УДК 681.5.015:371.693.4

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ

І. В. Колосов*, Г. В. Рудакова**
*ТОВ «Крюїнгова агенція Техмарін», **Херсонський національний технічний університет

Анотація: *Дослідження присвячені вирішенню проблеми підвищення ефективності процесу підготовки морських фахівців за рахунок застосування адаптивних методів планування процесу навчання з урахуванням стану особи, що навчається, з метою прискорення набуття належних професійних компетенцій. Запропоновано для оцінювання напруженості стану людини застосовувати вимірювання низки біофізичних параметрів. Наведено підхід щодо побудови системи підтримки прийняття рішень на основі використання апарату нечітких множин, що дозволяє своєчасно виявити критичні відхилення психофізіологічних параметрів оператора. Для підтвердження ефективності ідентифікації стану людини-оператора здійснено дослідження процесів ідентифікації при запропонованому методі за допомогою сучасних засобів комп'ютерного моделювання. Наведені результати моделювання системи нечіткого виводу для визначення стану оператора. Система дозволяє оптимізувати оцінювання рівня правильної роботи оператора та вирішити проблему забезпечення прийняття адекватних рішень.*

Ключові слова: *тренажерна підготовка, якість навчання, ідентифікація стану, людина-оператор, біофізичні параметри, нечітка логіка.*

METHODS OF TRAINING QUALITY CONTROL IN TRAINING ON THE SIMULATORS

I. Kolosov*, H. Rudakova**
*Techmarin Crewing Agency LLC, ** Kherson National Technical University

Abstract: *The research is devoted to solving the problem of improving the efficiency of the training of maritime specialists through the use of adaptive methods of planning the learning process taking into account the condition of the learner, in order to accelerate the acquisition of appropriate professional competencies. It is proposed to use measurements of a number of biophysical parameters to assess the intensity of the human state. An approach to building a decision support system based on the use of fuzzy sets is presented, which allows to detect critical deviations of psychophysiological parameters of the operator in a timely manner. To confirm the effectiveness of the identification of the state of the human operator, a study of the identification processes of the proposed method using modern computer simulation tools. The results of modeling the fuzzy inference system to determine the state of the operator are presented. The system allows to optimize the assessment of the level of proper operation of the operator and solve the problem of ensuring adequate decision-making.*

Keywords: *training, quality of training, identification of the state, human operator, biophysical parameters, fuzzy logic.*

У зв'язку з підвищенням вимог до рівня кваліфікації і необхідністю освоєння сучасних методів вирішення професійних завдань застосовують

системи професійної підготовки морських фахівців для оновлення теоретичних і практичних знань [1].

Особливістю тренажерної підготовки є відтворення реалістичних умов, в яких опиняється людина при виконанні своїх професійних обов’язків та мусить приймати рішення. У цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу [2]. Чим вище рівень компетентності (професійної підготовки) людини, тім нижче рівень напруженості її стану. При таких обставинах людина може швидше справлятися з більш складними завданнями.

Для визначення рівня професійної компетентності оцінюється якість та майстерність засвоєння знань, умінь та навичок, мотивація, активність та успішно виконані завдання з розв’язання практичного навчання. Навчальний контроль традиційно здійснюється у формі тестування під час практичних вправ.

Адаптивна система управління якістю навчання, яка будується на основі компетентнісного підходу, повинна складатися з трьох взаємопов’язаних модулів (рис. 1): підсистеми оцінки результатів діяльності оператора, підсистеми виявлення його психофізіологічного стану та підсистеми формування інтелектуального інформаційного середовища тренажера [3].

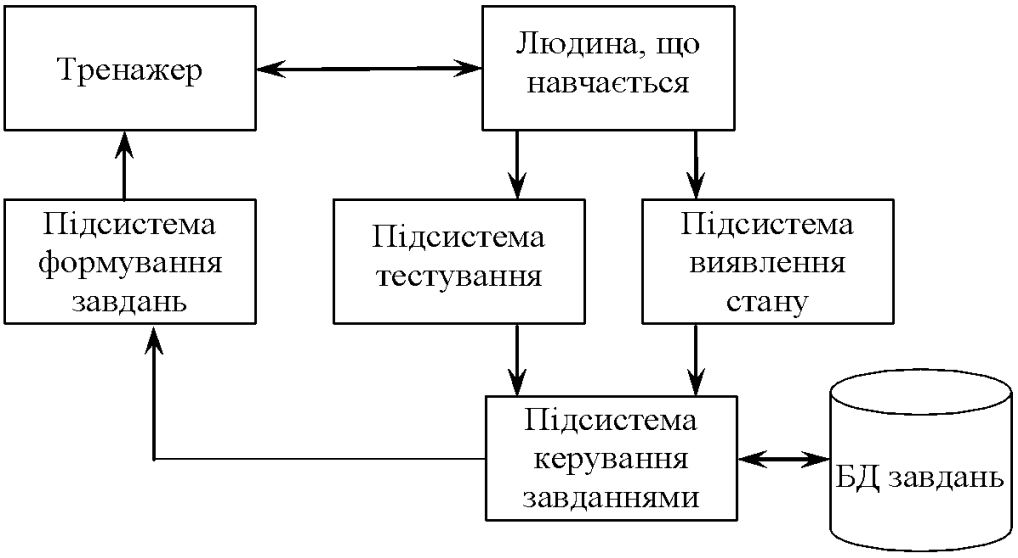


Рисунок 1 – Адаптивна система управління якістю навчання

Моніторинг навчального процесу необхідний для здійснення раціонального управління процесом тренажерної підготовки та формування індивідуальної траєкторії для підвищення ефективності навчання. Блок-схему алгоритму управління процесом навчання наведено на рис. 2.

Метою встановлення стресового стану людини є з'ясування його можливостей щодо забезпечення нормальної трудової діяльності в різних умовах. На практиці для оцінки стану людини використовують вимірювання

різних біофізичних параметрів, вихід за певні межі яких свідчить про зміну стану [4].

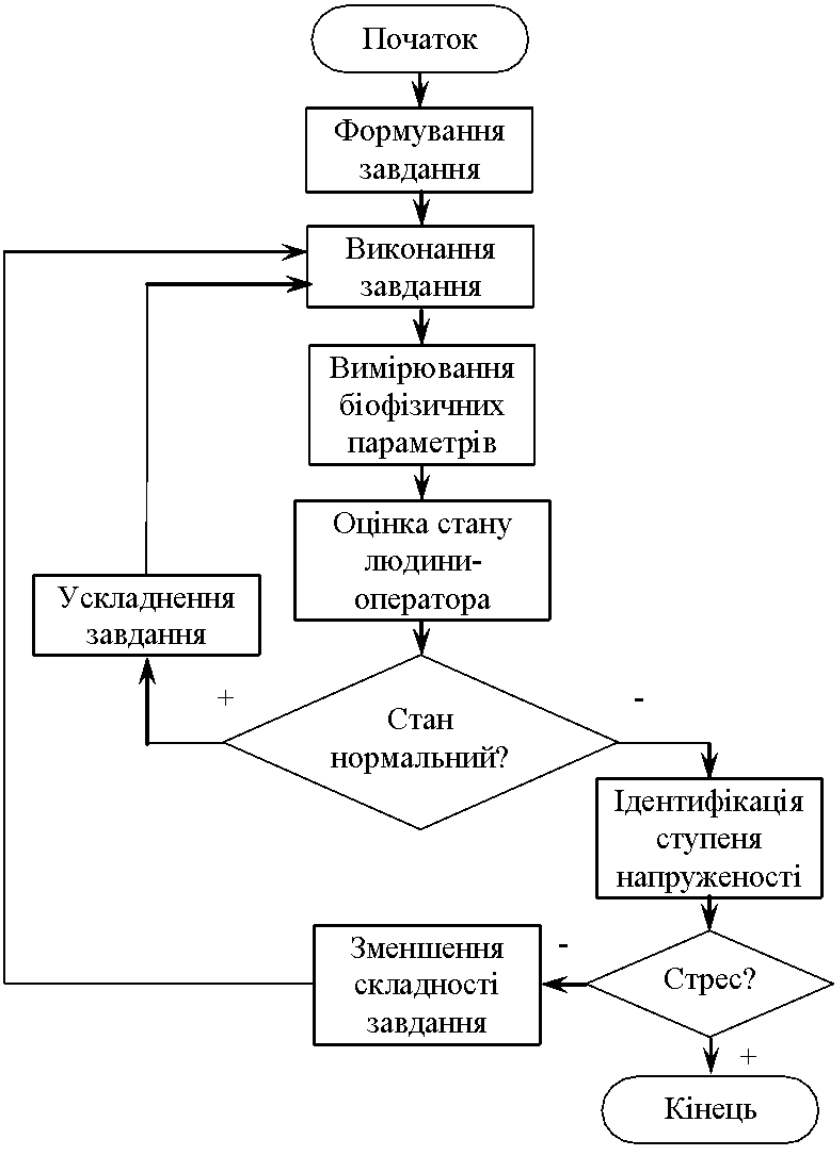


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму адаптивного управління процесом навчання

У структурі системи «людина-машина» визначення параметрів стану оператора можна здійснювати трьома датчиками, що реєструють температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевих скорочень. Дані з результатами вимірів повинні передаватися на пристрій попередньої обробки сигналів, а потім на персональний комп’ютер для ідентифікації стану оператора. Для обробки результатів вимірювань доцільно використовувати систему прийняття рішень щодо стану оператора, реалізовану з використанням апарату нечіткої логіки [5], що дозволяє своєчасно виявити критичні відхилення психофізіологічних параметрів оператора та адаптивно налаштувати навчальний процес.

Техніка нечіткої логіки є доцільною, коли в процесі роботи існує невизначеність стосовно інформації про елементи вектору стану системи, що

характерно для динамічних режимів роботи оператора, коли алгоритм дій та зовнішні впливи на об'єкт керування та людину є недетермінованими у часі та просторі [6].

Спираючись на алгоритм дій оператора та на чисельні дані з технічної документації, базу правил про стан оператора, лінгвістичні змінні формуються на основі нечітких множин наступним чином [6].

Обрані терм-множини вхідних нечітких лінгвістичних змінних та межі їхньої зміни запишемо у вигляді:

1) «температура тіла», $T_1 \in [34-38]$ °C,

$$T1 = \{\text{« низька», «середня», «висока»}\};$$

2) «рівень опору шкіри», $T_2 \in [100\ кОм,\ 2МОм]$,

$$T2 = \{\text{«низький», «середній», «високий»}\}.$$

3) «швидкість скорочення серця», $T_3 \in [30-150]\ \ ск/хв$,

$$T3 = \{\text{«низька», «середня», «висока»}\}.$$

Для терму $T1$ обмеження 38 °C означає максимально можливу допустиму при роботі температуру тіла, яка не повинна перевищувати даний показник; для терму $T2$ обмеження 2МОм означає максимальний рівень опору шкіри, який не може бути вище заданого.

Терм-множина вихідних нечітких лінгвістичних змінних буде одна, яка нестиме в собі висновок про роботу людини-оператора:

$$T4 = \{\text{«передстартовий стан», «стан впрацьовування», «оперативний спокій», «стан напруження»}\}.$$

Терм-множини нечітких лінгвістичних змінних системи нечіткого виводу для ідентифікації стану оператора наведено в таблиці 1.

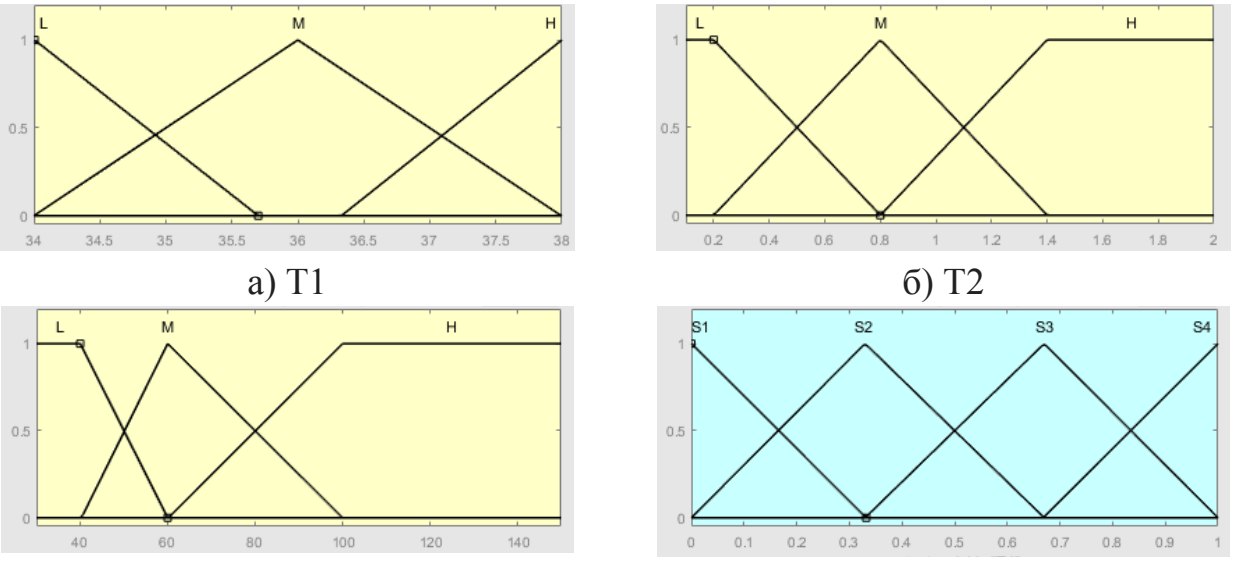
Таблиця 1 – Терм-множини вхідних нечітких змінних

Терм-множина		Опис	Значення
Вхідні змінні	$T1_i$	«температура тіла»	{«низька»,«середня», «висока»}
	$T2_j$	«рівень опору шкіряних покривів»	{«низький», «середній», «високий»}
	$T3_i$	«швидкість скорочень серця»	{«низька», «середня», «висока»}
Вихідна змінна $T4_{ij}$		«визначення стану оператора під час роботи»	{«передстартовий стан», «стан впрацьовування», «оперативний спокій», «стан напруження»}

На рис. 3 наведено функції належності для кожного терму кожної нечіткої змінної.

На рисунку 3 позначено: L – низький рівень; M – середній рівень; H – високий рівень; S1 – передстартовий стан; S2 – стан впрацьовування; S3 – оперативний спокій; S4 – стан напруження.

Логічні правила-продукції нечіткої моделі для визначення стану оператора (терму $T4_{ij}$) наведено в табл. 2.



а) T1 б) T2

в) T3 г) T4

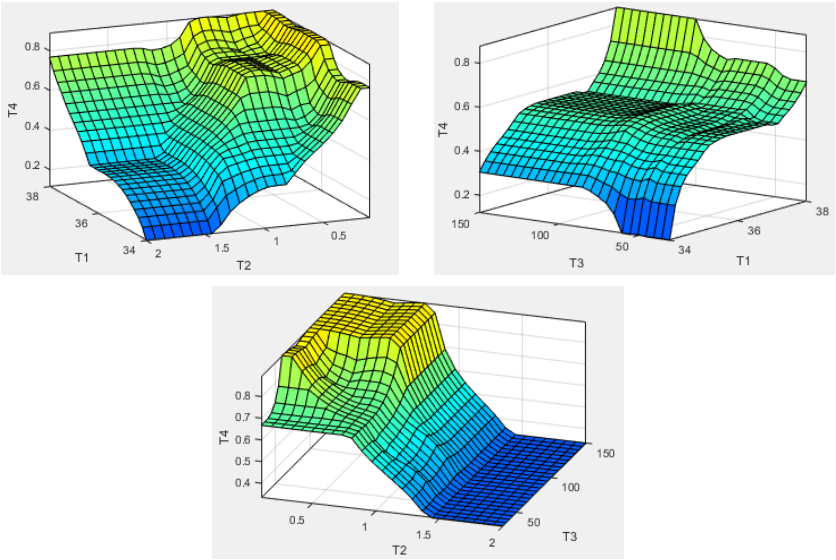
Рисунок 3 – Функції належності лінгвістичних змінних

Таблиця 2 – База правил для визначення вихідної змінної $T4_{ij}$

$T1_i$		L			M			H		
$T2_j$		L	M	H	L	M	H	L	M	H
$T3_i$	L	S2	S1	S1	S3	S3	S2	S4	S3	S3
	M	S3	S1	S1	S4	S3	S2	S4	S4	S3
	H	S4	S2	S1	S4	S4	S2	S4	S4	S4

Використовуючи нечітку модель із запропонованою базою правил можливо підвищити ефективність процесу ідентифікації для визначення стану оператора. Для підтвердження ефективності ідентифікації стану людини-оператора здійснено дослідження процесів ідентифікації при запропонованому методі за допомогою сучасних засобів комп’ютерного моделювання в середовищі Matlab [7]. Результати моделювання системи нечіткого виводу для ідентифікації стану людини-оператора наведено на рис. 4 та 5.

Логічний вивід здійснюється шляхом агрегування і акумуляції всіх правил (формування результуючої функції для кожної змінної окремо) [6]. Поверхні рішень, що відповідають визначеним функціям належності та розробленій базі правил, наведено на рис. 4.



а) відносно T1 і T2 б) відносно T1 і T3 в) відносно T2 і T3

Рисунок 4 – Поверхні рішень моделі нечіткого виводу **для вихідної змінної** $T4_{ij}$

Приклад розрахунку нечіткої змінної T4 наведено на рис. 5.

Тут розглядається випадок, коли

- температура тіла T1 = 37 ºC;
- рівень опору шкіряних покривів T2 = 0,6 МОм;
- швидкість скорочень серця T3=100 ск/хв.

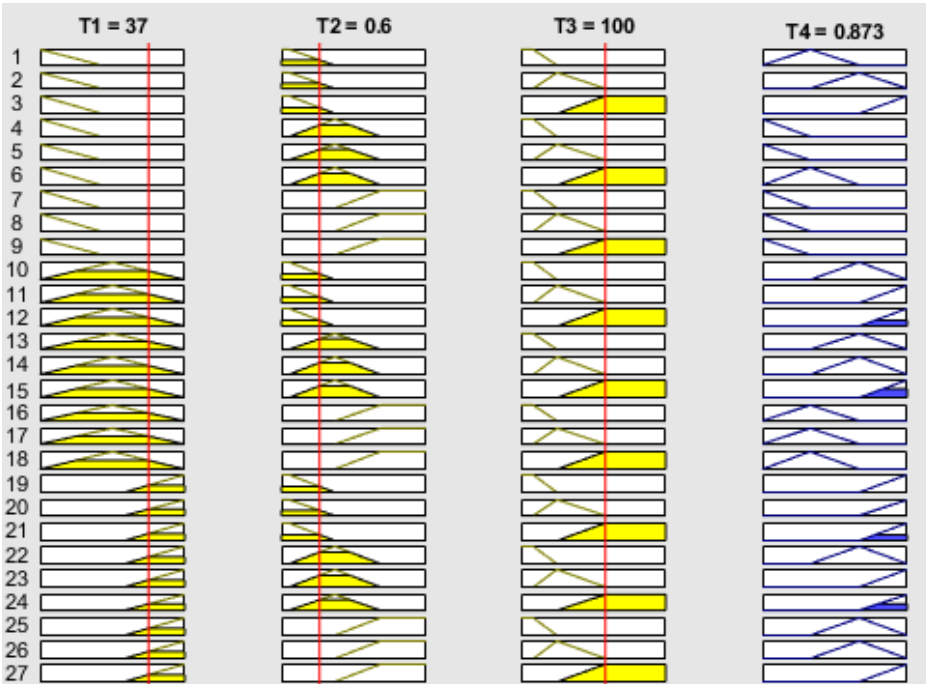


Рисунок 5 – Приклад розрахунку нечіткої змінної T4

З результатів розрахунку видно, що коефіцієнт стану оператора під час роботи складає T4 = 0,87, що відповідає стану напруження.

Висновки. Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини під час виконання операцій різного характеру дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани, вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації та формувати індивідуальну траєкторію навчання.

В залежності від ступеня напруженості доцільно зменшувати складність завдань, що пропонуються для виконання під час навчання або взагалі зупинити процес тренування. Індивідуальна корекція підготовки фахівців сприяє усуненню помилкових дій, розвитку позитивних здібностей шляхом коригування складності завдань, підбору завдань, що відповідають спеціалізації навчання, і перерозподілу часу на їх виконання.

Використовуючи розроблену модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень із запропонованою базою правил для визначення стану людини-оператора можливо підвищити ефективність процесу ідентифікації. Така система, що дозволяє оптимізувати оцінювання рівня правильної роботи оператора та вирішити проблему адекватності прийняття рішень, повинна реалізовуватися з використанням мікроконтролерних засобів.

За допомогою наведеної системи ідентифікації особистого стану людини можливий відбір операторів, які мають менший ступінь впливу зовнішніх подразників та психологічних факторів на рівень кількості помилок, що допускаються.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, (STCW) Code. IMO, London, 2017. 378 p.
2. Гамаш Д. Л. Людський фактор та ергономіка (вступний курс) / Д. Л. Гамаш, П. І. Бідюк. – Київ: «Корнійчук», 2001. – 280 с.
3. Ivanov A., Lebedenko Yu., Kolosov I., “Electric Propulsion Ship’s Training Simulator Based on Intelligent system”. International scientific journal “Electronics and Control Systems”, 2019, No 2 (60), pp. 53–60. DOI: 10.18372/1990-5548.60.13815.
4. Бобков А. И., Далматов С. Б., Преснякова Г. В., Шашин Г. В. Принципы построения адаптивных аналоговых систем обучения и контроля знаний. Учеб. пособие. Л.: Лен. инст. авиац. приборостроения, 1987. 80 с.
5. Деменков Н. П. Нечеткое управление в технических системах. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. 200 с.
6. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: «Радіоаматор», 2008. 972 с.
7. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 343 с.

Колосов Ігор Володимирович *PhD, директор ТОВ «Крюїнгова агенція Техмарін», м. Одеса. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9572-587X; crew@techmarine.com.ua.*

Рудакова Ганна Володимирівна *д.т.н., професор, професор кафедри «Автоматизація, робототехніка і мехатроніка» Херсонського національного технічного університету. ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8053-4218; rudakovaanna25@gmail.com.*