УДК 303.725.36:004

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОСОБИ ЩО ПРИЙМАЄ РІШЕННЯ В УМОВАХ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ УПРАВЛІННІ СУДНОМ

Носов П. С., *к.т.н., доцент, інженер Херсонської державної морської академії, e-mail: pason@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5067-9766;*
Волошинов С. А., *к.пед.н., доцент, завідувач кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Херсонської державної морської академії, e-mail: ksma@ksma.ks.ua;*
Бень А. П., *к.т.н., доцент, проректор з науково-педагогічної роботи Херсонської державної морської академії, e-mail: ksma@ksma.ks.ua;*
Новиков А. В., *магістрант Национального університету кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв), e-mail: vertigogo@i.ua*

У статті розглядаються проблемні питання негативного прояву людського чинника на морському транспорті. Наукової гіпотезою в статті виступає зв'язок підвищеної суб'єктивної ентропії особи що приймає рішення і неадекватних рішень що тягнуть катастрофічні наслідки при управлінні судном. У статті пропонується ряд формальних залежностей заснованих на ентропійному підході, а також математична модель проявів суб'єктивної ентропії. У даній моделі передбачається застосування інтелектуальних інтерфейсів з метою попередження негативних наслідків шляхом ідентифікації суб'єктивної ентропії і впливу на її рівень. Основними елементами моделі виступають альтернативи прийняття рішень і чинники що впливають на підвищення і зниження рівня суб'єктивної ентропії. Передбачається, що рівень підвищення суб'єктивної ентропії залежить від значень інформативності альтернатив. Наведено висновки про підходи впливу на суб'єктивну ентропію при виконанні суб'єктом посадових обов'язків.
Ключові слова: *моделювання, позаштатні ситуації, суб'єктивна ентропія, людський фактор.*

Вступ. Дослідження в області знаходження причин негативного прояву людського чинника при управлінні судном приводять до висновку, що некеровані одночасні потоки вхідної інформації впливають на підвищення суб'єктивної ентропії особи що приймає рішення (ОПР). Підвищення суб'єктивної ентропії перешкоджає адекватному сприйняттю ОПР ситуації, що в багатьох випадках призводить до катастрофічних наслідків [1]. Важливість відстеження рівня суб'єктивної ентропії в період її стрімкого зростання становить проблему через відсутність механізмів ідентифікації та інструментів впливу на неї, що вимагає розробки систем моделювання інтелектуальної діяльності ОПР [2–4].

При цьому збільшення одночасних потоків вхідних даних більш ніж 7–9 являє складність для навіть досвідченої ОПР в момент необхідності прийняття вірного і швидкого рішення [5]. Це пов'язано з тим, що у зв'язку із психологічними особливостями сприйняття інформації ОПР, виникає процес «гальмування» центральної нервової системи, що призводить до вкрай негативних наслідків у критичних ситуаціях [6].

Як правило, кожен інформаційний потік вносить альтернативу до прийняття рішення ОПР щодо поточного стану $\sigma_0 \overline{\in} S_a\big|_{\sigma_0}$. Таким чином, формується суб'єктивно-імовірнісна модель, що характеризується функцією переваги $\pi(\sigma_i)$ і імовірнісним розподілом альтернатив прийняття рішень $S_a\big|_{\sigma_0}$ розмірності N [7]. При цьому найбільш близькою є ентропія Больцмана, що має вигляд [8] (1):

$$H_\pi = -\sum_{i=1}^{N} \pi(\sigma_i) \ln \pi(\sigma_i);\ \ \sigma_i \in S_a\big|_{\sigma_0} \qquad (1)$$

Формальний опис ентропії Шенона [9, 10] не може бути використано в контексті даної статті через відсутність обробки інформації об'ємом в більш ніж одне повідомлення (потік).

Розгляд ентропійного підходу в практичному аспекті, де передбачається прийняття рішень ОПР як рішення задачі (проблемної ситуації) певного класу k, набуває вигляду [11] (2):

$$H_{\pi}^{N} = -\sum_{s=1}^{k} L_s \pi_{Ls} \ln \pi_{Ls} \left(k \in \overline{1, N} \right). \quad (2)$$

Піднімаючись на рівень вгору ієрархії проблемної ситуації, приймемо, що $\pi_s = L_s \pi_{Ls}$ – ідентифікація ОПР і перевага класу розв'язуваної задачі, тоді (3):

$$H_{\pi}^{k} = -\sum_{s=1}^{k} \pi_s \ln \pi_s - \sum_{s=1}^{k} \pi_s \ln L_s ; \sigma_i \in S_a \big|_{\sigma_0}. \quad (3)$$

де L_s – кількість альтернатив класу s.

З формули видно, що суб'єктивна ентропія ОПР, при заданому $k < N$ досягає максимуму якщо всі π_s рівнозначні між собою і дорівнюють $\frac{1}{k}$.

Як наслідок, $H_{\pi}^{k} = \frac{1}{k}\left(k \ln - \ln\left(L_1, L_2, ..., L_k\right)\right) = \ln k - \ln \sqrt[k]{L_1, L_2, ..., L_k}$.

Таким чином, наявність еквівалентних класів проблемних ситуацій, в яких хоча б одне $L_s > 1$ призводить до зменшення суб'єктивної ентропії ОПР.

Отже **метою** дослідження є: побудова формальної моделі взаємодії засобів інтелектуального інтерфейсу та проявів людського чинника ОПР в умовах позаштатних ситуацій на базі ентропійного підходу.

Рішення задачі. Із зазначеного формального опису ситуації відомо, що визначення ОПР пріоритету з класів розв'язуваних проблемних ситуацій або завдань в класі істотно знижує ймовірність прийняття необґрунтованих і неадекватних рішень.

Все зазначене дозволяє зробити висновок, що необхідність в ідентифікації моментів підвищення суб'єктивної ентропії і механізмів її зменшення є актуальним завданням.

При цьому виникає необхідність у створенні технічних засобів у вигляді інтелектуальних інтерфейсів що дозволять як ідентифікувати проблему так і вплинути на визначення ОПР пріоритету класу задач або безпосередньо завдання в класі. Однак складність процедури полягає в тому, що на даний момент відсутні засоби вирішення подібних завдань із достатньою достовірністю і результативністю практичного застосування.

Внаслідок вищевикладеного необхідно побудувати математичну модель взаємодії інтелектуального інтерфейсу і реакції ОПР в момент підвищеної суб'єктивної ентропії з метою попередження негативних проявів людського чинника на морському транспорті.

Побудова моделі. Нехай існує позаштатна ситуація з альтернативами прийняття рішень d. Кожна альтернатива характеризується відношенням до найбільш вірних дій O_d ЛПР, часткою переваг у виборі альтернативи pc_d і значенням інформативності v_d.

Нехай ε – частка факторів, що впливають на підвищення і зниження суб'єктивної ентропії, ε_{d+} та ε_{d-}, які адитивно впливають на прийняття рішення ОПР. При цьому підсумкове значення інформативності переваг ОПР становить $v_d = v_d + \varepsilon_{d+} - \varepsilon_{d-}$.

Передбачається, що рівень підвищення суб'єктивної ентропії ОПР ε^l, залежить від підсумкових значень інформативності альтернатив наступним чином (4):

$$\varepsilon^{l} = \frac{f(v_d)}{\sum_{k=0}^{N} f(v_{dk})}. \quad (4)$$

Функція перетворення $f(\cdot)$ невід'ємна і монотонно зростає на множині допустимих показників інформативності переваг ОПР.

При контролі за потоками інформації і методами їх представлення ОПР з боку інтелектуального інтерфейсу, частка альтернатив вірних дій залежить від інформативності наступних чином (5):

$$O(v) = \sum_{d=O}^{N} \left(O_d \left(\frac{\varepsilon f(v_d)}{\sum_{k=0}^{N} f(v_k) + (1-\varepsilon) pc_d} \right) \Bigg/ \sum_{d=1}^{N} \left(\frac{\varepsilon f(v_d)}{\sum_{k=0}^{N} f(v_k) + (1-\varepsilon) pc_d} \right) \right). \quad (5)$$

Нехай частка факторів, що впливають на зменшення і підвищення суб'єктивної ентропії ОПР рівнопропорційні, тоді $\varepsilon^{a}_{d+} \geq 0,\ \varepsilon^{a}_{d-} \geq 0$, при цьому ресурси інтелектуального інтерфейсу на активацію уваги ОПР щодо альтернатив прийняття рішень *d*, позначені W^{a}_{+}, W^{a}_{-}. Формально стратегія інтелектуального інтерфейсу визначається вектором $\varepsilon^{a} = \left(\varepsilon^{a}_{d+},\ \varepsilon^{a}_{d-}\ d = 1,..., N, W^{a}_{+}, W^{a}_{-}\right)$, що задовольняє наступним обмеженням (6):

$$\sum_{d=1}^{N} \varepsilon^{a}_{d+} = W^{a}_{+},\ \sum_{d=1}^{N} \varepsilon^{a}_{j-} = W^{a}_{-},\ W^{a}_{+} + \lambda W^{a}_{-} \leq W^{a}. \quad (6)$$

де λ показує відносний вплив суб'єктивної ентропії, W^{a} – загальний ресурс інтелектуального інтерфейсу, що витрачаються на вирішення проблемної ситуації.

Аналогічно, вплив суб'єктивної ентропії ОПР на ситуацію ψ визначається вектором $\varepsilon^{\psi} = \left(\varepsilon^{\psi}_{d+}, \varepsilon^{\psi}_{d-}, d = 1,..., W^{\psi}_{+}, W^{\psi}_{-}\right)$, який задовольняє обмеженням:

$$\sum_{d=1}^{N} \varepsilon^{\psi}_{d+} = W^{\psi}_{+},\ \sum_{d=1}^{N} \varepsilon^{\psi}_{d-} = W^{\psi}_{-},\ W^{\psi}_{+} + \lambda W^{\psi}_{-} \leq W^{\psi}. \quad (7)$$

Стратегії ε^{a} та ε^{ψ} визначають вектор ступені інформативності переваг $v\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right) = v + \varepsilon^{a}_{+} - \varepsilon^{a}_{-} + \varepsilon^{\psi}_{+} - \varepsilon^{\psi}_{-}$ і значення $O\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right)$.

Сформулюємо досліджувану оптимізаційну задачу:

1. При очікуваних проявах суб'єктивної ентропії для ОПР і фіксованих початкових W^{a}_{+}, W^{a}_{-} знайдемо оптимальну стратегію інтелектуального інтерфейсу, максимізує частку її результативних альтернатив прийняття рішень:

$$\varepsilon^{a^*}\left(\varepsilon^{\psi}\right) \to \max_{\varepsilon^{a}} O\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right). \quad (8)$$

Аналогічне завдання для суб'єктивної ентропії полягає в тому, щоб знайти:

$$\varepsilon^{\psi^*}\left(\varepsilon^{a}\right) \to \min_{\varepsilon^{\psi}} O\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right). \quad (9)$$

2. При фіксованих ресурсах $W^{a}_{+}, W^{a}_{-}, W^{\psi}_{+}, W^{\psi}_{-}$ знайти оптимальну максимінну і мінімаксну стратегії для інтелектуального інтерфейсу і проявів суб'єктивної ентропії ОПР:

$$\bar{\varepsilon}^{a} \to \max_{\varepsilon^{a}} \min_{\varepsilon^{o}} O\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right) = \varphi^{O}\left(B^{a}, B^{\psi}\right); \tag{10}$$

$$\bar{\varepsilon}^{\psi} \to \max_{\varepsilon^{\psi}} \min_{\varepsilon^{a}} O\left(\varepsilon^{a}, \varepsilon^{\psi}\right) = \varphi^{u}\left(B^{a}, B^{\psi}\right). \tag{11}$$

Якщо сідлових точок φ^{u} не існує, то слід дослідити ситуацію в змішаних стратегіях. В умовах ранньої діагностики, на етапах навчання з використанням комп'ютеризованих тренажерів, можлива побудова стратегії інтелектуального інтерфейсу що здатна мінімізувати ресурси на усунення негативних проявів людського чинника O^{*} на морському транспорті:

$$W^{au} = \min\left\{W^{a}\, \varphi^{u}(W^{a}, W^{\psi}) \geq O^{*}\right\}. \tag{12}$$

Під час дослідження цієї моделі, позначимо $P = (1-\varepsilon)\sum_{d=1}^{N} pc_{d}$ частку вільних альтернатив прийняття рішень у проблемній ситуації, $O^{c} = \dfrac{\sum_{d=1}^{N} O_{d}\, pc_{d}}{\sum_{d=1}^{N} pc_{d}}$ – середню стійкість альтернатив до проявів інтелектуального інтерфейсу, $m_{0} = \dfrac{Ol^{c}}{\varepsilon + p}$, $p_{0} = \dfrac{p}{p+\varepsilon}$, $m_{d} = \dfrac{\left(\varepsilon O_{d} + pO^{c}\right)}{\varepsilon + p}$ – модифіковану стратегію зниження негативних проявів людського чинника ОПР, $\vartheta = \sum_{d=1}^{N} f\left(v_{d}\right) + f\left(v_{0}\right)\cdot s_{0}$. Тоді функцію позитивного впливу інтелектуального інтерфейсу можна описати таким чином:

$$O(v) = \frac{\left(\sum_{d=1}^{N} f\left(v_{d}\right) m_{d} + f\left(v_{0}\right)\cdot m_{0}\right)}{\vartheta}. \tag{13}$$

Дана модель дозволяє впливати на прийняття рішень ОПР в умовах спонтанного підвищення рівня функціональної ентропії шляхом актуалізації уваги ОПР на альтернативних перевагах засобами інтелектуального інтерфейсу.

Основні результати та висновки з перспективами. Розглянуті у даній статті формальні підходи в моделюванні інтелектуальної діяльності ОПР в умовах критичного підвищення рівня суб'єктивної ентропії дозволять визначити вектор стабілізації в управлінні судном. Даний підхід передбачає наявність програмно апаратних засобів ідентифікації рівня підвищення суб'єктивної ентропії ОПР і механізмів підтримки та повернення на траєкторію результативних дій в умовах позаштатних ситуацій. Подальші дослідження будуть спрямовані на створення математичної моделі індивідуальних переваг ОПР, ґрунтуючись на статистичних даних в момент його підготовки на комп'ютеризованих тренажерах управління судном.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверічев І. М. Аналіз основних причин аварій на морському та річковому транспорті України / І. М. Аверічев // Водний транспорт. – 2013. – Вип. 3. – С. 100–103.

2. Косенко Ю. І., Носов П. С. Механізми ідентифікації та трансформації «знань» суб'єкта критичної інфраструктури // Інформаційні технології в освіті, науці та

виробництві : збірник наукових праць. – Вип. 3(4) – Одеса : Наука і техніка 2013. – С. 99–104.

3. Nosov P., Nosova I. Automated determination of student professional orientation // Proceeding of the Third International Conference «New Informational Technlogies in Education for All. ITEA-2008». – Kiев : Вид. дім «Академперіодика» НАН України, 2008. – С. 95–104.

4. Косенко Ю. І., Рослякова С. В., Носов П. С. Система ідентифікації функціональної ентропії суб'єкта критичної інфраструктури. // Сб. научных трудов по матер. МНПК «Современные направления теоретических и прикладных исследований» Том 8. Технические науки. – Одесса : Куприенко, 2013. – С. 50–54.

5. Крисилов В. А. Оценка сложных объектов – основной механизм при решении задач количественного обоснования решений [Текст] / В. А. Крисилов // Тр. Одес. политех. ун-та. – Одесса, 2003. – Вып. 1(19) – С. 102–106.

6. Бондар Г. О. Характеристика умов діяльності представників ризикованих професій [Електроний ресурс] / Г. О. Бондар // Сучасний соціокультурний простір 2010: Всеукр. наук-практ. інтернет-конф. – С. 142–151. (Режим доступу: http://intkon.org)

7. Касьянов В. А. Элементы субъективного анализа. – К. : НАУ, 2003. – 224 с.

8. Chakrabarti C.G., Chakrabarty I. Boltzmann entropy: Probability and informatijn. Rom. Journ. Phys., Vol. 52, Nos. 5–7, P. 559–564, Bucharest, 2007

9. Boltzmann L., Lectures on Gas Theory (English Translation), University of California, Berkeley, 1964.

10. Shannon C.F., Weaver W., Mathematical Theory of Communication, University of Illinois, Urbana, 1949.

11. Касьянов В.А. Субъективный анализ. – К. : НАУ, 2007. – 512 с.

REFERENCES

1. Averichev, I. M. (2013). Analiz osnovnykh prychyn avarii na morskomu ta richkovomu transporti Ukrainy. *Vodnyi transport, 3.* 100-103.

2. Kosenko, Yu.I. & Nosov, P.S. (2013) Mekhanizmy identyfikatsii ta transformatsii «znan» subiekta krytychnoi infrastruktury. *Informatsiini tekhnolohii v osviti, nautsi ta vyrobnytstvi*. 3(4) 99-104.

3. Nosov, P. & Nosova, I. (2008) Automated determination of student professional orientation // Proceeding of the Third International Conference. *New Informational Technlogies in Education for All*. Kyiv: Akademperiodyka NAN Ukrainy. 95-104.

4. Kosenko, Yu.I. & Rosliakova, S.V. & Nosov, P.S. (2013). Systema identyfikatsii funktsionalnoi entropii subiekta krytychnoi infrastruktury. *Sovremennie napravlenyia teoretycheskykh y prykladnikh yssledovanyi*. 8. 50-54.

5. Krysylov, V.A. (2003) Otsenka slozhnыkh obъektov – osnovnoi mekhanyzm pry reshenyy zadach kolychestvennoho obosnovanyia reshenyi. *Tr. Odes. polytekh. un-ta.* 1(19), 102-106.

6. Bondar, H.O. (2010) Kharakterystyka umov diialnosti predstavnykiv ryzykovanykh profesii. *Suchasnyi sotsiokulturnyi prostir*: Kyiv. 142-151.

7. Kasianov, V.A. (2003) *Elementi sub'ektyvnoho analyza*. Kyiv: NAU.

8. Chakrabarti C.G., Chakrabarty I. Boltzmann entropy: Probability and informatijn. Rom. Journ. Phys., Vol. 52, Nos. 5–7, P. 559–564, Bucharest, 2007

9. Boltzmann L., Lectures on Gas Theory (English Translation), University of California, Berkeley, 1964.

10. Shannon C.F., Weaver W., Mathematical Theory of Communication, University of Illinois, Urbana, 1949.

11. Kasianov, V.A. (2007) *Sub'ektyvniy analyz*. Kyiv: NAU.

Носов П. С., Волошинов С. А., Бень А. П., Новиков А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЦА ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВНЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ

В статье рассматриваются проблемные вопросы негативного проявления человеческого фактора на морском транспорте. Научной гипотезой в статье выступает связь повышенной субъективной энтропии лица принимающего решения и неадекватных решений влекущих катастрофические последствия при управлении судном. В статье предлагается ряд формальных зависимостей основанных на энтропийном подходе, а также математическая модель проявлений субъективной энтропии. В данной модели предполагается применение интеллектуальных интерфейсов с целью предупреждения негативных последствий путем идентификации субъективной энтропии и влияния на ее уровень. Основными элементами модели выступаю альтернативами принятия решений и факторы влияющие на повышение и понижение уровня субъективной энтропии. Предполагается, что уровень повышения субъективной энтропии зависит от значений информативности альтернатив. Приведены выводы о подходах влияния на субъективную энтропию при выполнении субъектом должностных обязанностей.

Ключевые слова: *моделирование, внештатные ситуации, субъективная энтропия, человеческий фактор.*

Nosov P. S., Voloshinov S. A., Ben A. P., Novikov A. V. MODELING OF INTELLECTUAL ACTIVITY OF THE PERSON MAKING THE DECISION IN THE CONDITIONS OF EXTRAORDINARY SITUATIONS AT SHIP MANAGEMENT

The article deals with the problematic issues of the negative manifestation of the human factor in maritime transport. The scientific hypothesis in the article is the connection of the higher subjective entropy of the person making the decision and inadequate decisions that lead to catastrophic consequences in the management of the ship. The article proposes a number of formal dependencies based on the entropy approach, as well as a mathematical model of manifestations of subjective entropy. In this model, the use of intelligent interfaces is supposed to prevent negative consequences by identifying subjective entropy and influencing its level. The main elements of the model are alternatives to decision-making and factors that affect the rise and fall of subjective entropy. It is assumed that the level of increase in subjective entropy depends on the final values of the informative nature of the alternatives. Conclusions are made about the approaches to influence on subjective entropy when the subject performs official duties.

Keywords: modeling, extraordinary situations, subjective entropy, human factor.

© Носов П. С., Волошинов С. А., Бень А. П., Новиков А. В.

Статтю прийнято
до редакції 14.12.17