

УДК 004.9

**Н. Б. Копытчук**, д-р техн. наук,  
**В. И. Передерий**, канд. техн. наук,  
**А. П. Еременко**

### НЕЧЕТКИЕ КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТИВНО–ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА

***Аннотация.** Представлены нечеткие иерархические реляционные когнитивные модели, отображающие влияние эргономических и психофизиологических факторов на принятие релевантных решений оперативно-диспетчерским персоналом. Применение данных моделей в информационных технологиях принятия решений позволит вырабатывать оптимальные альтернативы с учетом когнитивных характеристик лица, принимающего решения, и вследствие этого повысить эффективность функционирования автоматизированных систем.*

***Ключевые слова:** эргономические факторы, психофизиологические факторы, когнитивные модели, когнитивные характеристики, нечеткая модель, иерархическая структура, реляционная модель, принятие решений, функция принадлежности, генетические алгоритмы*

**N. Kopytchuk**, ScD.,  
**V. Peredery**, PhD.,  
**A. Eremenko**

### FUZZY COGNITIVE MODELS OF HUMAN OPERATORS AND DISPATCHERS DECISION SUPPORT

***Abstract.** The article exposes fuzzy hierarchical relational cognitive models, describing influence of ergonomical and psychological factors on relevance of decision making by human operators and dispatchers. Implementation of these models in decision support technologies would allow making optimal alternatives taking into account cognitive abilities of decision maker and that's way to improve efficiency of automation systems.*

***Keywords:** Ergonomical factors, psychological factors, cognitive models, cognitive parameters, fuzzy model, hierarchical structure, relational model, decision making, membership function, genetic algorithms*

**М. Б. Копитчук**, д-р техн. наук,  
**В. І. Передерій**, канд. техн. наук,  
**А. П. Єременко**

### НЕЧІТКІ КОГНІТИВНІ МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТИВНО–ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ

***Анотація.** Представлені нечіткі ієрархічні реляційні когнітивні моделі, які відображають вплив ергономічних і психофізіологічних факторів на прийняття релевантних рішень оперативно-диспетчерським персоналом. Застосування даних моделей у системах підтримки прийняття рішень дозволить формувати оптимальні альтернативи з урахуванням когнітивних характеристик особи, що приймає рішення і внаслідок цього підвищити ефективність функціонування автоматизованих систем.*

***Ключові слова:** ергономічні фактори, психофізіологічні фактори, когнітивні моделі, когнітивні характеристики, нечітка модель, ієрархічна структура, реляційна модель, прийняття рішень, функція належності, генетичні алгоритми*

#### **Введение**

В настоящее время при создании автоматизированных систем, работающих в реальном времени, на первый план выходят решение задач диспетчерского управления и поддержки принятия решений, а также наблюдение за процессами и явлениями техногенного и природного характера. Несмотря на то, что на процесс принятия решений значительное влияние оказывает человеческий фактор,

эффективность и качество управления зависят также и от того, насколько оперативно и своевременно будет получена необходимая и достоверная информация об объектах и процессах оперативно-диспетчерским персоналом (ОДП), на который и возлагаются функции по принятию решений в нештатных ситуациях.

В целом эти функции сводятся к восприятию информации в вербальной и визуальной форме, ее анализу, сравнению альтернатив и, в конечном итоге, к своевременному принятию адекватных решений в

© Копытчук Н.Б., Передерий В.И.,  
Еременко А.П., 2014

условиях неравномерной информационной нагрузки, ограниченности времени принятия решения и значительной ответственности за последствия ошибочных решений.

В частности, на примере систем электроэнергетики, анализ данных по аварийности в распределительных электрических сетях показывает, что доля аварий, произошедших по вине ОДП, составляет до 40 % [1, 2]. Это обуславливает актуальность исследований, направленных на совершенствование информационных технологий принятия решений с учетом когнитивных характеристик ОДП.

### **Анализ состояния проблемы**

В работах [1–3] рассмотрены вопросы создания информационных технологий для систем принятия решений оперативно-диспетчерским персоналом (ИТПР ОДП). При этом основное внимание уделяется выработке альтернатив принятия решений на основе имеющихся баз знаний, предоставлению ОДП необходимой для его работы информации, формированию оптимальной последовательности действий по ликвидации аварийных ситуаций.

Следует отметить, что в данных работах не рассматриваются свойства человека (диспетчера) как элемента автоматизированной системы, не учитываются условия его деятельности, когнитивные характеристики, что не позволяет реализовать эффективные ИТПР ОДП.

**Целью данной работы** является совершенствование ИТПР с учетом влияния внешних факторов на когнитивные характеристики ОДП.

Для достижения указанной цели разработана нечеткая когнитивная модель, отображающая изменение релевантности принимаемых решений при воздействии внешних факторов и изменении когнитивных характеристик ОДП.

Данная математическая модель позволяет оценить факторы, оказывающие наибольшее влияние на релевантность принимаемых решений, и, как следствие, корректировать полезность альтернатив с учетом когнитивных характеристик ОДП.

### **Постановка задачи**

Пусть выбор альтернатив принимаемых решений определяется критерием  $K$ , допускающим количественное представление. На значение данного критерия оказывают влияние следующие факторы:

а) контролируемые факторы, характеризующие технологический процесс,  $U_1, U_2, \dots, U_L$ , выбор которых задается ОДП;

б) неконтролируемые факторы, влияющие на когнитивное состояние ОДП при принятии решений в режиме реального времени  $t$ .

Данные факторы можно разделить на три подгруппы:

– известные детерминированные факторы  $D_1, D_2, \dots, D_P$ ;

– стохастические  $S_1, S_2, \dots, S_G$ , с известными законами распределений,

– неопределённые когнитивные  $N_1, N_2, \dots, N_Z$ , для которых известна только область допустимых значений.

Тогда, критерий оптимальности решения можно представить в виде:

$$K = K(U_1, U_2, \dots, U_L, D_1, D_2, \dots, D_P, S_1, S_2, \dots, S_G, N_1, N_2, \dots, N_Z, t)$$

Значения контролируемых факторов, как правило, ограничены [2], то есть, определены области допустимых значений  $\Omega_{U_1}, \Omega_{U_2}, \dots, \Omega_{U_L}$  факторов  $U_1, U_2, \dots, U_L$ . Аналогично могут быть ограничены и области возможных значений неконтролируемых факторов. Величины  $U, D, S, N$  в общем случае могут быть векторными.

Тогда задача принятия решений ОДП может быть сформулирована как поиск значений  $U_{1\text{опт}}, U_{2\text{опт}}, \dots, U_{L\text{опт}}$  из областей  $\Omega_{U_1}, \Omega_{U_2}, \dots, \Omega_{U_L}$ ; при заданных значениях и характеристиках факторов  $D_1, D_2, \dots, D_P, S_1, S_2, \dots, S_G$  с учётом когнитивных факторов  $N_1, N_2, \dots, N_Z$  при которых  $K \rightarrow \max$ .

### **Анализ факторов, влияющих на деятельность ОДП**

Деятельность ОДП преимущественно связана с принятием решений. Это отличает работу ОДП от работы оператора автоматизированных систем по поддержанию заданных значений величин или отслеживанию изменяющихся значений. Для оператора одной из наиболее важных характеристик деятельности является время реакции на изме-

нение внешней обстановки, тогда как для ОДП наиболее важным является выработка, и принятие релевантных решений в условиях реального времени. Таким образом, в качестве критерия  $K$  целесообразно использовать величину, отображающую как возможность ошибки при принятии решений, так и длительность выработки самого решения ОДП (она включает в себя длительность процессов анализа и опознавания ситуации, сравнения альтернатив, выбора наилучшей из них и т.д.). Данная интегральная характеристика [6] определяет релевантность принятия решений.

Особое значение в деятельности ОДП по принятию решений имеют неконтролируемые факторы, которые можно разделить на две группы:

- 1) эргономические факторы;
- 2) факторы, определяемые когнитивным состоянием ОДП.

В первую группу факторов следует отнести следующие:

- длительность работы  $T_w$ ;
- освещенность рабочего места  $L$ ;
- температура окружающей среды  $T$ ;
- поток информации, поступающей к ОДП  $I$ ;
- уровень шума  $N$ ;
- состояние технологического процесса

$F_a$ , в простейшем случае принимающее два значения: «норма» или «отказ». Эта величина может характеризовать масштаб аварии, вид аварии, режим работы и т.д.

Ко второй группе относятся факторы:

- утомленность  $T_r$ ;
- психологическая напряженность  $P_s$ ;
- информационный стресс  $I_s$ ;
- подготовленность;
- опыт работы;
- интуиция и т.д.

Особенность этих факторов заключается в их нечисловом характере, невозможности представления в виде действительного числа, а также зависимости этих факторов от факторов первой группы и от начального состояния ОДП перед рабочей сменой. Указанные зависимости носят индивидуальный характер, определяемый подготовленностью ОДП к работе, опытом и имеют нелинейный вид [2, 6].

Факторы второй группы непосредственно не определяют релевантность решений, а воздействуют на нее, определяя когнитивные характеристики (КХ) ОДП. Основной КХ является информационная пропускная способность (ИПС)  $I_a$ , определяющая способность ОДП преобразовывать поступающую информацию. Снижение ИПС до определенного порога приведет к пропуску важных сигналов, признаков аварийных ситуаций и т.д. Очевидно, что ИПС определяется состоянием утомления ОДП [2].

Второй КХ ОДП является концентрация внимания (КВ)  $S_a$ , позволяющая ОДП выделять среди потока информации признаки известных ОДП ситуаций и в соответствии с этим производить выбор альтернатив. В начальный момент развития стресса КВ усиливается, но затем при развитии дистресса ослабевает [2]. Изменение когнитивных характеристик приводит к изменению свойств принимаемого ОДП решения, в частности увеличивается возможность ошибки  $E_P$ , время принятия решения  $D_T$ , что в целом определяет его релевантность  $R$ .

Таким образом, связь между указанными группами факторов и их последствиями, а также релевантностью решения может быть представлена в следующем виде (рис. 1).

Для получения математической модели релевантности решений необходимо детализировать схему на рис. 1, отобразив связи между факторами, входящими в группы (рис. 2).

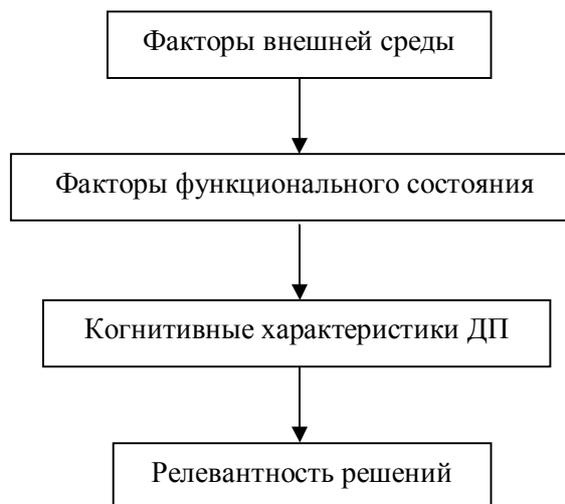


Рис. 1. Связь групп факторов

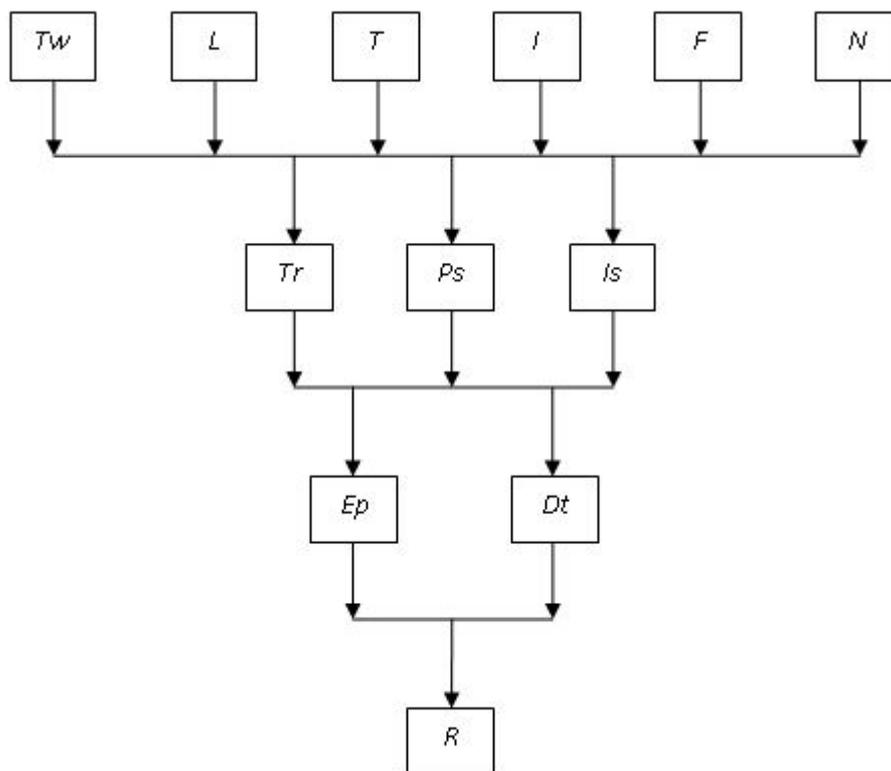


Рис. 2. Связь факторов

Особенность этой схемы заключается в том, что каждый блок-фактор оказывает непосредственное влияние на все блоки нижнего уровня [6].

### Когнитивная математическая модель принятия релевантных решений ОДП

При построении когнитивной модели необходимо учитывать особенности рассматриваемых величин: нечисловой характер и неопределенность [6, 7].

Для представления таких величин используются вероятностные модели, графы, нечеткие множества [8]. Поскольку нечисловой характер представленных выше величин обусловлен размытыми границами между понятиями, например «высокая» или «низкая» степень утомленности, целесообразно использовать для построения модели методы теории нечетких множеств [6, 7], в частности нечеткие иерархические реляционные модели (НИРМ). Их применение обосновано также зависимостью каждого фактора на рис. 2 от нескольких аргументов [9, 10],

например фактор  $Ep$  определяется значением факторов  $Tr, Ps, Is$ .

Использование когнитивной модели в форме НИРМ позволяет применять имеющиеся экспериментальные данные и экспертные оценки для построения модели.

Для ввода в модель разнородной информации необходимо представить все факторы схемы на рис. 2 в виде нечетких лингвистических переменных (НЛП):

$$X_i = \{X_{i1}, \mu_{i1}, X_{i2}, \mu_{i2}, \dots, X_{im}, \mu_{im}\} \quad (1)$$

где  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}$  – термы НЛП;  $\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{im}$  – значения функций принадлежности (ФП), определяемые по типовым формулам, в частности целесообразно использовать гауссову ФП вида [9]

$$\mu_{ij}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - \theta_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2}\right), \quad (2)$$

где  $\theta_{ij}, \sigma_{ij}$  – параметры ФП.

Для факторов рабочей среды могут быть использованы следующие термы НЛП [11] (табл. 1) К – комфортная, ОД – относи-

тельно дискомфортная, Э – экстремальная, СЭ – сверх экстремальная.

Значения параметров  $\theta_{ij}, \sigma_{ij}$  определяются таким образом, чтобы ФП соседних термов пересекались на уровне 0,5, что обозначает равную принадлежность значения обоим термам; максимум ФП соответствует середине интервала табл. 1.

Тогда

$$\theta_{ij} = \frac{x_{ijmin} + x_{ijmax}}{2}; \sigma_{ij} = \frac{x_{ijmax} - \theta_{ij}}{\sqrt{\ln 2}}, \quad (3)$$

где  $x_{ijmin}, x_{ijmax}$  – нижняя и верхняя границы терма по табл. 1. Параметры ФП термов представлены в табл. 2, а графики – на рисунках 3 и 6. Поскольку для некоторых термов определены по два интервала, введены обозначения, например ОД1, ОД2.

Структура НИРМ представлена на рис. 7.

### 1. Термы НЛП факторов рабочей среды

Фактор	К	ОД	Э	СЭ
Температура, °С	17...22	14...17; 22...29	7...14; 29...35	<7; >35
Шум, дБА	<1	1...5	5...10	>10
Освещенность, лк	<100	100...200	200...400	>400
Длительность, ч	1...8	<1, 8...12	12...16	>16

### 2. Параметры ФП для термов НЛП факторов рабочей среды

Фактор	Терм	$x_{min}$	$x_{max}$	$\theta_{ij}$	$\sigma_{ij}$
Температура	К	17	22	19,5	3,003
	ОД1	14	17	15,5	1,802
	ОД2	22	29	25,5	4,204
	Э1	7	14	10,5	4,204
	Э2	29	35	32	3,603
	СЭ1	0	7	3,5	4,204
	СЭ2	35	40	37,5	3,003
Шум	К	-3	1	-1	2,402
	ОД	1	5	3	2,402
	Э	5	10	7,5	3,003
	СЭ	10	15	12,5	3,003
Освещенность	К	50	100	75	30,028
	ОД	100	200	150	60,056
	Э	200	400	300	120,112
	СЭ	400	600	500	120,112
Длительность	К	1	8	4,5	4,204
	ОД1	0	1	0,5	0,601
	ОД2	8	12	10	2,402
	Э	12	16	14	2,402
	СЭ	16	20	18	2,402

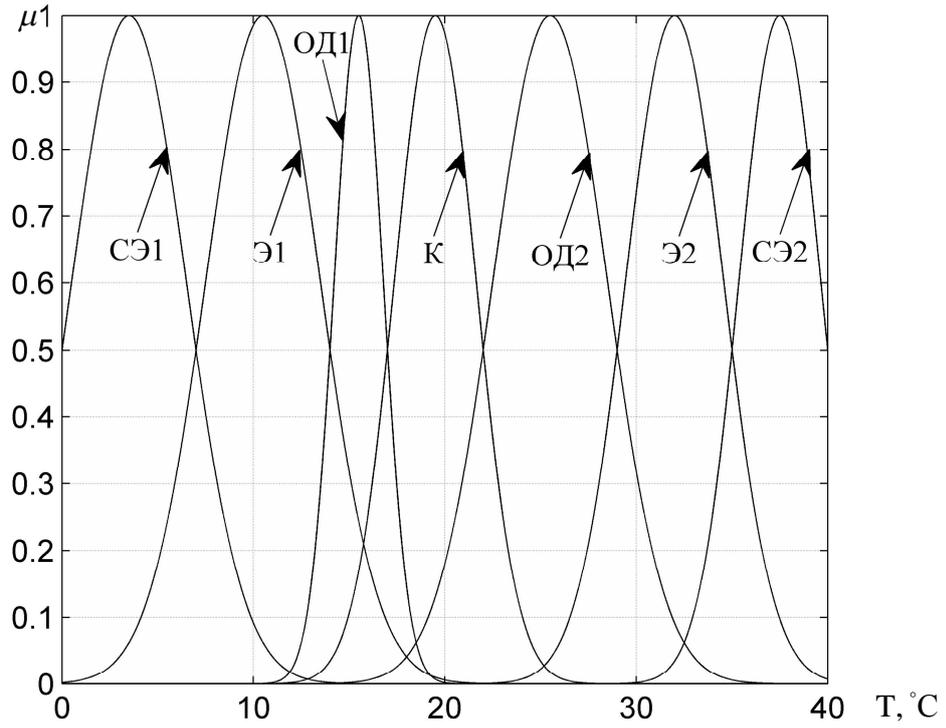


Рис. 3. Графики ФП НЛП «Температура»

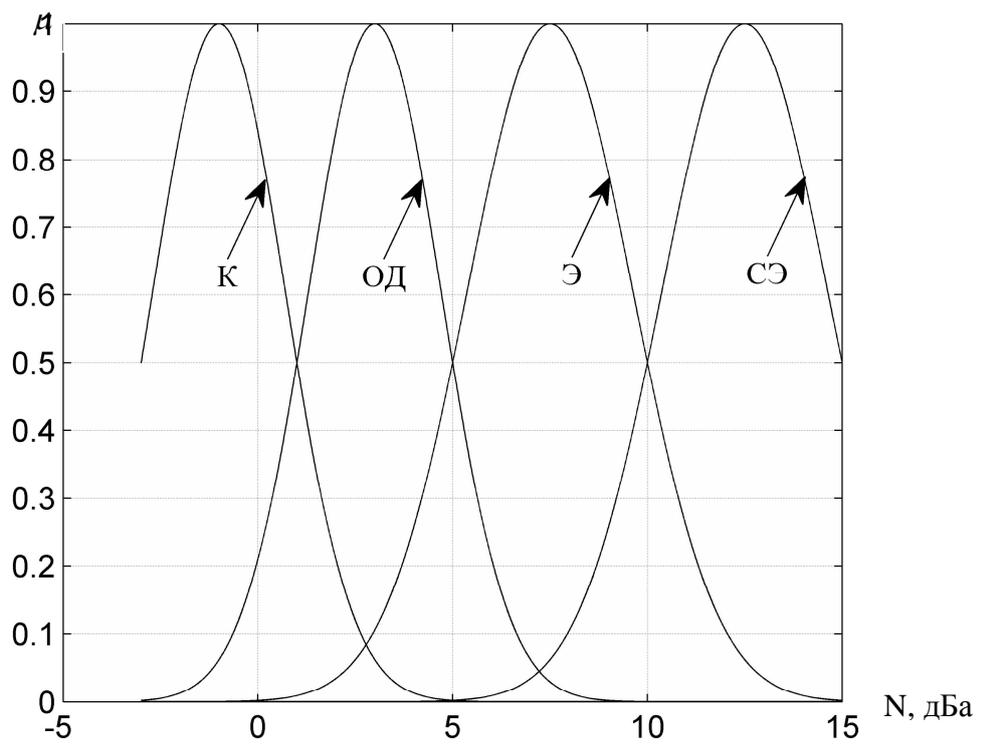


Рис. 4. Графики ФП НЛП «Шум»

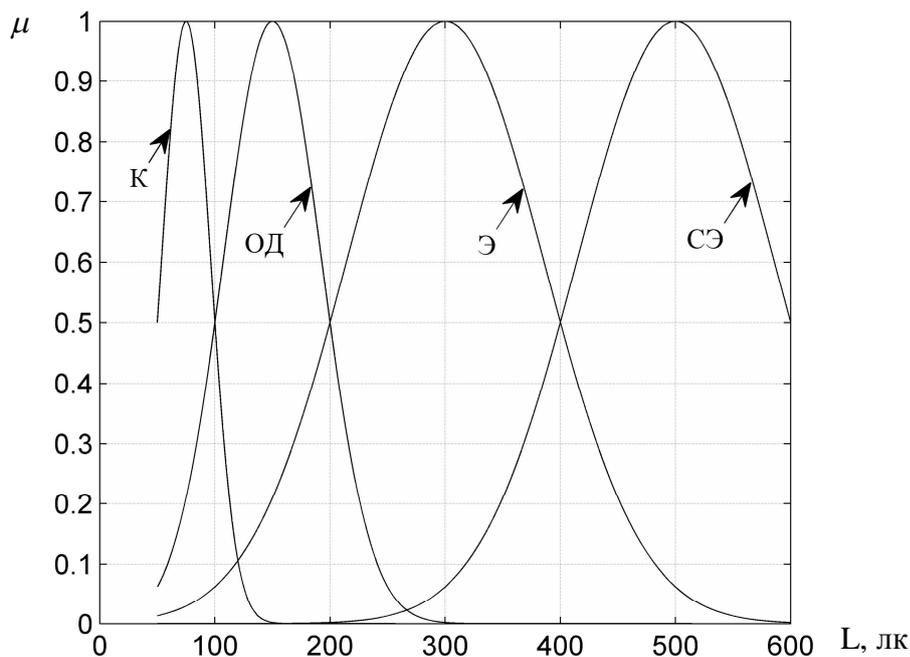


Рис. 5. Графики ФП НЛП «Освещенность»

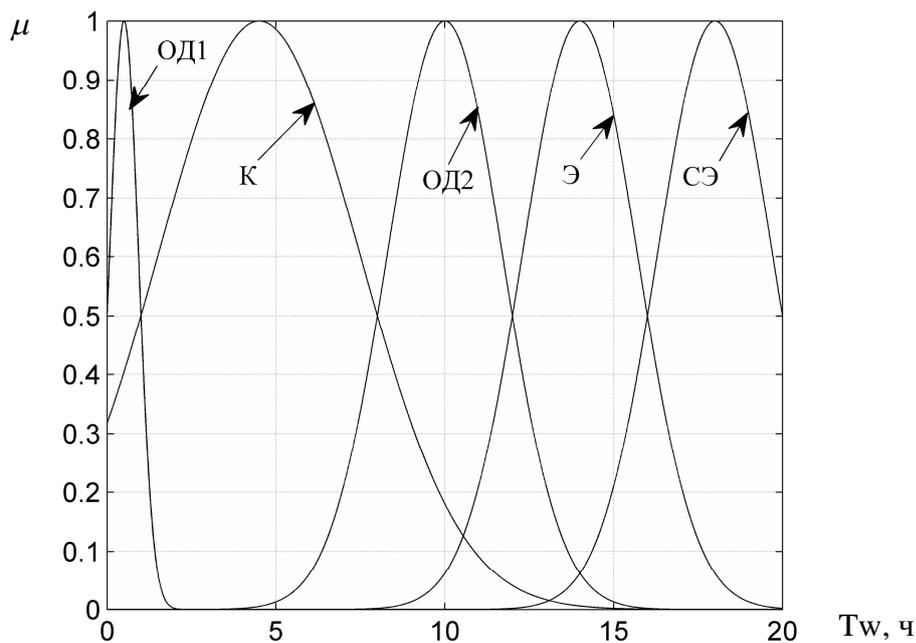


Рис. 6. Графики ФП НЛП «Длительность»

Переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  обозначают действительные значения факторов рабочей среды. Операторы  $F_1, F_2, \dots, F_n$  обозначают фазификацию входных переменных и применяются только на верхнем уровне модели для факторов рабочей среды, факторы последующих уровней представляются в виде

НЛП, при этом вектор  $\hat{Y}_{n-1}$  содержит значения ФП выходной переменной, а  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – значения ФП входных переменных. Переменные  $\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_{n-1}$  формируют иерархическую структуру модели, они являются вспомогательными.

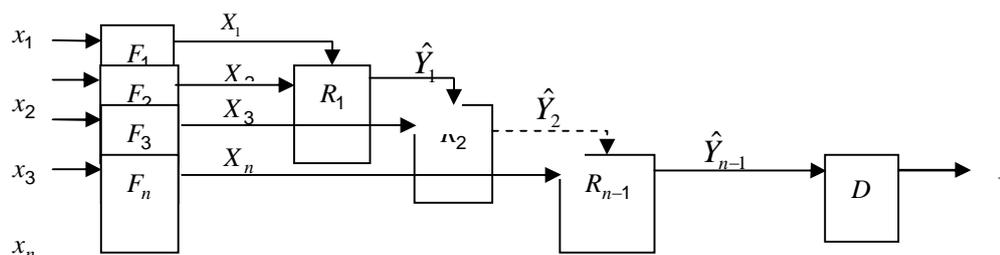


Рис. 7. Нечеткая иерархическая модель

Оператор  $D$  обозначает дефазификацию, его использование позволяет получать оценку релевантности в виде нормированного числа в диапазоне  $0 \dots 1$ . Для дефазификации целесообразно использовать операцию нахождения центра тяжести нечеткого множества COG. Нечеткие бинарные отношения  $R_i$  устанавливаются взаимосвязь между входами и выходом НИРМ и определяются по имеющимся экспериментальным данным или экспертным оценкам.

Данная НИРМ описывается формулой

$$\begin{cases} \hat{y} = D(\hat{Y}_{n-1}) \\ \hat{Y}_{n-1} = (\Psi_{n-1}^T R_{n-1})^T; \Psi_{n-1}^T = (X_n \otimes \hat{Y}_{n-2})^T; \\ \hat{Y}_{n-2} = (\Psi_{n-2}^T R_{n-2})^T; \Psi_{n-2}^T = (X_{n-1} \otimes \hat{Y}_{n-3})^T; \\ \dots \\ \hat{Y}_1 = (\Psi_1^T R_1)^T; \Psi_1^T = (X_2 \otimes X_1)^T, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\otimes$  – обозначает произведение Кронекера.

Для определения релевантного решения необходимо максимизировать критерий  $K$ . Решение данной задачи возможно с применением генетических алгоритмов, в которых используется кодирование возможных вариантов двоичными строками. Адаптация множества возможных вариантов (популяции) производится путем кроссовера в виде комбинации двоичных строк, разрывааемых в произвольно выбранной точке [12].

**Выводы.** Предлагаемые когнитивные модели принятия релевантных решений ОДП позволяют учитывать влияние факторов различной природы, в том числе и когнитивных. Применение данных моделей в ИТПР позволит повысить эффективность предлагаемых альтернатив, поскольку при этом учитываются как когнитивные характе-

ристики ОДП, так и условия внешней среды, в которых принимаются решения в реальном времени.

#### Список использованной литературы.

1. Парус С. В. Інформаційно-інтелектуальні системи для оперативного керування електроенергетичними об'єктами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 // Парус Євген Володимирович; НАН України, Ін-т електродинаміки. 30.11.2010. – К. : 2010. – 328 арк.

2. Алонцева Е. Н. Системный анализ деятельности операторов атомной станции в экстремальных условиях. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01, 19.00.03 // Алонцева Елена Николаевна; Обнинский государственный технический университет. 30.06.2006. – Обнинск: 2006. – 159 с.

3. Вороненко Д. И. Информационная система поддержки принятия решения при управлении региональными энергосистемами [Текст] / Д. И. Вороненко // Вестник НТУ «ХПИ». Энергетика, надежность та энерго-эффективність. – Харьков : – 2010, № 1. – С. 62 – 69.

4. Шеридан Т. Б. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел; пер. с англ.; под ред. К. В. Фролова. – М. : Машиностроение, 1980. – 400 с.

5. Человеческий фактор. В 6-ти т. Эргономические основы проектирования производственной среды: Пер. с англ. / Д. Джоунз, Д. Бродбент, Д. Е. Вассерман и др. – М. : Мир, 1991. –Т. 2. – 500 с.

6. Передерий В. И. Математические модели и алгоритмы определения релевантности принимаемых решений с учетом психо-

функциональных характеристик пользователей при управлении автоматизированными системами. [Текст] / В. И. Передерий, А. П. Еременко // *Автоматика. Автоматизация. Электротехнічні комплекси та системи.* – Херсон : – 2007, № 2. – С. 34 – 40.

7. Передерий В. И. Математические модели и алгоритмы принятия релевантных решений пользователями автоматизированных систем с учетом личностных и внешних факторов на базе генетических алгоритмов [Текст] / В. И. Передерий, А. П. Еременко // *Автоматика. Автоматизация. Электротехнічні комплекси та системи.* – Херсон : – 2008. – № 2. – С. 28 – 37.

8. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с

9. Ricardo J.G.B. Campello, and Wagner Caradori do Amaral. Hierarchical Fuzzy Relational Models: Linguistic Interpretation and Universal Approximation, (2006), *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 14, No. 3, pp. 446 – 453, doi: 10.1109/TFUZZ.2006.876365.

10. Koji Shimojima, Toshio Fukuda, and Yasuhisa Hasegawa. Self-tuning fuzzy Modeling with Adaptive Membership Function, Rules, and Hierarchical Structure Based on Genetic Algorithm, (1995), *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 71, pp. 295 – 309.

11. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.

12. Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования. / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с.

Получено 02.03.2014

#### References

1. Parus Je.V. Informacijno-intelektual'ni systemy dlja operativnogo keruvannja elektroenergetychnymy ob'ektamy [Information Intelligence Systems for Operative Control in Electric Power Systems], (2010), Thesis (PhD). *Electrodynamics Institute National Academy Of Sciences, Ukraine* (In Ukrainian)

2. Alontseva E.N. Sistemnyi analiz deyatel'nosti operatorov atomnoi stantsii v

ekstremal'nykh usloviyakh. [System Analysis of Atomic Power Plant Operators Activity in Extreme Conditions], (2006), Thesis (PhD). *State Technical University, Obninsk, Russian Federation* (In Russian).

3. Voronenko D.I. Informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya resheniya pri upravlenii regional'nymi energosistemami [Information System for Decision Support in Regional Power Systems Control], (2010), *Vestnik NTU «KhPI». Energetika, nadezhnost' ta energoeffektivnost' Publ.*, Khar'kov, Ukraine, No. 1, pp. 62 – 69 (In Russian).

4. Sheridan T.B., and Ferrel U.R. Sistemy chelovek-mashina: Modeli obrabotki informatsii, upravleniya i prinyatiya reshenii chelovekom-operatorom [Human-machine Systems: Models of Human Operator Information Processing, Control and Decision Making], (1980), *Mashinostroenie Publ.*, Moscow, Russian Federation, 400 p. (In Russian).

5. Dzhounz D., Brodbent D., and Vasserman D.E. Chelovecheskii faktor. T. 2. Ergonomicheskie osnovy proektirovaniya proizvodstvennoi sredy [Human Factor: V. 2 Ergonomic Design of Workspace], (1991), *Mir Publ.*, Moscow, Russian Federation, 500 p. (In Russian).

6. Perederii V.I., and Eremenko A.P. Matematicheskie modeli i algoritmy opredeleniya relevantnosti prinimaemykh reshenii s uchetom psikhofunksional'nykh kharakteristik pol'zovatelei pri upravlenii avtomatizirovannymi sistemami. [Mathematical Models and Algorithms for Decision Relevance Determination Taking into Account Psychological Factors in Automation Systems Control], (2007), *Avtomatika. Avtomatizatsiya. Elektrotekhnichni Kompleksi ta Sistemi Publ.*, Kherson, Ukraine, No. 2, pp. 34 – 40 (In Russian).

7. Perederii V.I., and Eremenko A.P. Matematicheskie modeli i algoritmy prinyatiya relevantnykh reshenii pol'zovatelyami avtomatizirovannykh sistem s uchetom lichnostnykh i vneshnikh faktorov na baze geneticheskikh algoritmov [Mathematical Models and Algorithms for Relevant Decision Making by Automation Systems Users with Personal and External Factors on the Basis of Genetic Algorithms], (2008), *Avtomatika. Avtomati-*

*zatsiya. Elektrotekhnichni kompleksi ta sistemi, Publ., Kherson, Ukraine, No. 2. pp. 28 – 37 (In Russian).*

8. Kofman A. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv [Introduction to Fuzzy Set Theory], (1982), *Radio i Svyaz' Publ.*, Moscow, Russian Federation, 432 p. (In Russian).

9. Ricardo J.G.B. Campello, and Wagner Caradori do Amaral. Hierarchical Fuzzy Relational Models: Linguistic Interpretation and Universal Approximation, (2006), *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 14, No. 3, pp. 446 – 453, doi: 10.1109/TFUZZ.2006.876365 (In English)

10. Koji Shimojima, Toshio Fukuda, and Yasuhisa Hasegawa. Self-tuning Fuzzy Modeling with Adaptive Membership Function, Rules, and Hierarchical Structure Based on Genetic Algorithm, (1995), *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 71, pp. 295 – 309 (In English).

11. Lomov B.F. Spravochnik po inzhenernoi psikhologii [Handbook on Engineering Psychology], 1982, *Mashinostroenie Publ.*, Moscow, Russian Federation, 368 p. (In Russian).

12. Emel'yanov V.V., Kureichik V. V., and Kureichik V.M. Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya. [Evolutionary Modelling: Theory and Practice], (2003), *FIZMATLIT Publ.*, Moscow, Russian Federation, 432 p. (In Russian).



Копытчук  
Николай Борисович,  
д-р техн. наук, профес-  
сор каф. компьютерных  
интеллектуальных сис-  
тем и сетей Одесского  
нац. политехн. ун-та,  
тел.: (067)4861023  
E-mail: knb47@mail.ru.



Передерий  
Виктор Иванович, канд.  
техн. наук, зав. кафед-  
рой компьютерных сис-  
тем и сетей Николаев-  
ского нац. ун-та им.  
В.А. Сухомлинского,  
тел.: (050)9516143  
E-mail: viper-  
kms@yandex.ua.



Еременко  
Андрей Петрович,  
ст. преподаватель Ни-  
колаевского нац. ун-та  
кораблестроения им.  
адм. Макарова,  
тел.: 0512-479250  
E-mail:  
anper2011@gmail.com.