

Сергій Станіславович Гаценко (кандидат технічних наук)

Олег Володимирович Костенко

Віктор Петрович Кузьменко

Василь Михайлович Мазуренко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИКА РАНЖУВАННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ВІДОМОСТЕЙ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ВЕДЕННІ РОЗВІДКИ

В статті пропонується вирішення актуального наукового завдання розробки науково-методичного апарату ранжування джерел розвідувальних відомостей, які характеризують об'єкти розвідки при оцінці оперативної обстановки та радіоелектронної обстановки в інтересах планування розвідки. Ранг джерела розвідувальних відомостей розраховується з урахуванням його якісних і кількісних характеристик. Функціонування залежності рангу джерела розвідувальних відомостей від його розвідувальної цінності і ототожнюємих з ними радіоелектронною обстановкою реалізується нечіткою нейронною мережею. Результатом виконання процедури ранжування є введення на множині джерел розвідувальних відомостей що плануються, відношення порядку. Впорядкування множини джерел розвідувальних відомостей дозволяє формалізувати і вирішити завдання квазіоптимального розподілу засобів і сил розвідки.

Ключові слова: ранжування, джерела розвідувальних відомостей, об'єкт розвідки, планування розвідки, нечіткі множини, застосування сил і засобів розвідки.

Вступ

Результативність процесу функціонування сил і засобів розвідки визначається кількістю викритих об'єктів розвідки (ОР) через викриття функціонування радіоелектронних засобів (РЕЗ), радіотехнічних систем (РТС), які є джерелами розвідувальних відомостей (ДРВ) і якістю добутої про них розвідувальної інформації.

В свою чергу вказані показники залежать від ступеня відповідності результатів вирішення завдання планування застосування сил і засобів розвідки (СіЗР), у відповідності до умов радіоелектронної обстановки (РЕО).

Ключовою операцією, яка використовується при вирішенні завдання планування бойового застосування засобів розвідки є операція виявлення та розпізнавання ДРВ.

ДРВ, які виявляються засобами розвідки, характеризуються множиною якісних і кількісних характеристик, маючих різну розвідувальну цінність і відповідно с цим різну ступінь важливості.

Таким чином, виявлення та розпізнавання ДРВ потребує реалізації достовірного, науково обґрунтованого відображення множини характеристик ДРВ H , на множині дійсних чисел, які характеризують ранг k -го ДРВ $w_k : f(h_k) \rightarrow w_k$ де $h_k = \{h_1, \dots, h_n\}, h_i \in H$.

Представлення відображення $f(h_k) \rightarrow w_k$ в аналітичному вигляді в контексті завдання що розглядається на сьогоднішній день не існує. Методики які є на теперішній час реалізують

відображення $f(h_k) \rightarrow w_k$ з використанням математичного апарату на основі методів експертних оцінок, методу нормування, або методів мультиплікативної (адитивної) згортки. Застосування вказаної групи методів для реалізації процедури ранжування ДРВ обумовлюється наявністю в існуючій методиці планування застосування сил і засобів розвідки наступних недоліків:

відсутність автоматизації процедури планування застосування засобів розвідки в заданих умовах РЕО;

аналіз результатів виконання плану застосування сил і засобів розвідки не формалізований і носить суб'єктивний характер;

облік наслідків результатів застосування засобів розвідки в ході виконання наступного планування застосування сил і засобів розвідки відсутній.

Таким чином, в умовах, коли кількість множини ранжуємих ДРВ має велику кількість, існуючий підхід ранжування ДРВ не дозволяє реалізувати адаптивне раціональне планування застосування засобів розвідки.

Постановка проблеми. Декомпозиція завдання планування застосування сил і засобів розвідки на ряд часткових завдань і їх взаємозв'язок представлені на рис. 1.

В формалізованому вигляді завдання ранжування ДРВ в контексті вирішення завдань планування застосування СіЗР, може бути представлена в наступному вигляді:

$$r^* = \arg \max_{\pi \in G} (F(\pi[a, r])), \quad (1)$$

де: $F(\pi[a, r])$ – цільова функція показника ефективності функціонування СіЗР;
 $(\pi[a, r])$ – план РЕР при використанні відповідного алгоритму планування а до ранжуемого списку ДРВ r ;

а – алгоритм планування застосування СіЗР;
 r – ранжований список ДРВ, який складається із n елементів, значення i-го елемента r характеризує ранг i-го ОР серед n джерел;
 G – множина обмежень які накладаються на процедуру планування в заданих умовах РЕО.

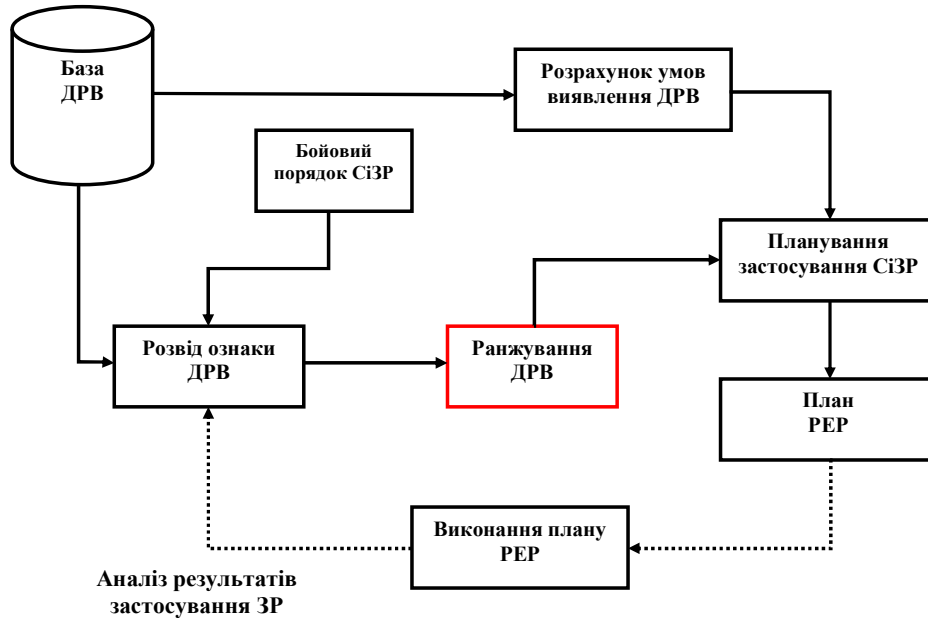


Рис. 1. Структурно-логічна схема вирішення завдання планування застосування СіЗР

В якості значення цільової функції $F(\pi[a, r])$ виразу (1) в даній роботі розглянемо сумарний ранг ДРВ, в ході виконання плану π . Результативність процесу виконання плану РЕР π пропонується оцінити згідно наступного критерію.

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot r_i}{n} \right) \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$\begin{cases} k_i = 0, \text{ якщо } i\text{-й ОР не врахований;} \\ k_i = 1, \text{ якщо } i\text{-й ОР врахований.} \end{cases}$$

де k_i – бінарний коефіцієнт, який характеризує факт врахування i ДРВ в ході виконання плану π ;
 r_i – ранг i-го ДРВ розрахований по запропонованій методиці;
 n – кількість ДРВ які враховуються при плануванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [1, 2] автором запропонована методика визначення раціональної кількості розвідувальних ознак для визначення приналежності їх до об'єктів розвідки. Авторами робіт [3-5] було запропоновано науково-методичний апарат визначення стану об'єктів розвідки. Запропоновані підходи вимагають значних, потужних обчислювальних ресурсів. Аналіз робіт [6-8] стверджує, що завдання оцінки рангу ДРВ подібна класичній задачі класифікації (розпізнавання) образів. Найбільш поширеним і апробованим математичним апаратом, застосовуваним для вирішення подібних завдань

на сьогоднішній день, є математичних апарат нейронних мереж. Разом з тим застосування класичної нейронної мережі для вирішення завдання ранжування значної кількості ДРВ пов'язане з проблемою навчання нейронних мереж і передбачає наявність певної навчальної вибірки. Відповідно, для реалізації даної процедури потрібно множина R, що включає в якості своїх елементів пари значень і безліч характеристик. Процес формування безлічі R з обов'язковим виконанням умови узгодженості даних – складна, трудомістка процедура, що викликано неможливістю охарактеризувати складний багатокритерійний об'єкт однією чисельною величиною. Достовірне рішення даного завдання можна забезпечити, запропонувавши характеризувати ДРВ як джерело, здатне належати до трьох класів – “важливе”, “середнє”, “неважливе” – з певною функцією належності до кожного класу. Формалізацію даної процедури зручно проводити, за допомогою математичного апарату теорії нечітких множин [9, 10].

Таким чином **метою** статті є розробка методики ранжування ДРВ радіоелектронної розвідки при організації та веденні розвідки з використанням математичного апарату нечітких штучних нейронних мереж [11, 12], що дозволить враховувати наслідки застосування засобів розвідки для спостереження за ДРВ в ході планування розвідки з застосуванням принципів ранжування ДРВ з врахуванням динамічних змін РЕО.

Виклад основного матеріалу дослідження

Методика ранжування ДРВ з використанням нечіткої нейронної мережі складається з послідовного виконання наступних кроків.

Крок 1. Формується архітектура нейронної мережі, у вигляді графа $G = (X, V)$, де X – множина вершин нейронної мережі, V – множина зв'язків між елементами множини X . Ваги зв'язків w_{ij} між нейронами мережі ініціалізуються випадковими значеннями в інтервалі можливих значень від $-0,5$ до $0,5$. Розраховується значення коефіцієнта w_{ij}^* :

$$w_{ij}^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_{ij}^2} \quad (3)$$

де n – кількість вершин в i -му шарі нечіткої нейронної мережі.

Здійснюється переініціалізація ваг зв'язків між нейронами суміжних шарів:

$$w_{ij} = \frac{\beta \cdot w_{ij}}{w_{ij}^*}, \quad (4)$$

де β – фактор масштабування, який розраховується згідно виразу

$$\beta = 0,7 \cdot p^{-n}, \quad (5)$$

де p – кількість нейронів, у внутрішніх шарах нейронної мережі;

n – кількість нейронів шару.

Для кожної вершини нейронної мережі випадковим шляхом встановлюється величина зміщення $w_{0j}, w_{0j} \in [-\beta, \beta]$

Крок 2. На вхід нейронної мережі подаються об'єкти вибірки, що навчається – вектор $x = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$, а також відповідні еталони результатів їх обробки по приналежності до класів множини C – вектора d .

Крок 3. Виконання процедури фазифікації першого шару нейронної мережі. Дана процедура полягає у визначенні функції належності $\mu(x|c_j)$ характеристик ДРВ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , до класів, визначених на множині $C - \mu(x|c_j), j \in \overline{1, |C|_5}$.

Під функцією належності нечіткої множини розуміють узагальнену індикаторну функцію класичної множини. Реалізація даної процедури включає два етапи.

Перший етап – розрахунок центрів класів V_{ij} елементів множини C для кожної розвідувальної ознаки ДРВ.

$$V_{ij}^S = \frac{\sum_{x \in X_i} (\mu^S(x|c_j))^2 \cdot x}{\sum_{x \in X_i} (\mu^S(x|c_j))^2}, \quad (6)$$

$$\sum_{x \in X_i} (\mu^S(x|c_j))^2 \neq 0,$$

де S – номер ітерації;

X_i – множина джерел вибірки що навчається, яка характеризує функцію належності значень i -ї характеристики ДРВ до елементів множини C .

Другий етап полягає у розрахунку значень функції приналежності i -ї характеристики ДРВ на S -й ітерації:

$$\mu^S(x|c_j) = \frac{1/(x - V_{ij})^2}{\sum_{j=1}^{|C|} (1/(x - V_{ij})^2)}, \quad (7)$$

якщо $(x - V_{ij})^2 > 0$;

$$\mu^S(x|c_j) = 1, \text{ якщо } (x - V_{ij})^2 = 0.$$

Обидва етапи виконуються ітераційно до тих пір, доки різниця отриманих значень центрів класів не буде відповідати умові

$$|V_{ij}^S - V_{ij}^{S-1}| \leq \epsilon,$$

де ϵ – мінімально можлива різниця значень центрів класів, отриманих на двох послідовних ітераціях.

Вираз (7) дозволяє визначити функцію належності характеристик ДРВ до елементів множини C в залежності від її кількісного значення.

Результатом проходження вектора характеристик ДРВ x через перший шар мережі є синтез другого шару мережі, активаційна функція вершин якого має вид

$$y_{2k} = \min(\mu(x|c_j)), i \in \overline{1, 6}, j \in \overline{1, 3}, \quad (8)$$

де $\mu(x_i)$ – функція належності i -ї характеристики яка використовується в процесі навчання джерела, вибірки що навчає до j -го елементу множини C .

Аргумент виразу (8) визначається значеннями сигналів, які розповсюджуються вершинами-батьками вершини k графа нечіткої множини C .

Крок 4. Кожний нейрон третього і наступного шарів мережі отримують сигнал від усіх нейронів попереднього шару, перетворюючи отриманий сигнал у відповідності з активаційною функцією і транслюється кожному нейрону наступного шару.

Аргумент активації функції нейрона z_j розраховується згідно виразу

$$z_j = w_{0j} + \sum_{i=1}^n y_i \cdot w_{ij}, \quad (9)$$

де n – кількість нейронів в попередньому шарі.

На основі отриманого значення аргументу z_j розраховуємо значення активаційної функції нейрону $y_j = f(z_j)$.

Крок 5. Проводиться перевірка вимог продовження навчання нейронної мережі згідно визначеному критерію. Якщо критерій зупинки виконується, потік управління алгоритмом передається на крок 9. Помилка роботи класифікатора вираховується на останньому шарі нейронної мережі згідно виразу:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n |d_i - y_i|,$$

$$\sigma_i = f'(z_i) \cdot \sum_{j=1}^n \sigma_j \cdot w_{ij}.$$

Крок 6. Виконується зворотне розповсюдження помилки. Кожен нейрон вихідного шару отримує цільове значення d_i обчислює величину похибки σ_i :

$$\sigma_i = (d_i - y_i) \cdot f'(z_i),$$

де $f'(z_i) = f'(z_i) \cdot (1 - f(z_i))$.

Розраховується величина коректування вісі зв'язку Δw_{ji} , а також величини коректування зміщення Δw_{0j} :

$$\Delta w_{ji} = \alpha \cdot \sigma_i \cdot z_j; \Delta w_{0i} = \alpha \cdot \sigma_i.$$

Величина σ_i відправляється нейронам попереднього шару.

Крок 7. Кожний нейрон внутрішнього шару сумує вхідні від нейронів в наступному шарі помилки σ_i і вираховує величину помилки, помножуючи отримане значення на похідну активуючої функції.

Обчислюючи зміни вагів зв'язків між нейронами суміжних зв'язків згідно виразу:

$$\Delta w_{ji} = \alpha \cdot \sigma_i \cdot z_j; \Delta w_{0i} = \alpha \cdot \sigma_i.$$

Крок 8. Кожен нейрон змінює ваги своїх зв'язків з елементами зміщення і нейронами попереднього шару:

$$w_{ji} = w_{ji} + \Delta w_{ji}.$$

Крок 9. Кінцевий ранг ОР за допомогою виразу

$$r_i = |y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n| \times |c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n|^T,$$

де c_i – коефіцієнти які характеризують кількісну міру відповідних характеристик множини S .

Приклад реалізації методики. Автоматизація процесу ранжування ДРВ виконана шляхом використання програмного забезпечення, який реалізує розроблену методику. Фрагмент даних, який визначає функції належності аргументів нечіткої мережі до елементів множини S , наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фрагмент значення функцій приналежності μ , для аргументів $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$

x_1	μ_1	μ_2	μ_3	x_2	μ_1	μ_2	μ_3	x_3	μ_1	μ_2	μ_3
10,00	0,92	0,06	0,02	1,80	0,00	0,11	0,89	0	0,00	0,04	0,96
50,00	0,80	0,15	0,05	2,13	0,01	0,11	0,88	9	0,03	0,05	0,95
100,0	0,70	0,22	0,08	2,46	0,02	0,10	0,88	18	0,15	0,10	0,75
122,1	0,68	0,23	0,09	2,79	0,04	0,10	0,86	27	0,15	0,31	0,54
x_4	μ_1	μ_2	μ_3	x_5	μ_1	μ_2	μ_3	x_6	μ_1	μ_2	μ_3
700	0,01	0,10	0,89	0,9	0,01	0,09	0,90	7,0	0,01	0,10	0,89
600	0,02	0,13	0,85	0,8	0,10	0,25	0,65	7,4	0,02	0,13	0,85
500	0,03	0,17	0,80	0,7	0,15	0,33	0,52	7,8	0,03	0,17	0,80
450	0,04	0,22	0,74	0,6	0,21	0,54	0,25	8,2	0,04	0,22	0,74

В табл. 1 кожна характеристика ДРВ визначається четвіркою значень $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$. Де x – величина характеристики, μ_i – функція належності величини x до i джерела множини. Навчаєма вибірка нейронної мережі визначена на

множині ОР, які характеризуються вектором виду $o = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, c_1, c_2, c_3)$.

Фрагмент навчаємої вибірки нечіткої нейронної мережі наведений в табл. 2.

Таблиця 2

Фрагмент навчаємої вибірки нечіткої нейронної мережі

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	μ_1	μ_2	μ_3
600	1,8	0	200	0,85	7,0	0,01	0,10	0,89
600	1,8	10	200	0,85	7,0	0,01	0,24	0,75
600	3,0	0	200	0,85	7,0	0,01	0,24	0,75
600	1,8	0	200	0,65	7,0	0,1	0,3	0,6
600	1,8	0	200	0,85	11,0	0,01	0,20	0,79
600	1,8	0	300	0,85	7,0	0,01	0,35	0,64
300	1,8	0	200	0,85	7,0	0,01	0,10	0,89

На основі аналізу розрахованих вище даних, можемо зробити висновок про те що, використання нечіткої нейронної мережі дозволяє реалізувати відображення $f(h_k) \rightarrow w_k$ з високим ступенем достовірності одержаних результатів – середньоквадратична помилка навчання нейронної мережі складає 3,9 пункта рагу ДРВ.

Таким чином, результати запропонованої методики, є достовірними і можуть бути використані в ході вирішення завдання планування спостереження за ДРВ.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, розроблена методика враховує в роботі ранжування ДРВ, що виконуються в рамках планування застосування засобів розвідки, фактори, впливаючі на умови викриття ДРВ і РЕО.

Використання математичного апарату нечітких штучних нейронних мереж дозволяє враховувати

наслідки застосування засобів розвідки для спостереження за ОР через функціонування ДРВ в ході планування розвідки, застосовувати принципи ранжування ДРВ під умови РЕО, динамічно змінюються.

Запропонована методика реалізовує комплексний підхід до вирішення завдання ранжування ДРВ, та забезпечує досягнення потрібного ступеня результативності процесу функціонування системи РЕР в різних умовах РЕО.

Напрямами подальших досліджень, з врахуванням проведеного в рамках дослідження експерименту бачиться, в можливості її інтеграції в існуюче розвідувально-інформаційне забезпечення, для підвищення оперативності планування збору і обробку розвідувальної інформації про ОР та ДРВ.

Література

1. Гаценко С. С. Методика раціонального розподілу розвідувальної інформації за важливістю та кількістю розвідувальних ознак в умовах невизначеності: Збірник наукових праць НДІ ГУР Міністерства оборони України, 2017. № 43. С. 111–120. 2. Гаценко С. С. Інформаційна система оцінювання оперативної обстановки в умовах невизначеності: К.: НУОУ, 2017. № № 1 (140), С. 157–165. 3. Шуренок В. А. Методика оцінки космічної обстановки на базі нечіткої логіки: Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2003. С. 191–203. 4. Гребенюк О. П. Застосування системно-когнітивного аналізу для автоматизації управління системою радіомоніторингу / О. П. Гребенюк, М. А. Роговець, В. А. Шуренок // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2010. – № 1 (52). – С. 72 – 80. 5. Шуренок В.А., Дзюбчук Р.В., Роговець М.А. Інформаційна система підтримки прийняття рішення оцінювання радіоелектронної обстановки на командних пунктах частин та підрозділів особливого призначення в умовах невизначеності на основі концепції „м'яких обчислень”. Труды академії. – Київ: Національна Академія оборони України. 2006, № 71. с. 50-58. 6. Тэррано Т., Аса и К.. Сугено М. Прикладные нечеткие системы. - М.: Мир, 1993. -368 с. 7. Гилл Ф., Мюррей У..

Райт М. Практическая оптимизация: мер. с англ. - М.: Мир, 1985. 509 с. 8. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М Горячая линия - Телеком, 2002. - 382 с. 9. Пермяков О. Ю. Теоретические основы обработки нечетких данных в аналитических задачах специального математического обеспечения: Дисс. на соис. уч. степени д. т. н. К.: 1995. 198 с. 10. Гаценко С. С. Зуйко В. В., Зотов С. В. Методика вироблення та надання рекомендацій в умовах невизначеності та суперечливості розвідувальної інформації: Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2016. №3(62). С. 12–23. 11. Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems S. Kalantaievskia. H. Pievtsov, A. Kuvshynov, S. Hatsenko, A. Shyshatskyi, S. Yarosh, S. Zubrytskyi, R. Zhyvotovskyl, S. Petruk, V. Zulko Eastern-european journal of enterprise technologies. Vol. 5, No 9 (95) pp. 60-76, 2018: Information and controlling system. 12. Method of Immunity Minimization of the Free Platform ed Inertial Navigation System of Unmanned Aircrafts R. Bieliakov, S. Hatsenko, O. Fesenko, R. Zhyvotovskiyi, S. Petruk, 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering Lviv, Ukraine, July 2-6, pp. 803-808, 2019.

МЕТОДИКА РАНЖУВАННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ВІДОМОСТЕЙ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ВЕДЕННІ РОЗВІДКИ

Сергей Станиславович Гаценко (кандидат технических наук)

Олег Владимирович Костенко

Виктор Петрович Кузьменко

Василий Михайлович Мазуренко

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье предлагается решение актуальной научной задачи разработки научно-методического аппарата ранжирования источников разведывательных сведений, характеризующих объекты разведки при оценке оперативной обстановки и радиоэлектронной обстановки в интересах планирования разведки. Ранг источники разведывательных сведений рассчитывается с учетом его качественных и количественных характеристик. Функционирование зависимости ранга источники разведывательных сведений от его разведывательной ценности и отождествляемых с ними радиоэлектронной обстановкой реализуется нечеткой нейронной сетью. Результатом выполнения процедуры ранжирования является введение на множестве источников разведывательных сведений планируемых отношение порядке. Упорядочение

множества источников разведывательных сведений позволяет формализовать и решить задачу квазиоптимального распределения средств и сил разведки.

Ключевые слова: ранжирование, источники разведывательных сведений, объект разведки, планирования разведки, нечеткие множества, применение сил и средств разведки.

METHODS OF ORGANIZING RESOURCES SOURCES OF RADIO ELECTRONIC INTELLIGENCE IN ORGANIZATION AND EXERCISE

Serhii Hatsenko (Candidate of technical sciences)

Oleh Kostenko

Viktor Kuzmenko

Vasyl Mazurenko

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article proposes a solution to the urgent scientific task of developing a scientific and methodological apparatus for ranking intelligence sources that characterize intelligence objects in assessing the operational situation and the electronic environment in the interests of intelligence planning. The rank of intelligence sources is calculated taking into account its qualitative and quantitative characteristics. The functioning of the dependence of the rank of sources of intelligence on its intelligence value and the radio-electronic environment that is associated with them is realized by a fuzzy neural network. The result of the ranking procedure is the introduction on a variety of sources of intelligence information of the planned relationship order. Streamlining the many sources of intelligence allows us to formalize and solve the problem of quasi-optimal distribution of intelligence assets and forces.

Key words: ranking, sources of intelligence, reconnaissance object, intelligence planning, fuzzy sets, the use of intelligence forces.

References

- Gaczenko S. S.** Metodika raczi`onal'nogo rozpodi`lu rozvi`duval'noyi i`nformaczi`yi za vazhlivi`styu ta ki`l'ki`styu rozvi`duval'nikh oznak v umovakh neviznachenosti`: Zbi`rnik naukovikh prac` NDI` GUR Mi`ni`sterstva obroni Ukraini, 2017. # 43. S. 111–120.
- Gaczenko S. S.** I`nformaczi`jna sistema oczi`nyuvannya operativnoyi obstanovki v umovakh neviznachenosti`: K.: NUOU, 2017. # # 1 (140), S. 157–165.
- Shurenok V. A.** Metodika oczi`nki kosmi`chnoyi obstanovki na bazi` nechit`koyi logi`ki: Zbi`rnik naukovikh prac` Vi`js`kovogo i`nstitutu Kiyivs`kogo naczi`onal'nogo uni`versitetu i`meni` Tarasa Shevchenka. 2003. S. 191–203.
- Grebenyuk O. P.** Zastosuvannya sistemno-kogni`tivnogo anali`zu dlya avtomatizaczi`yi upravli`nnya sistemoyu radi`omoni`toringu / O. P. Grebenyuk, M. A. Rogovecz`, V. A. Shurenok // Vi`snik ZhDTU / Tekhni`chni` nauki. – 2010. # 1 (52). – S. 72 – 80.
- Shurenok V.A., Dzyubchuk R.V., Rogovecz` M.A.** I`nformaczi`jna sistema pi`dtrimki priinyattya ri`shennya oczi`nyuvannya radi`oelektronnoyi obstanovki na komandnikh punktakh chastin ta pi`drozdi`li`v osoblivogo priznachennya v umovakh neviznachenosti` na osnovi` koncepczi`yi „m'yakikh obchislen"". Trudi akademi`yi. – Kiyiv: Naczi`onal`na Akademi`ya obroni Ukraini. 2006, # 71. s. 50-58.
- Te`rano T., Asa i K., Sugeno M.** Prikladny`e nechietkie sistemy`. - M.: Mir,1993. -368 s.
- Gill F., Myurrej U., Rajt M.** Prakticheskaya optimizacziya: mer. s angl. - M.: Mir, 1985. 509 s.
- Kruglov V.V., Borisov V.V.** Iskusstvenny`e nejronny`e seti. Teoriya i praktika. – M Goryachaya liniya - Telekom, 2002. - 382 s.
- Permyakov O. Yu.** Teoreticheskie osnovy` obrabotki nechietkikh danny`kh v analiticheskikh zadachakh speczial'nogo matematicheskogo obespecheniya: Diss. na sois. uch. stepeni d. t. n. K.: 1995. 198 s.
- Gaczenko S. S., Zujko V. V., Zotov S. V.** Metodika viroblennya ta nadannya rekomendaczi`j v umovakh neviznachenosti` ta superechlivosti` rozvi`duval'noyi i`nformaczi`yi: Zbi`rnik naukovikh prac` CzNDI` OVT ZSU. 2016. # 3 (62). S. 12–23.
- Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems** S. Kalantaievska, H. Pievtsov, A. Kuvshynov, S. Hatsenko, A. Shyshatskyi, S. Yarosh, S. Zubrytskyi, R. Zhyvotovskyl, S. Petruk, V. Zulko Eastern-european journal of enterprise technologies. Vol. 5, No 9 (95) pp. 60-76, 2018: Information and controlling system.
- Method of Immunity Minimization of the Free Platform ed Inertial Navigation System of Unmanned Aircrafts** R. Bieliakov, S. Hatsenko, O. Fesenko, R. Zhyvotovskiy, S. Petruk, 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering Lviv, Ukraine, July 2-6, rr. 803-808, 2019.