

## ОДИН ІЗ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

к.т.н. Д.П. Лабенко, О.Д. Лабенко  
(подав д.т.н., проф. Є.І. Бобир)

*Розглядається один із підходів до оцінки основного показника стійкості автоматизованих систем управління – імовірність функціонування системи із заданою якістю в умовах впливу на її елементи.*

**Постановка проблеми.** При виборі раціонального варіанта побудови системи управління воєнного призначення необхідно враховувати багато властивостей як самої системи взагалі, так і її ланок (елементів). Єдиного підходу до вирішення цієї проблеми практично не існує. Одним із основних показників, на нашу думку, є стійкість системи управління до засобів впливу противника.

**Аналіз літератури.** Даній проблемі присвячено досить багато публікацій. Більшість із них обґрунтовують показники системи взагалі [1]. В [2] обґрунтовується необхідність і визначаються основні напрямки підвищення стійкості системи управління корпусу ППО в умовах застосування противником високоточної зброї. Показана можливість реалізації варіантного методу оптимізації стійкості ланки управління із застосуванням теорії ігор. У [3] розглядається варіантний метод оптимізації стійкості ланки управління. В якості показника взята вартість одиниці ефективності ланки управління із врахуванням її стійкості і ефективність ланки управління із врахуванням її стійкості, що приходиться на одиницю вартості. Взагалі мало звертається уваги на окремі показники, які є визначальними. Зокрема, стійкість автоматизованих систем управління до вогневого і радіоелектронного впливу противника досліджена недостатньо, що і є **метою** даної статті.

**Основний текст.** Усі соціальні явища, в тому числі й збройна боротьба, являють собою послідовність керованих процесів із визначеними запланованими цілями в масштабі відповідної структурної організації, яку прийнято називати системою управління (СУ). СУ – це упорядкована сукупність взаємозв'язаних і взаємодіючих елементів та підсистем, які складають єдине ціле, в цілях досягнення в процесі функціонування визначеного (заданого) результату. У воєнній сфері для вирішення задач управління створюю-

ються СУ воєнного призначення, які завжди відображають організаційно-штатну структуру військ в будь-якому масштабі і на усіх рівнях (рис. 1).

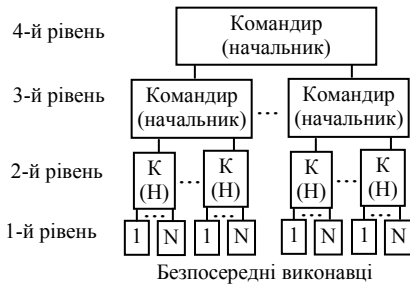


Рис. 1. Структура СУ військами

У найбільш загальному випадку під автоматизованою СУ (АСУ) розуміється система "людина – машина", яка забезпечує ефективне функціонування об'єкта, в якій збір і обробка інформації, необхідної для реалізації функцій управління, здійснюється із застосуванням засобів автоматизації і обчислювальної техніки. АСУ воєнного призначення призначені для підвищення оперативності управління

військами, досягнення обґрунтованості і оптимальності рішень, які приймаються, забезпечення якісного планування і контролю діяльності військ.

У відповідності до цього, основними функціональними властивостями АСУ є оперативність, стійкість, безперервність, скритність, якість. Розглянемо стійкість АСУ. Це – властивість системи забезпечувати вирішення задач обробки інформації і управління в умовах протидії противника та відмов її елементів. Стійкість є комплексним засобом системи, яка включає в себе живучість, завадозахищеність та надійність (рис. 2).

У якості основного показника стійкості АСУ доцільно вибрати імовірність функціонування системи (елемента) із заданою якістю в умовах вогневого і радіоелектронного впливу противника, а також відмов техніки і програмного забезпечення (ПЗ). Така система (елемент) складається із комплексу засобів автоматизації (технічних засобів) і обслуговуючого персоналу. Можна припустити, що події виходу із ладу елементів такої системи є незалежними і сумісними. Тоді імовірність функціонування будь-якого елемента в даній системі

$$P_{\Phi} = P_{\text{Ж}} \cdot P_{\text{РЕП}} \cdot K_{\Gamma},$$

де  $P_{\text{Ж}}$  – імовірність функціонування (живучість) засобу при нанесенні удару по системі (елементу);  $P_{\text{РЕП}}$  – імовірність функціонування засобу в умовах РЕП противника;  $K_{\Gamma}$  – імовірність працездатного стану системи.

Живучість елементів АСУ оцінюється імовірністю їх поразки

$$P_{\text{Ж}} = 1 - P_{\text{пор}}.$$

Імовірність поразки точечного об'єкта обчислюється як

$$P_{\text{пор}} = 1 - \exp\left(-n \cdot (0,23 \cdot (d - R_{\text{п}})) / E^2 \cdot n\right),$$

де  $R_{\text{п}}$  – радіус ураження боєприпасу;  $n$  – кількість боєприпасів;  $E$  – імовірне кругове відхилення боєприпасу;  $d$  – відстань об'єкта від точки прицілювання.

Імовірність ( $K_{\Gamma}$ ) того, що об'єкт буде в працездатному стані в довільний момент часу, крім плануємих періодів, під час яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається (регламентні роботи тощо) можна обчислити за формулою

$$K_{\Gamma} = T_o / T_v ,$$

де  $T_o$  – час напрацювання на відмову;  $T_v$  – середній час відновлення.

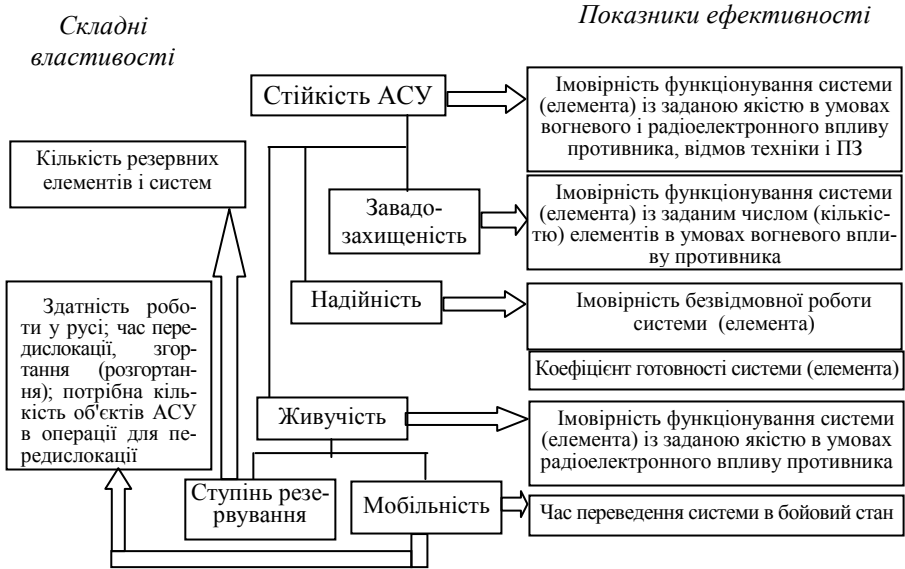


Рис. 2. Основні властивості стійкості АСУ

Аналогічно визначається стійкість функціонування інших елементів АСУ та всієї системи в цілому, при цьому необхідно враховувати, що імовірність вогневого ураження системи залежить також від розвідки і дорозвідки її противником, тобто

$$P_{\text{вог.уражсис}} = P_{\text{роз}} \cdot P_{\text{дороз}} .$$

**Висновки.** Для вибору напрямків розвитку перспективних зразків АСУ і модернізації (дослідження) існуючих бажано, в першу чергу, оцінити один із основних показників стійкості – ймовірність функціонування елемента системи (системи взагалі). На практиці це дозволить ще на ранньому етапі розробки, а також на етапі експлуатації, визначити доцільність застосування конкретної АСУ у відповідних органах управління. Для подальшого дослідження стійкості елементів АСУ доцільно також проводити дослідження на

базі інших показників: завадозахищеність, надійність, мобільність тощо.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алтухов П.К., Афонский И.А., Рыболовский И.В., Татарченко А.Е. *Основы теории управления войсками.* – М: Воениздат, 1984. – 221 с.
2. Ткачов В.В., Молодцов В.А., Лабенко Д.П., Войтович С.А. *Про необхідність підвищення стійкості системи управління корпусу ППО // Збірник наукових праць.* – Х.: ХВУ. – Вип. 1(31). – 2002. – С. 9 – 13.
3. Лабенко В.М. *Вибір раціонального варіанта побудови системи управління // Системи обробки інформації.* – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 3(19). – С. 70 – 72.

Надійшла 14.07.2003

*ЛАБЕНКО Дмитро Петрович*, канд. техн. наук, доцент, начальник НДВ наукового центру при ХВУ. У 1991 році закінчив ВРТА ППО. Область наукових інтересів – автоматизовані системи управління і обробки інформації.

*ЛАБЕНКО Олександр Дмитрович*, старший лаборант кафедри ХДМУ. У 2000 році закінчив ХДМУ. Область наукових інтересів – автоматизовані системи управління і обробки інформації.

---

УДК 519.8+519.72(06)

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ОБЪЕКТА

д.т.н., проф. В.М. Бильчук, Н.А. Александрикова

*Предложен метод оценки достоверности элемента информационного ресурса объекта, основанный на построении интервальных оценок множеств уровней нечетких подмножеств.*

**Постановка проблемы.** К задачам информационного противоборства до начала операции относятся задачи целенаправленного сбора, обработки информации об объектах стороны с противоположными интересами, прогнозирование текущей ситуации и принятие решения конкретного содержания. Прогнозирование и принятие решения строится на информации, полученной оперирующей стороной от различных источников информации, которые подвержены влиянию случайных природно-климатических факторов. Сбор информации ведется в условиях информационного противоборства: противо-

борствующая сторона сознательно противодействует действиям оперирующей стороны. Правильность оценки текущей ситуации и принятия решения зависит от достоверности информации, имеющейся у оперирующей стороны. В связи с этим возникает проблема количественной оценки достоверности информации, полученной оперирующей стороной. Оценка достоверности информации проводится в условиях нестохастической неопределенности.

**Анализ литературы.** В [1 – 2] рассматриваются подходы к оценке степени достоверности информации, ее влияния на прогнозирование текущей ситуации и принятия решения при четкой постановке задачи. В [3 – 4] описаны методы построения моделей прогнозирования и принятия решений при нечеткой постановке задачи. Для построения моделей используются понятия теории нечетких множеств и отношений, которые позволяют моделировать сложные, плохо определенные системы, неподдающиеся описанию в общепринятых количественных терминах. В [5] предложен метод, в котором применен эвристический подход определения количественной оценки достоверности информации, а значения нечетких переменных (НП) при различных уровнях значений функции принадлежности вычисляются, используя графическое представление функции принадлежности НП.

Изученные методы можно применить для решения нашей задачи, однако их использование приводит к тому, что на конечную оценку достоверности информации оказывает существенное влияние субъективное мнение экспертов. Эти методы сложно адаптировать для работы в автоматизированных системах управления процессом прогнозирования и принятия решения.

**Цель статьи.** Целью данной работы является разработка метода количественной оценки достоверности значения элемента информационного ресурса (ЭИР) объекта при нечеткой постановке задачи, основанного на построении интервальных оценок множеств уровней нечетких подмножеств, позволяющего сгладить расхождение мнений экспертов в оценке достоверности информации, используемой для прогнозирования текущей ситуации и принятия решения.

**Метод оценки достоверности значения элемента информационного ресурса объекта.** Под достоверностью информации принято понимать степень приближения соответствия между явлением или оригиналом объектом и его образом, заданным информацией, включенной в модельное описание явления или объекта [2]. Исходя из этого утверждения, будем понимать под достоверностью значения ЭИР объекта степень приближения соответствия между истинным значением ЭИР и значением, имеющимся у оперирующей стороны.

Для оценки текущей ситуации и принятия конкретного решения необходима информация об объектах конкурирующей стороны –  $R = \{R_k\}_{k=1}^K$ , где  $X_{R_k} = \{x_{R_k,n}\}_{n=1}^N$  – информационное обеспечение объекта  $R_k$  (совокупность значений объективных, независимых характеристик). ЭИР  $R_k$  объекта – значение  $n$ -й характеристики, полученной от источника информации. К источникам информации относятся: космическая, воздушная, техническая, агентурная разведки, средства массовой информации ( $u_q, q = \overline{1, Q}$ ). В силу того, что источники информации оснащены техническими средствами с различными тактико-техническими характеристиками, ЛПП относится с различной степенью доверия к полученному значению ЭИР объекта.

Введем в рассмотрение случайное событие  $I_{x_{R_k},n}^{u_q}$ , состоящее в том, что получено значение  $n$ -й характеристики  $R_k$  объекта от любого  $u_q$ -го источника информации. Тогда численной мерой степени достоверности данного ЭИР объекта будет вероятность события  $P\left(I_{x_{R_k},n}^{u_q}\right)$ .

Оценка вероятности достоверности полученного ЭИР объекта проводится в условиях нестохастической неопределенности. В сложившейся ситуации приемлемым подходом к оценке вероятности события  $I_{x_{R_k},n}^{u_q}$  является введение лингвистической переменной (ЛП):

$$\beta = \langle \text{"Значение вероятности достоверности события } I_{x_{R_k},n}^{u_q} \text{"} \rangle.$$

Терм-множество лингвистической переменной  $\beta$  для нашей задачи определено следующим образом:  $\alpha_1$  – "*малое*";  $\alpha_2$  – "*среднее*";  $\alpha_3$  – "*высокое*";  $\alpha_4$  – "*очень высокое*" значение вероятности достоверности события  $I_{x_{R_k},n}^{u_q}$ , где  $\alpha_m, m = \overline{1,4}$  – нечеткие переменные (НП).

Построим лингвистическую переменную  $\beta$  по методу, описанному в работе [6]. Нечеткие множества  $\tilde{C}(\alpha_m) = \left\{ \mu_{\tilde{C}(\alpha_m)}(x) / x \right\}, x \in X$  – множества  $X$  для каждой НП  $\alpha_m$  представлены в табл. 1.

Рассмотрим носитель нечеткого множества  $\tilde{C}_{\alpha_4}$  для правого крайнего термина –  $\alpha_4$ . По определению лингвистической переменной имеем, что  $\mu_{\tilde{C}_{\alpha_4}}(x_i) \geq \mu_{\tilde{C}_{\alpha_4}}(x_j)$  если  $i > j$ , т.е. функция принадлежности непрерывно

возрастает. Введем в рассмотрение  $A_\lambda^* = \left\{ x \mid \mu_{C_{\alpha_4}}(x) \geq \lambda, x \in X \right\}$  – множество  $\lambda$ -уровня (четкое подмножество множества  $X$ , которое содержит все элементы, степень принадлежности которых не менее, чем  $\lambda$ ). Если  $\lambda_2 > \lambda_1$ , то  $A_{\lambda_2}^* \in A_{\lambda_1}^*$ . Каждому нечеткому подмножеству  $\tilde{C}_{\alpha_m}$  можно поставить в соответствие набор уровневых множеств  $A_\lambda^*$ :

при  $\lambda_{j-1} \leq \lambda_j$  –  $A_\lambda^* = \{x_j, x_{j+1}, \dots, x_n\} = A_j^*, \forall j = \overline{1, n}, 0 \leq \lambda < 1$ ;

при  $\lambda = 1$  –  $A_\lambda^* = \emptyset$ .

Таблица 1

Значение лингвистической переменной при различных уровнях значений функции принадлежности

$T(\beta)$ $\mu_{\tilde{C}(\alpha)}$	$\alpha_1$ – "малое"	$\alpha_2$ – "среднее"	$\alpha_3$ – "высокое"	$\alpha_4$ – "очень высокое"
1	0,05	0,4	0,55	0,85
0,9	0,07	0,38 ÷ 0,42	0,53 ÷ 0,57	0,83
0,8	0,095	0,36 ÷ 0,45	0,51 ÷ 0,60	0,81
0,7	0,13	0,32 ÷ 0,48	0,47 ÷ 0,63	0,77
0,6	0,18	0,27 ÷ 0,53	0,42 ÷ 0,68	0,72
0,5	0,28	0,17 ÷ 0,63	0,32 ÷ 0,78	0,62

Согласно [7] опишем случайный эксперимент, в котором используется понятие уровневого множества. Пусть задано нечеткое множество  $A$  множества  $X$ . Случайным образом выбираем значение  $\lambda \in [0, 1]$ . Случайная величина  $\lambda$  имеет непрерывный закон распределения с плотностью распределения

$$f(\lambda) = \begin{cases} 1, & \text{если } \lambda \in [0; 1]; \\ 0, & \text{если } \lambda \notin [0; 1]. \end{cases}$$

Тогда вероятность того, что будет выбрано случайным образом уровневое множество  $A_j^*$ , равна

$$P(A_j^*) = P(\lambda_j < \lambda < \lambda_{j-1}) = \int_{\lambda_{j-1}}^{\lambda_j} f(\lambda) d\lambda = \lambda_j - \lambda_{j-1}. \quad (1)$$

Из выбранного уровневого множества  $A_j^*$  случайным образом выбираем элемент  $x_i$ . Вероятность выбора  $x_i$  элемента уровневого множества  $A_j^*$  равна

$$P\{\text{выбрать элемент } x_i | A_j^*\} = \begin{cases} 0, & x_i \notin A_j^* \\ 1/n_j, & x_i \in A_j^* \end{cases} \quad (2)$$

где  $n_j$  – число элементов в  $A_j^*$ . Тогда значение вероятности достоверности события  $I_{x_{R_k}, n}^{uq}$  определяется по формуле

$$P(x_i) = \sum_{j=1}^n P(x_i | A_j^*) \cdot P(A_j^*) \quad (3)$$

Преобразуем (3) учитывая (1–2). Получим формулы, позволяющие рассчитать вероятности выбора любого элемента  $x_i$  множества X:

$$P(x_1) = \frac{1}{n} \lambda_1, \quad P(x_i) = P(x_{i-1}) + \frac{1}{n-i} (\lambda_i - \lambda_{i-1}), \quad \forall i = \overline{2, n}. \quad (4)$$

Исходя из того, что информация об объектах стороны с противоположными интересами постоянно обновляется (процесс непрерывный), а источники информации подвержены влиянию случайных факторов, можно рассматривать процесс получения информации об объектах как эксперимент со случайным исходом. Тогда получение информации, вероятность степени достоверности которой соответствует терму  $\alpha_m$  со значением функции принадлежности равной  $\lambda_i$  можно рассматривать как случайное событие, а значение функции принадлежности  $\lambda_i$  как случайную величину, имеющую непрерывный закон распределения.

Учитывая вышесказанное, введем в рассмотрение случайное событие, состоящее в том, что будет выбрано значение вероятности достоверности информационного обеспечения  $n$ -й характеристики  $R_k$  объекта со значением функции принадлежности  $\lambda_i = P(x_i)$ .

Используя формулу (4) и данные из табл. 1, получим значения вероятности достоверности информации для любого терма  $\alpha_m$  с заданным значением  $\lambda_i$  функции принадлежности. Расчетные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные значения лингвистической переменной при различных уровнях значений функции принадлежности

$\Gamma(\beta)$ $\mu_{\tilde{C}(\alpha)}$	$\alpha_1$ – "малое"	$\alpha_2$ – "среднее"	$\alpha_3$ – "высокое"	$\alpha_4$ – "очень высокое"
0,96	0,055	0,39 ÷ 0,427	0,543 ÷ 0,557	0,843
0,85	0,08	0,37 ÷ 0,43	0,52 ÷ 0,58	0,82
0,76	0,105	0,345 ÷ 0,465	0,495 ÷ 0,605	0,795



0,67	0,138	$0,312 \div 0,488$	$0,462 \div 0,638$	0,762
0,53	0,213	$0,237 \div 0,538$	$0,387 \div 0,682$	0,687
0,51	0,223	$0,227 \div 0,573$	$0,377 \div 0,723$	0,677

**Выводы.** Приведенные формулы (4) данной статьи позволяют посчитать значение вероятности достоверности информационного обеспечения  $n$ -й характеристики  $R_k$  объекта для любого значения лингвистической переменной  $\beta$  при заданных уровнях значений функции принадлежности.

Предложенный метод сочетает в себе эвристический и математический подходы к оценке вероятности достоверности значения ЭИР объекта. Он является объективным и удобным средством вычисления (при реализации на ПЭВМ) и позволяет при правильно выбранной математической модели процесса обеспечить необходимую точность прогнозирования. Расчетные данные используются для дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. – М.: Сов. радио, 1964. – 387 с.
2. Кудрявцев А.М. Обработка разведывательной информации. – Л.: ВАС, 1989. – 332 с.
3. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
4. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
5. Адаменко А.А., Десятов О.В. Метод оценки достоверности информационного обеспечения оперирующей стороны в операции по нескольким источникам информации // Системи обробки інформації. – Вип. 4. – Х.: ХВУ, 2003. – С. 158 – 165.
6. Бильчук В.М., Александрикова Н.А., Десятов О.В., Николаева И.С. Метод оценки вероятности информационного обеспечения объектов источниками информации // Системи обробки інформації. – Вип. 6(22). – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – С. 158 – 165.
7. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

Поступила 16.07.2003

**БИЛЬЧУК Виктор Михайлович**, доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой ХВУ. В 1956 г. окончил ХВАИВУ, в 1967 г. – ХГУ. Область научных интересов – системный анализ эффективности функционирования сложных систем и операций.

**АЛЕКСАНДРИКОВА Наталья Анатольевна**, инженер-программист ХВУ. В 1978 году окончила ХИРЭ. Область научных интересов – системный анализ эффективности функционирования сложных систем и операций.