влияния на состояние здоровья и т.д.).

В работах [13, 28, 29] приводятся практические примеры оценки уровня эргономичности конкретных технических систем.

В работах [13, 14, 18, 28, 29] описаны методы синтеза нечетких правил принятия решения о функциональном состоянии и состоянии здоровья человека с учетом того, что одним из ведущих факторов риска является уровень эргономичности технических систем.

В общем виде нечеткая математическая модель принятия решений описывается выражением:

$$UPF_\ell = F_\ell(UPE_\ell, UPI_\ell, UPEK_\ell), \quad (3)$$

где UPF_ℓ - уверенность в принимаемом решении по классу состояния человека-оператора ω_ℓ ; UPE_ℓ - уверенность в классе ω_ℓ по группе эргономических показателей; UPI_ℓ - по индивидуальным факторам риска; $UPEK_\ell$ - от экологических факторов риска; F_ℓ - функция агрегации.

Если каждое из частных решающих правил UPE_ℓ , UPI_ℓ и $UPEK_\ell$ увеличивает риск в переходе человека-оператора в класс состояний ω_ℓ , то решающее правило (3) модифицируется в накопительную модель Е. Шортлифа [9, 16, 18, 20, 28]:

$$UPF_\ell(q+1) = UPF_\ell(q) + Q_{q+1}[1 - UPF(q)], \quad (4)$$

где q – номер итерации; $UPF_\ell(1) = Q_1 = UPE_\ell$; $Q_2 = UPI_\ell$; $Q_3 = UPEK_\ell$.

В работах [14, 20] было показано, что включение в выражение (3) показателя, характеризующего функциональный резерв организма, позволяет на 10-15% увеличить качество принимаемых решений по оценке состояния здоровья человека-оператора.

Методом оценки функционального резерва оператора и его систем посвящено достаточно много работ, например в [13, 20] описан механизм оценки функционального резерва по индексу функциональных изменений, в работах [20, 23] - через энергетический разбаланс общесистемных БАТ и т.д.

Учитывая, что высокий уровень функционального резерва UF_ℓ препятствует возникновению и развитию состояния ω_ℓ показатель UF_ℓ целесообразно рассматривать как меру недоверия к классификации ω_ℓ [20, 21]. Поскольку уровень функционального резерва для разных классов состояния ω_ℓ по-разному влияет на это состояние и, в основном, нелинейно, введем функцию принадлежности к понятию высокий уровень защиты по классу ω_ℓ с базовой переменной UF - $\mu_{z_\ell}(UF)$.

С учетом $\mu_{z_\ell}(UF)$ уверенность UW_ℓ в том, что обследуемый находится в классе ω_ℓ в соответствии с рекомендациями [18, 20] определяется выражением

$$UW_\ell = \begin{cases} UPE_\ell - \mu_{z_\ell}(UF), & \text{если } UPE_\ell > \mu_{z_\ell}(UF); \\ 0, & \text{если } UPE_\ell \leq \mu_{z_\ell}(UF). \end{cases} \quad (5)$$

Результаты

В качестве конкретного примера рассмотрим задачу синтеза математической модели прогнозирования заболеваний нервной системы, провоцируемой эргономикой тракторов российского производства с учетом индивидуальных факторов риска и функционального резерва организма.

На экспертном уровне была определена система признаков, характеризующих уровень эргономичности кабины трактора: температура в кабине (x_1); уровень шума в кабине (x_2); средний уровень нагрузки на руки

(x_3); средний уровень нагрузки на ноги (x_4), вибрации всего тела (x_5), вибрация на руках (x_6), вибрация на ногах (x_7), угол наклона сиденья (x_8), высота сиденья (x_9), расстояние до основных органов управления (x_{10}); уровень психоэмоционального напряжения, связанный с профессиональной деятельностью (x_{11}) и уровень хронического физического утомления (x_{12}) [13, 18, 28, 29]. Признаки x_{11} и x_{12} характеризуют как индивидуальное состояние человека, так и влияние ТС на его функциональное состояние. С учетом этого эти признаки были включены экспертами в соответствующий блок признаков эргономичности.

Для построения частных функций уровня эргономичности по признакам x_1, \dots, x_{10} были выбраны два подхода: метод психофизического шкалирования и построения специализированных тестовых опросников.

Признаки x_1, \dots, x_{10} измеряются с использованием соответствующих технических средств и компьютерных опросников.

Уровни психоэмоционального напряжения x_{11} и утомления x_{12} определяются по методикам, описанным в работах [6, 7, 10, 18, 20, 22, 30, 31].

В соответствии с общей методологией синтеза гибридных нечетких решающих правил в условиях плохой формализации для оценки информативности отобранных признаков целесообразно использовать интерактивный пакет RUMM2020, технология использования которого описана в работах [2, 3, 20, 21].

В ходе оценки информативности из всего набора признаков, описывающих эргономику кабины трактора для задачи прогнозирования возникновения нервных болезней, было отобрано шесть информативных признаков $x_2, x_5, x_6, x_7, x_{11}$ и x_{12} .

Признак x_2 измерялся электронным прибором в децибелах. Для количественной оценки признаков x_5, x_6 и x_7 использовался специально разработанный опросник с балльной оценкой.

1. Условия работы не связаны с вибрацией $x_5=0$.
2. Условия работы связаны с низкоинтенсивной физически плохо ощутимой вибрацией, не вызывающей физического дискомфорта $x_5=1$.
3. Условия работы связаны с заметно ощутимой вибрацией, не вызывающей физического дискомфорта $x_5=2$.
4. Условия работы связаны с хорошо ощутимой вибрацией, вызывающей к концу дня некоторый физический дискомфорт, но с

течением времени есть ощущение, что дискомфорт «не накапливается» $x_5=3$.

5. Условия работы связаны со значимой вибрацией, которая вызывает болевые ощущения к концу рабочей смены и при значительном стаже работы (больше 25 лет) приводит к патологическим изменениям $x_5=3$.

Используя эти признаки как базовые переменные в соответствии с рекомендациями [14, 17, 19, 20] были построены функции принадлежности $\mu_H(x_2), \mu_H(x_5), \mu_H(x_6), \mu_H(x_7), \mu_H(x_{11})$ и $\mu_H(x_{12})$ к классу ω_H «высокий риск заболеваний нервной системы».

В соответствии с рекомендациями [9, 11, 16, 17, 18] была построена нечеткая модель прогнозирования возникновения и развития нервных болезней от контакта человека с машиной (трактором):

$$UPE_H^*(p+1) = UPE_H^*(p) + \mu_H(x_{j+1}^*)[1 - UPE_H^*(p)], \quad (6)$$

где $UPE_H^*(1) = \mu_H(x_2^*); x_2^* = x_5; x_3^* = x_6; x_4^* = x_7; x_4^* = x_7; x_5^* = x_{11}; x_6^* = x_{12}; j=1, 2, \dots, 5$.

Учитывая, что существенным фактором риска по классу риск возникновения и развития заболеваний нервной системы является стаж работы с учетом рекомендаций [18, 20] была получена функция учета времени $\gamma_{EH}(t_p)$ с базовой переменной t_p – стаж работы.

Уверенность в появлении и развитии нервных болезней от контакта с трактором для выражений (1) и (2) с учетом рекомендаций [18, 20] и стажа работы определяется выражением:

$$UPE_H = \gamma_{EH}(t_p) \cdot UPE_H^*, \quad (7)$$

Для показателя UPI_H выражений (3) и (4) на экспертном уровне был определен следующий состав информативных признаков: прием лекарственных средств оказывающих вредное воздействие на нервную систему; прием алкоголя; болезни нервной системы у близких родственников; разбаланс энергетических характеристик меридианных биологически активных точек (БАТ), связанных с ситуацией болезни нервной системы (точки P9, G5, V43, V60, R9, VC7).

В соответствии с рекомендациями [16, 17, 18, 20] по этой группе признаков была синтезирована прогностическая модель вида:

$$UPI_H(q+1) = UPI_H(q) + R(q+1)[1 - UPI_H(q)], \quad (8)$$

где $UPI_H(1) = \mu_H(L_s); R(2) = \mu_H(AL); R(3) = \mu_H(Br); R(4) = UB_H; L_s$ – признак, описывающий условия приема лекарственных средств; AL – употребление алкоголя; Br – болезни нервной системы у близких

родственников; UB_H – уверенность в появлении и развитии заболеваний нервной системы, определяемой по энергетическим характеристикам БАТ в соответствии с рекомендациями [4, 8, 15, 26, 27].

С учетом того, что исследования проводились в относительно чистом экологическом регионе Курской области (Россия), составляющая $UPEK_\ell$ для выражений (1) и (2) не определялись.

При оценке уровня функционального резерва по описанной в работе методике по выражению (5), функция принадлежности $\mu_{ZH}(UF)$ имеет вид:

$$\mu_{ZH}(UF) = \begin{cases} 0, & \text{если } UF < 0,1 \\ 1,28UF - 0,13, & \text{если } 0,1 \leq UF < 0,8 \\ 0,9, & \text{если } UF \geq 0,8 \end{cases}$$

В ходе проведенных клинических испытаний на контрольных репрезентативных выборках по методике, описанной в работах [18, 20], было показано, что количество ошибочных прогнозов при использовании математических моделей типа (3) составляет 0,86, а при использовании модели (5) – 0,94.

Таким образом, одновременный учет эргономических факторов риска и функциональных резервов человеческого организма в рассмотренном примере позволяет увеличить качество прогноза на 8%.

Обсуждение

Надежность работы человеко-машинных систем во многом определяется эргономикой технических систем, которая в длительной перспективе может приводить к ухудшению функционального состояния и состояния здоровья человека-оператора.

Причем, имея соответствующий функциональный резерв, организм человека может значительно уменьшить вредное влияние не только от технических систем, с которыми он длительно контактирует, но и от других факторов окружающей среды (экологических факторов). В работе предложен метод синтеза гибридных нечетких решающих правил, позволяющий учитывать влияние разнородных факторов риска на организм человека с учетом его защитных свойств, оцениваемых через функциональный резерв.

На практическом примере (прогнозе возникновения и развития заболеваний нервной системы) показывается, что одновременный учет эргономических факторов риска и величины функционального резерва позволяет улучшить качество принимаемых решений о состоянии здоровья организма человека.

Заключение

В ходе проведенных исследований было показано, что при оценке влияния технических систем на состояние здоровья человека-оператора дополнительно к общепринятым медицинским признакам при синтезе прогностических и диагностических решающих правил целесообразно использовать показатели, характеризующие функциональный резерв организма.

На примере заболеваний нервной системы показано, что использование показателя функционального резерва позволяет на 8% улучшить прогноз появления и развития исследуемого заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (на примере водителей автобусов) / Р.М.Баевский, А.П.Берсенева, Е.Ю.Берсеньев, А.К. Ешманова// Физиология человека. 2009. - Т. 35. - № 1. - С. 41-51.
2. Бойцов, А.В. Применение теории измерения латентных переменных для формирования пространства информативных признаков в задачах оценки функционального состояния человека / А.В. Бойцов, Л.П. Лазурина, С.Н. Корневская, А.Н. Шуткин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – №6 (57). – С. 52-58.
3. Бойцова Е.А. Оценка уровня функциональных резервов организма на основе технологии мягких вычислений и модели Г. Раша / Е.А.Бойцова, А.Н.Шуткин, М.А. Магеровский// Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2015. Т. 14. № 3. С. 577-584.
4. Гадалов В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний / В.Н.Гадалов, Н.А.Корневский, В.Н.Снопков// Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 2. С. 515-521.
5. Емельянов С.Г. Прогнозирование степени тяжести развития ишемического процесса в сердце, головном мозге и нижних конечностях на основе нечетких моделей / С.Г.Емельянов, А.В.Быков, Н.А.Корневский// Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. - № 9. - С. 4-9.
6. Конева Л.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания

- человека [Текст] / Л.В.Конева, С.Н.Кореневская, С.В.Дегтярев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. Т.11.- №4.-2012.-С.993-1000.
7. Кореневская С.Н. Аппаратно-программный комплекс для психофизиологических исследований на базе платформы ANDROID с AFE-интерфейсом [Текст] / С.Н. Кореневская, Е.С. Шкатова, М.А. Магеровский, А.Н. Шуткин // Медицинская техника. 2016. - №5 - С. 24-27.
 8. Кореневский Н.А. Компьютерные системы ранней диагностики состояния организма методами рефлексологии. Министерство образования Российской Федерации. Новочеркасск, 2003.
 9. Кореневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. - №1 (289). – С. 33 – 35.
 10. Кореневский Н.А. Принципы и методы построения интерактивных систем диагностики и управления состоянием здоровья человека на основе полифункциональных моделей: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1993. – 32 с.
 11. Кореневский Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования / // Телекоммуникации. – 2006. - №6. – С. 25-31.
 12. Кореневский Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил на основе моделей системных взаимосвязей для решения задач прогнозирования и диагностики заболеваний /Н.А. Кореневский, М.В. Артеменко, В.Я. Проворотов, Л.А. Новикова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т.13. - №4. – С. 881 – 886.
 13. Кореневский Н.А. Оценка эргономичности транспортных средств на основе нечетких гибридных моделей / Н.А.Кореневский, А.А.Бурмака, Л.В.Стародубцева, С.А. Горбатенко // Биотехносфера. 2012. - № 1 (19). - С. 50-54.
 14. Кореневский Н.А. Прогнозирование и ранняя диагностика заболеваний сельскохозяйственных рабочих на основе нечеткой логики принятия решений // Н.А.Кореневский, Н.А.Коптева, Р.А.Крупчатников// Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. - Т. 4. - № 7. - С. 86-89.
 15. Кореневский Н.А. Энергоинформационные модели рефлексодиагностики / Н.А. Кореневский, Л.П. Лазурина // ОМЦП. Курск, 2000, 177 с.

16. Корневский, Н.А. Синтез коллективов гибридных нечётких моделей оценки состояния сложных систем / Н.А. Корневский, К.В. Разумова // Научноёмкие технологии, 2014. - Т.15. - №12. - С.31-40.
17. Корневский Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил для оценки состояния сложных систем по информации о геометрической структуре многомерных данных // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. - №7. – С. 128 – 136.
18. Корневский Н.А. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами на основе гетерогенных нечетких моделей / Корневский Н.А., Серебровкий В.И., Коптева Н.А., Говорухина Т.Н. // Курск, 2012. – 231 с.
19. Корневский Н.А. Метод синтеза гибридных нечетких моделей принятия решений по оценке состояния и управлению биотехническими системами/ Корневский Н.А., Серебровский В.В., Разумова К.В., Хрипина И.И. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2016. – № 9. – С. 68-74.
20. Корневский Н.А. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на гибридных интеллектуальных технологиях: монография / Н.А. Корневский, А.Н. Шуткин, С.А. Горбатенко, В.И. Серебровский. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 472 с.
21. Korenevskiy N.A., Shutkin A.N., Wojcova E.A., Dmitrieva V.V. Assessment and management of the State of Health Based on Rasch Models. // Biomedical Engineering March 2016. Vol 49. Iss 6. pp. 375-379.
22. Лукашов М.И. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидивов хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. - №5. – С.10-15.
23. Магеровский М.А., Позин А.О., Разумова К.В., Корневская Е.Н. Оценка функционального резерва организма по электрическим характеристикам точек акупунктуры // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 1 (18). С. 109-115.
24. Серегин С.П. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфарктов миокарда в реабилитационном периоде: монография / С.П. Серегин, О.Н. Воробьева, С.Н. Корневская [и др.] // Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – 166 с.

25. Серегин С.П. Синтез комбинированных нечетких решающих правил для прогнозирования послеоперационных осложнений в урологии / С.П. Серегин, С.Д. Долженков, С.Н. Корневская, Т.Н. Сапитонова // Известия Юго-Западного университета. Серия Управление вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. - №2-3. С. 293-297.
26. Al-Kasasbeh R. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision-making / R. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, N. Korenevskiy, F. Ionescou, A. Smith // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2013. Vol. 16 № 3. –P. 302-313.
27. Al-Kasasbeh R. Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic / R. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, N. Korenevskiy, A. Kuzmin, F. Ionescou // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2012. Vol. 15. –№ 7. – P. 681-689.
28. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskya and other // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – P. 143-154.
29. Al-Kasasbeh R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Heath on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – P. 581-592.
30. Korenevskiy N. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, F. Ionescou, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings Ser. "4th International Conference on Biomedical Engineering in Vietnam" 2013. С. 213-216.
31. Korenevskiy N.A. System for Studying Specific Features of Attention and Memory/ N. A. Korenevskiy, D. E. Skopin, R. T. Al Kasasbeh, A. A. Kuz'min // Biomedical Engineering Journal, Springer, New York, 2010. – Vol. 44. – No. 1. – P. 32-35.

N.A. Korenevskiy, S.N. Rodionova, T.N. Govorukhina,
M.A. Myasoedova

**FUZZY MODELS OF THE ESTIMATION OF THE LEVEL OF
ERGONOMICS OF TECHNICAL SYSTEMS AND ITS EFFECTS ON
THE STATE OF HEALTH OF A HUMAN OPERATOR TAKING INTO
ACCOUNT THE FUNCTIONAL RESERVE OF THE BODY**

Southwest state University, Kursk, Russia

The paper studies the impact of the ergonomics of technical systems on the emergence and development of occupational diseases of a human operator, taking into account the functional reserve of his body. In view of the complexity of the analytical description of the interaction mechanisms of the human-technical system, a methodology for the synthesis of hybrid fuzzy decision rules, focused on solving poorly formalizable problems, was chosen as the mathematical apparatus of research. In the framework of the chosen methodology, the individual estimates of the ergonomic level by basic indicators are averaged by the functions of the ergonomic level, which are aggregated into final decision rules. Evaluation of the impact of ergonomic level and other significant risk factors is carried out using the appropriate membership functions, which are aggregated into fuzzy models of forecasting and early diagnosis of occupational diseases. Using the example of diseases of the nervous system in drivers of Russian-made tractors, it has been shown that the simultaneous consideration of ergonomic risk factors and the size of the functional reserve with other significant endogenous and exogenous factors helps to improve the quality of decisions made about the health status of the human body. At the same time, confidence in the correctness of the prognosis and early diagnosis exceeds 0.86, which allows us to recommend the resulting decision-making models in the practice of occupational physicians.

Keywords: ergonomics, functional reserve, health status, membership functions, fuzzy logic, prediction, early diagnosis.

REFERENCES

1. Baevskij R.M. Ispol'zovanie principov donozologicheskoy diagnostiki dlya ocenki funkcional'nogo sostoyaniya organizma pri stressornyh vozdeystviyah (na primere voditelej avtobusov) / R.M. Baevskij, A.P. Berseneva, E.Y. Bersenev, A.K. Eshmanova// Fiziologiya cheloveka. 2009. - T. 35. - № 1. - S. 41-51.
2. Bojcov, A.V. Primenenie teorii izmereniya latentnyh peremennyh dlya formirovaniya prostranstva informativnyh priznakov v zadachah ocenki funkcional'nogo sostoyaniya cheloveka / A.V. Bojcov, L.P. Lazurina, S.N. Korenevskaya, A.N. SHutkin // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2014. – №6 (57). – S. 52-58.
3. Bojцова E.A. Ocenka urovnya funkcional'nyh rezervov organizma na osnove tekhnologii myagkih vychislenij i modeli G. Rasha / E.A. Bojцова, A.N. Shutkin, M.A. Magerovskij// Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2015. T. 14. № 3. S. 577-584.
4. Gadalov V.N. Matematicheskie modeli reflektornyh sistem organizma cheloveka i ih ispol'zovanie dlya prognozirovaniya i diagnostiki zabolevanij / V.N. Gadalov, N.A. Korenevskij, V.N. Snopkov// Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2012. T. 11. № 2. S. 515-521.
5. Emel'yanov S.G. Prognozirovanie stepeni tyazhesti razvitiya ishemicheskogo processa v serdce, golovnom mozge i nizhnih konechnostyah na osnove

- nechetkih modelej / S.G. Emel'yanov, A.V. Bykov, N.A. Korenevskij// Biomedicinskaya radioelektronika. 2016. - № 9. - S. 4-9.
6. Koneva L.V. Ocenka urovnya psioehmocional'nogo napryazheniya i utomleniya po pokazatelyam, harakterizuyushchim sostoyanie vnimaniya cheloveka [Tekst] / L.V. Koneva, S.N. Korenevskaya, S.V. Degtyarev //Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. T.11.-№4.-2012.- S.993-1000.
 7. Korenevskaya S.N. Apparatno-programmnyj kompleks dlya psihofiziologicheskikh issledovanij na baze platformy ANDROID c AFE-interfejsom [Tekst] / S.N. Korenevskaya, E.S. SHkatova, M.A. Magerovskij, A.N. SHutkin // Medicinskaya tekhnika. 2016. - №5 - S. 24-27.
 8. Korenevskij N.A. Komp'yuternye sistemy rannej diagnostiki sostoyaniya organizma metodami refleksologii. Ministerstvo obrazovaniya Rossijskoj Federacii. Novocherkassk, 2003.
 9. Korenevskij N.A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. – 2015. - №1 (289). – S. 33 – 35.
 10. Korenevskij N.A. Principy i metody postroeniya interaktivnyh sistem diagnostiki i upravleniya sostoyaniem zdorov'ya cheloveka na osnove polifunkcional'nyh modelej: avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Sankt-Peterburg, 1993. – 32 s.
 11. Korenevskij N.A. Proektirovanie sistem prinyatiya reshenij na nechetkih setevykh modelyah v zadachah medicinskoj diagnostiki i prognozirovaniya // Telekommunikacii. – 2006. - №6. – S. 25-31.
 12. Korenevskij N.A. Metod sinteza nechetkih reshayushchih pravil na osnove modelej sistemnyh vzaimosvyazej dlya resheniya zadach prognozirovaniya i diagnostiki zabolevanij /N.A. Korenevskij, M.V. Artemenko, V.YA. Provorotov, L.A. Novikova // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T.13. - №4. – S. 881 – 886.
 13. Korenevskij N.A. Ocenka ehrgonomichnosti transportnyh sredstv na osnove nechetkih gibridnyh modelej / N.A. Korenevskij, A.A. Burmaka, L.V. Starodubceva, S.A. Gorbatenko // Biotekhnosfera. 2012. - № 1 (19). - S. 50-54.
 14. Korenevskij N.A. Prognozirovanie i rannyyaya diagnostika zabolevanij sel'skohozyajstvennyh rabochih na osnove nechetkoj logiki prinyatiya reshenij // N.A. Korenevskij, N.A. Kopteva, R.A. Krupchatnikov// Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2008. - T. 4. - № 7. - S. 86-89.
 15. Korenevskij N.A. EHnergoinformacionnye modeli refleksodiagnostiki / N.A. Korenevskij, L.P. Lazurina // OMCP. Kursk, 2000, 177 s.

16. Korenevskij, N.A. Sintez kollektivov gibridnyh nechyotkih modelej ocenki sostoyaniya slozhnyh sistem / N.A. Korenevskij, K.V. Razumova // Naukoymkie tekhnologii, 2014. - T.15. - №12. - S.31-40.
17. Korenevskij N.A. Metod sinteza nechetkih reshayushchih pravil dlya ocenki sostoyaniya slozhnyh sistem po informacii o geometricheskoj strukture mnogomernyh dannyh // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2008. – Т. 4. - №7. – S. 128 – 136.
18. Korenevskij N.A. Prognozirovaniye i diagnostika zabolevanij vyzyvaemyh vrednymi proizvodstvennymi i ehkologicheskimi faktorami na osnove geterogennyh nechetkih modelej / Korenevskij N.A., Serebrovskij V.I., Kopteva N.A., Govoruhina T.N. // Kursk, 2012. – 231 s.
19. Korenevskij N.A. Metod sinteza gibridnyh nechetkih modelej prinyatiya reshenij po ocenke sostoyaniya i upravleniyu biotekhnicheskimi sistemami/ Korenevskij N.A., Serebrovskij V.V., Razumova K.V., Hripina I.I. // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2016. – № 9. – S. 68-74.
20. Korenevskij N.A. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N.A. Korenevskij, A.N. SHutkin, S.A. Gorbatenko, V.I. Serebrovskij. – Staryj Oskol: TNT, 2016. – 472 s.
21. Korenevskiy N.A., Shutkin A.N., Bojcova E.A., Dmitrieva V.V. Assessment and management of the State of Health Based on Rasch Models. // Biomedical Engineering March 2016. Vol 49. Iss 6. pp. 375-379.
22. Lukashov M.I. Opredeleniye urovnya dlitel'nogo fizicheskogo utomleniya kak faktora riska recidivov hronicheskikh zabolevanij / M.I. Lukashov, N.A. Korenevskij, A.V. Eremin, O.I. Filatova // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2009. - №5. – S.10-15.
23. Magerovskij M.A., Pozin A.O., Razumova K.V., Korenevskaya E.N. Ocenka funkcional'nogo rezerva organizma po ehlektricheskim harakteristikam toчек akupunktury // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 1 (18). S. 109-115.
24. Seregin S.P. Matematicheskie modeli prognozirovaniya i profilaktiki recidivov infarktov miokarda v reabilitacionnom periode: monografiya / S.P. Seregin, O.N. Vorob'eva, S.N. Korenevskaya [i dr.] // YUgo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – 166 s.
25. Seregin S.P. Sintez kombinirovannyh nechetkih reshayushchih pravil dlya prognozirovaniya posleoperacionnyh oslozhnenij v urologii / S.P. Seregin, S.D. Dolzhenkov, S.N. Korenevskaya, T.N. Sapitonova// Izvestiya YUgo-Zapadnogo universiteta. Seriya Upravlenie vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2012. - №2-3. S. 293-297.

26. Al-Kasasbeh R. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision-making / R. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, N. Korenevskiy, F. Ionescou, A. Smith // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2013. Vol. 16 № 3. –P. 302-313.
27. Al-Kasasbeh R. Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic / R. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, N. Korenevskiy, A. Kuzmin, F. Ionescou // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2012. Vol. 15. –№ 7. – P. 681-689.
28. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskya and other // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – P. 143-154.
29. Al-Kasasbeh R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Heath on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – P. 581-592.
30. Korenevskiy N. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, M. Alshamasin, F. Ionescou, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings Ser. "4th International Conference on Biomedical Engineering in Vietnam" 2013. S. 213-216.
31. Korenevskiy N.A. System for Studying Specific Features of Attention and Memory/ N. A. Korenevskiy, D. E. Skopin, R. T. Al Kasasbeh, A. A. Kuz'min// Biomedical Engineering Journal, Springer, New York, 2010. – Vol. 44. – No. 1. – P. 32-35.