

УДК 621.317:355.457

**Микола Лисий**

доктор технічних наук, доцент,  
Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

**Юлія Бабій**

кандидат технічних наук,  
докторант докторантури,  
Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький  
*julscorpio@gmail.com*

**Олександр Байков**

Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

## **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ПРАВОПОРУШНИКА ПРИ МОНІТОРИНГУ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ**

Завданням моніторингу рухомого об'єкта на сухопутному кордоні України є виявлення та ідентифікація правопорушника на тлі перешкод. Питання вибору положення спостереження, місця установки радіолокаційної станції є важливим для забезпечення безперервності спостереження в просторі і часі, що вимагає оцінки впливу різних факторів на діапазон виявлення радіолокаційної станції, що є невід'ємною частиною системи моніторингу річкових і сухопутних ділянок.

© Лисий М., Бабій Ю., Байков О.

Ці процеси обробки інформації є ієрархічними з точки зору послідовності їх виконання. Результати аналізу методів обробки інформації, що використовуються в радіолокаційних прикордонних станціях, свідчать про недостатню первинну обробку радіолокаційної інформації, відсутність вторинної та третинної обробки, що досить складно в алгоритмічних процесах. Тому, вважається доцільним, насамперед, розробити методи вторинної обробки радіолокаційної інформації і, згодом, первинної, що підвищить ефективність моніторингу за допомогою радара рухомого об'єкта на сухопутному кордоні України.

Основними показниками, які дозволяють відрізнити правопорушника від фонових перешкод під час первинної обробки, є ефективна відбиваюча поверхня, швидкість і напрямок руху рухомого об'єкта щодо радіолокаційної станції. Ці показники є інформативними для радіолокаційних станцій різного призначення. Особливістю оцінки ефективної відбивної поверхні і швидкості руху рухомого об'єкта радіолокаційної станції є те, що діапазон зміни зазначених параметрів значною мірою перекривається для правопорушника і перешкоди від великих домашніх і диких тварин та від коливань рослинності. Тому початкові показники первинної обробки – координати рухомого об'єкта і час їх отримання можуть бути пов'язані з порушником і з перешкодою.

У даній роботі ефективність розпізнавання правопорушника на фоні завад збільшується на 20–25 % при віднесенні траєкторії рухомого об'єкта до двох останніх типів і до монотонної та удосконалено методика підвищення достовірності розпізнавання правопорушника при моніторингу рухомого об'єкта радіолокаційною станцією. Метод відрізняється розширенням набору ознак класифікації рухомих об'єктів установленою ознакою монотонності зміни щонайменше однієї координати траєкторії рухомого об'єкта, що дозволило розробити показник і критерій монотонності, до визначення правопорушника на фоні завад. Розроблено алгоритм даної методики, що дозволяє розпізнавати окремого правопорушника на фоні завад від руху тварини.

**Ключові слова:** правопорушник; радіолокаційна станція; рухомий об'єкт; сухопутний кордон; завадостійкість, надійність.

## 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Завданням моніторингу рухомого об'єкта (РО) на сухопутному кордоні (СК) України є виявлення і розпізнавання правопорушника (ПП) на фоні завад, надходження нових зразків

радіолокаційних станцій (РЛС), потреба у врахуванні фактору забезпечення прямої радіолокаційної видимості через наявні сезонні зміни висоти перешкод, через, хоч і не значний, але вплив кривизни поверхні Землі, що потребують подальшого дослідження у вибраній галузі. Отже, питання вибору позиції спостереження, місця встановлення РЛС є важливим для забезпечення неперервності спостереження у просторі і часі, що потребує проведення оцінки впливу різних факторів на дальність виявлення РЛС, що є невід'ємною складовою системи спостереження на річкових і сухопутних ділянках охорони.

Зазначені процеси обробки інформації є ієрархічними стосовно послідовності їх виконання. Результати аналізу методів обробки інформації, що застосовуються в РЛС охорони кордону дозволяють відзначити недостатню ефективність первинної обробки радіолокаційної інформації, відсутність застосування вторинної і третинної обробки, які є достатньо складними в алгоритмізації процесами. Саме тому, вбачається за доцільне, в першу чергу, розробка методів вторинної обробки радіолокаційної інформації і, в подальшому, первинної, що підвищить ефективність моніторингу радіолокаційним засобом РО на СК України.

Основними показниками, що дозволяють розрізнити ПП на фоні завод при первинній обробці є ефективна відбиваюча поверхня, швидкість та напрямок пересування РО відносно РЛС. Дані показники є інформативними для РЛС різного призначення. Особливістю оцінки ефективної відбиваючої поверхні і швидкості пересування РО радіолокаційною станцією є те, що діапазон варіації зазначених параметрів у значній мірі перекривається для правопорушника і завод від великих свійських і диких тварин та від коливань рослинності. Тому, вихідні показники первинної обробки – координати рухомого об'єкта і час їх отримання можуть відноситись і до правопорушника, і до завади.

У діючих РЛС розпізнавання людини і тварини здійснюється енергетичним методом за умови, що доплерівський зсув частоти сигналу лежить у певному діапазоні, а тривалість його впливу не менше заданої величини. Отже, принцип дії РЛС заснований на реєстрації

приймачем змін “інтерференційної картини” електромагнітного поля об’єкта, що рухається в зоні виявлення.

При прийнятті рішення про наявність ПП використовується алгоритм послідовної оцінки трьох інформативних ознак, а саме:

частоти сигналу, що залежить від радіальної швидкості переміщення об’єкта (здійснюється фільтром);

тривалості сигналу, що залежить від часу перетинання зони виявлення об’єктом (здійснюється інтегратором);

амплітуди сигналу, що залежить від розміру РО.

У зв’язку з тим, що багато тварин за швидкістю пересування і розміром не відрізняються від людини, даний метод прийняття рішення про наявність об’єкта не має принципової можливості розрізнити людину і тварину. Такий недолік притаманний усім доплерівським засобам виявлення і призводить до високого рівня хибних тривог при експлуатації даних засобів у місцях з частою їх появою.

Отже, недоліком такої обробки сигналів є низька завадостійкість при появі тварини в зоні виявлення, якщо її розміри і швидкість пересування можна порівняти з розмірами і швидкістю пересування людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для підвищення достовірності РЛС при появі в зоні виявлення тварини в дослідженні [1, с. 4] запропоновано застосувати низку ознак відмінностей.

**Метою статті** є розробка методики підвищення достовірності розпізнавання правопорушника при моніторингу рухомого об’єкта радіолокаційною станцією.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При русі об’єкта в зоні виявлення відбитий від нього сигнал модулюється по всіх параметрах за рахунок геометричних особливостей будови об’єкта і типового для даного класу об’єктів способу переміщення. Вирішальне значення в підвищенні завадостійкості грають нові інформативні ознаки, що базуються на різниці пересування людини від тварини.

Модель сигналотворення РЛС сантиметрового діапазону заснована на рівнянні радіолокації і описі ефекту Доплера з урахуванням

того, що об'єктом виявлення є складна ціль і являє собою сукупність елементарних відбивачів (елементів) [1, с. 5]:

$$E_o(t) = K_o \sum_j K(\alpha_j(t)) \cdot \frac{U_o \lambda}{D_j^2(t)} \cdot \cos\left(\frac{4\pi V_j(t) \Delta t_j(t)}{\lambda}\right) \cdot \sqrt{\sigma_j(t)}, \quad (1)$$

де  $E_o(t)$  – напруга на виході фазового детектора, В;  $K_o$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від характеристик приймача;  $K(\alpha_j(t))$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від кута  $\alpha$  між віссю діаграми спрямованості антени і напрямком на  $j$ -й елемент РО;  $U_o$  – рівень зонduючого сигналу, В;  $\lambda$  – довжина хвилі зонduючого сигналу, м;  $D_j^2(t)$  – відстань від РЛС до  $j$ -го елемента РО, м;  $V_j(t)$  – радіальна швидкість  $j$ -го елемента РО, м/с;  $\Delta t_j(t)$  – час, за який фронт хвилі проходить від РЛС до  $j$ -го елемента РО і назад, с;  $\sigma_j(t)$  – ефективна поверхня розсіяння  $j$ -го елемента РО, [м<sup>2</sup>];  $j$  – номер елемента РО.

Ознаки є оцінками специфічних параметрів доплерівського сигналу, що характеризують властивості виявленого об'єкта. Опис ознак взятий з [1, с. 5]:

1. Людина і тварина відрізняються розкидом швидкостей рухомих елементів. Ходьба людини – це серія ритмічних і попереми́нних рухів кінцівок і тулуба, які ведуть до переміщення вперед центру тяжіння. Оскільки швидкість руху кінцівок при цьому відрізняється від швидкості руху корпусу, то і частоти відбитих від них сигналів відмінні від частоти головного максимуму, що призводить до розширення частотного спектра сигналу від людини.

Ознакою для оцінки цієї відмінності прийнята відносна ширококутовість спектра сигналу як відношення частоти максимуму спектра доплерівського сигналу до його ширини (ширококутовість сигналу):

Ознака обчислюється згідно з формулою:

$$O_1 = \frac{f_{z.a.\max}}{f_{\max} - f_{\min}}, \quad (2)$$

де  $f_{z.a.\max}$  – головний максимум амплітудно-частотного спектра доплерівського сигналу, рис. 1;  $f_{\max}$  – максимальна частота спектра сигналу за рівнем  $S_{\min}$ ;  $f_{\min}$  – мінімальна частота спектра сигналу за рівнем  $S_{\max}$ .

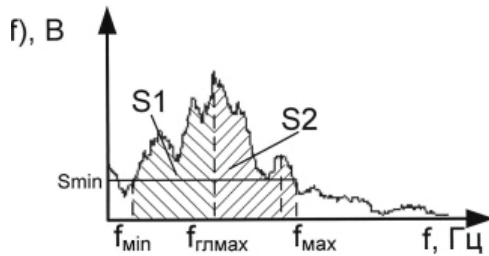


Рис. 1. Амплітудно-частотна характеристика сигналу РО

Очевидно, для людини характерна більша широкосмуговість.

Якщо  $O_1 > 0,7$ , то змінна класифікатора  $h_1 = +1$ , якщо менше, то  $-1$ .

2. Людина і тварина розрізняються співвідношенням розмірів частин тіла, що рухаються зі швидкістю більшою і меншою швидкості тулуба. Оскільки для рівномірного поступального руху людина робить додаткові врівноважуючі рухи руками, то виходить, що в певних фазах кроку у людини дві кінцівки рухаються швидше тулуба, а інші дві кінцівки повільніше. Оскільки тварині для ходьби не потрібно здійснювати врівноважуючі рухи, то при русі кроком у нього тільки одна кінцівка рухається швидше тулуба, а решта кінцівок використовуються як опора. Як ознаки для оцінки цієї відмінності прийнята симетричність частотного спектра доплерівського сигналу. Ознака обчислюється за формулою:

$$O_2 = \frac{\int_{f_{\min}}^{f_{z.l.\max}} S(f)df}{\int_{f_{z.l.\max}}^{f_{\max}} S(f)df}, \quad (3)$$

де  $\frac{\int_{f_{\min}}^{f_{z.l.\max}} S(f)df}{\int_{f_{z.l.\max}}^{f_{\max}} S(f)df}$  – площа  $S_1$ , рис. 1, під кривою амплітудно-

частотного спектра доплерівського сигналу на ділянці від  $f_{\min}$  до  $f_{z.l.\max}$ ;

$$\frac{\int_{f_{z.l.\max}}^{f_{\min}} S(f)df}{\int_{f_{z.l.\max}}^{f_{\max}} S(f)df}$$

– площа  $S_2$ , рис. 1, під кривою амплітудно-частотного спектра до-

плерівського сигналу на ділянці від  $f_{z.l.\max}$  до  $f_{\max}$ .

Якщо  $O_2 = 1$ , то зміна класифікатора  $h_1 = +1$ , якщо  $O_2 > 1$ , то  $h_2 = -1$ .

Слід зазначити, що розглянуті ознаки потребують проведення аналізу спектральних складових відбитого сигналу від рухомих частин тіла РО. Як зазначається у [2, с. 44], ототожнити той чи інший локальний максимум із сигналом, відбитим від відповідного РО, неможливо, оскільки неможливо виміряти миттєву частоту сигналу від кожного РО а, отже, визначити його миттєву координату. Однак, якщо врахувати, що кожен локальний максимум утворюється в результаті суперпозиції сигналів від кінцівок РО, то, підсумувавши відносні частоти локальних максимумів, можна “витягти” інформацію про векторні суми миттєвих динамічних координат РО. Значення векторної суми динамічних координат кінцівок РО схильні до періодичних флуктуацій, а середнє значення цих флуктуацій є константою, що характеризує рух РО.

Отже, скористатися даними двома ознаками для класифікації РО можливо за умови тривалого накопичення відбитих сигналів від РО, усереднення їх та здійснення аналізу. Радіолокаційні станції системи оптико-електронного спостереження (СОЕС) працюють у режимі сканування визначеного сектора, опромінення однієї і тієї ж точки місцевості здійснюється через декілька десятків секунд, що дозволяє рекомендувати впровадження в методику підвищення ефективності розпізнавання РО даних ознак лише при переході в режим захоплення цілі.

У подальшому, відповідно до [1, с. 5], здійснюється зважена згортка найбільш дієвих ознак (дві ознаки) згідно з показником класифікації, що складається з набору  $j$  ( $h$  може приймати значення “- 1” або “+1”) рішень і вагових коефіцієнтів  $\alpha_k$ :

$$M = \text{sign}[\sum_k^j \alpha_k h_k] \quad (4)$$

де *sign* – знак результату; *k* – номер рішень; *M* – показник класифікації.

У результаті зваженої згортки приймається рішення про клас виявленого об'єкта, а саме: “плюс” – порушник, “мінус” – перешкода.

Покращання завадостійкості досягається за рахунок внесення змін до обробки сигналу – застосування розпізнавання на основі формування вектора ознак.

Збільшення кількості ознак розпізнавання дозволить ще більше підвищити достовірність розпізнавання в рухомому об'єкті ПП. Тому розглянуті ознаки первинної обробки сигналу доцільно доповнити вторинною обробкою інформації, показники якої специфічні і залежать від призначення РЛС. Основними показниками, що дозволяють розрізнити ПП на фоні завад при вторинній обробці, є зміна координат РО у часі і просторі. Саме зміна координат, а не самі координати, суттєво можуть відрізнити ПП як РО, що цілеспрямовано перетинає СК. Це дозволить розпізнати ПП, виявити факти використання ПП відомого маршруту руху і появи нових. Важливим є те, що поява нових маршрутів може бути виявлена в реальному часі саме із застосуванням РЛС.

Загалом для здійснення вторинної обробки радіолокаційної інформації при моніторингу РО на СК необхідно обробити таку інформацію:

1) апіорні дані координат можливих маршрутів руху ПП у чутливій зоні РЛС; 2) апіорні дані щодо розміщення РЛС; 3) апостеріорні дані первинної обробки радіолокаційної інформації про час і координати виявленого РО; 4) апостеріорні дані вторинної обробки радіолокаційної інформації про траєкторію пересування виявленого ПП.

Перші три види інформації враховано у моделях охоронного моніторингу кордону, які розроблено російськими ученими [3, с. 65; 4, с. 97]. У вітчизняних роботах перший вид інформації враховано у методиці визначення ймовірного місця перебування ПП [5, с. 11], основи і розвиток вторинної обробки радіолокаційної інформації подано у [6, с. 54; 7 с. 78; 8 с. 74].



У діючій методиці допускається можливість формування графу ймовірних маршрутів руху ПП у контрольованому районі. Розподіленість геоінформаційної структури контрольованого району, суб'єктивність у визначенні координат точок, через які можливий рух ПП вказують на досить значну наближеність істинних траєкторій можливим маршрутам руху. Поява нового невідомого маршруту руху, відхилення траєкторії руху ПП від відомих маршрутів – не дозволяє у повній мірі забезпечити ефективні умови затримання ПП із застосуванням положень діючої методики. Важливо розпізнати маршрут руху ПП на основі виявлених особливостей зміни траєкторії ПП і завади, які покладено у розробку методу вторинної обробки радіолокаційної інформації при моніторингу РО на СК України [МІ].

Методика призначена для розпізнавання пересування ПП в зоні дії РЛС з урахуванням даних вторинної обробки радіолокаційної інформації і базується на доповненні ознак класифікації РО.

Початкові дані для проведення розрахунків такі: час і координати виявленого РО; база даних щодо можливих маршрутів руху ПП.

Структура методики має такі складові:

Визначення показника і критерію монотонності зміни хоча б однієї із координат РО.

Розробка алгоритму методики вторинної обробки радіолокаційної інформації при моніторингу РО на СК.

Методика відрізняється розширенням множини ознак класифікації РО встановленою ознакою монотонності зміни хоча б однієї координати траєкторії РО. Це дозволило, за розробленим показником і критерієм монотонності, здійснити розпізнавання ПП на фоні завад.

Зробимо припущення:

Правопорушник цілеспрямовано перетинає кордон.

У ПП відсутня інформація щодо порядку функціонування РЛС.

Перше припущення ґрунтується на самій суті протиправної діяльності як усвідомлених діяч у просторово-часовому полі. Підґрунтям для другого припущення є маскованість дії РЛС та конфіденційність інформації.

Тоді в загальному випадку траєкторію РО, який пересувається через чутливу зону, будемо класифікувати як: стохастичну (курс руху змінюється хаотично); квазідетерміновану (курс руху змінюється у певному напрямку); детерміновану (курс руху змінюється відповідно до топології можливих маршрутів руху у даній місцевості).

Характерно, що для стохастичної траєкторії не властива монотонна зміна хоча б однієї із координат, що є класифікаційною ознакою визначення траєкторії тварин.

Зробимо допущення, що руху тварин або коливанню рослинності характерна значною мірою випадковість напрямків, не цілеспрямованість. Це дає можливість встановити ознаку класифікації траєкторії пересування РО як монотонність зміни хоча б однієї координати траєкторії РО, що надає можливість розпізнати переміщення ПП на фоні завод. Показник монотонності зміни хоча б однієї лінійної координати траєкторії РО  $M(x_v, y_v)$  сформовано на основі знакової функції:

$$M(x_v, y_v) = M(x_0, x_1, \dots, x_n, y_0, y_1, \dots, y_n) = \left( \text{sign} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sign}(x_i - x_{i-1}) \right] - k \right) \times \left( \text{sign} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sign}(y_i - y_{i-1}) \right] - k \right), \quad (5)$$

де  $M(x_i, y_i)$  або  $M(x_0, x_1, \dots, x_n, y_0, y_1, \dots, y_n)$  – показник монотонності зміни хоча б однієї координати траєкторії РО;  $n$  – номер останньої вимірної координати РО;  $k$  – поріг прийняття рішення щодо монотонності зміни координати ( $0 < k \leq 1$ ).

Критерієм переміщення ПП, розпізнавання його на фоні завод є рівність:

$$M(x_v, y_v) = 0.$$

Рівність істинна, якщо хоча б один із множників рівняння (5) набуває нульового значення. Якщо виконується умова  $M(x_v, y_v) = 0$ , то траєкторія руху є квазідетермінована, яка властива рухові ПП та що дозволяє розпізнати ПП на фоні завод.

Чим більше ознак розпізнавання переміщення ПП від заводи, тим ефективніше методика. Алгоритм методики підвищення достовірнос-

ті розпізнавання ПП при моніторингу РО радіолокаційною станцією подано на рис. 2.

Розроблений алгоритм відображає основні етапи методики і передбачає:

розрахунок ознак розпізнавання за первинною обробкою радіолокаційного сигналу, блоки 2, 3; визначення монотонності зміни хоча б однієї із координат траєкторії РО за розробленими показником і критерієм при вторинній обробці інформації, блоки 4, 5; розрахунок показника і критерію класифікації РО за діючою методикою, блоки 8, 9; видача сигналу тривоги при класифікації РО як ПП, блок 10.

Розроблений алгоритм дозволяє розпізнати поодинокого ПП на фоні завод від руху тварини. Для оцінки траєкторії групи ПП, виділення впливу завод можуть бути використані моделі і нові технічні рішення третинної обробки інформації, які розглянуті в [6, с. 89].

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отже, зазначимо таке: розширено множину ознак розпізнавання ПП РЛС, визначено критерій монотонності; траєкторію РО класифіковано як стохастичну, квазідетерміновану і детерміновану, відповідно до встановлених ознак класифікації: а) при не монотонній зміні хоча б однієї координати  $x_i$ ,  $y_i$  об'єкта, що є ознаками класифікації переміщення заводи, траєкторію відносять до стохастичної або детермінованої, рух по ній є не цілеспрямованим, у такому випадку, здебільшого РО є заводою-твариною; б) наступною ознакою класифікації є збіг траєкторії РО із можливим маршрутом руху ПП через чутливу зону, таку траєкторію класифікують як детерміновану, а РО приймають за ПП; в) при не віднесенні траєкторії до стохастичного або детермінованого типів її вважають квазідетермінованою.

Отже, підвищено ефективність розпізнавання ПП на фоні завод на 20–25 % при віднесенні траєкторії РО до двох останніх видів та до такої, що є монотонною, та удосконалено методику підвищення достовірності розпізнавання ПП при моніторингу РО РЛС. Методика відрізняється розширенням множини ознак класифікації РО встановленою ознакою монотонності зміни хоча б однієї координати траек-

торії РО. Що дозволить у подальшому за розробленим показником і критерієм монотонності здійснити розпізнавання ПП на фоні завад.

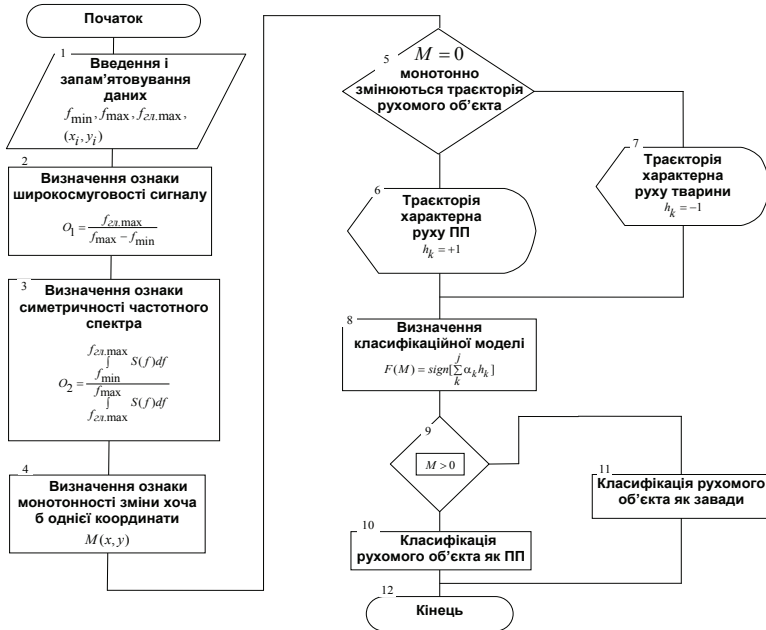


Рис. 2. Алгоритм методики підвищення достовірності розпізнавання ПП при моніторингу РО радіолокаційною станцією

### Список використаних джерел

1. Онуфріев Н. В., Степанов Е. А., Русаков В. Ю. Федеральное государственное казённое образовательное учреждение высшего профессионального образования “Калининградский пограничный институт Федеральной службы безопасности Российской Федерации”. Радиоволновой доплеровский обнаружитель. Патент РФ № 2015141420, G01S 13/56 (2006.01), Приоритет 29.09.2015. Бюллетень № 4, 08.02.2017.

2. Радиолокационные средства охранного мониторинга. Теория и практика построения : монография / под. ред. И. Н. Крюкова. Москва : Радиотехника, 2015, с. 184.

3. Мирошниченко В. А. Геоинформационный метод представления и анализа территориальной обстановки в системе охранного мониторинга : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.35. Санкт-Петербург, 2005. 184 с.
4. Рябец А. Я., Бурдюгов Д. Е., Афанасенко А. В. Математико-геоинформационная модель логико-вероятностной оценки эффективности территориально-распределенной системы охранного мониторинга. Радиотехника. Москва : Радиотехника, 2006. № 4. С. 97–106.
5. Городнов В. П., Кириленко В. А., Каратаев Р. Г. Модель визначення ймовірних маршрутів руху порушників кордону поза пунктами пропуску через державний кордон. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України*. Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2008. № 47. Ч. II. С. 11–17.
6. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання: монографія / П. М. Сніцаренко та ін. Київ : Видавничий дім Дмитра Бураго, 2016. 480 с.
7. Гризо А. А., Невмержицький І. М., Монастирний В. В. Удосконалення вторинної обробки радіолокаційної інформації в РЛС. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. № 1 (26). С. 78–81.
8. Ковтунов А. Л., Лещенко С. П., Закиров З. З., Батурицкий М. П. Методы вторичной обработки радиолокационной информации в обзорных РЛС, использующих полярную систему координат с применением сверхширокополосных сигналов. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2013, Вип. 1(34). С. 74–78.

## References

1. Onufriev N. V., Stepanov E. A., Rusakov V. Y. (2017). *Radiovolnovoy doplerovskiy obnaruzhitel. Patent RF* [Radio wave Doppler detector. RF patent]. Moscow, P. 6–11. [in Russian]
2. Kryukov I. N. (2015). *Radiolokatsionnyie sredstva ohrannogo monitoringa. Teoriya i praktika postroeniya* [Radar security monitoring equipment. Theory and practice of construction] : monografiya Moscow, 185 p. [in Russian]
3. Myroshnychenko V. A. (2005). *Geoinformatsionnyi metod predstavleniya i analiza territorialnoy obstanovki v sisteme ohrannogo monitoringa* [Geoinformation method of representation and analysis of the territorial situation in the security monitoring system] : dys. ... kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburh, 184 p. [in Russian]
4. Ryabets A. YA. (2006). *Matematiko-geoinformatsionnaya model logiko-veroyatnostnoy otsenki effektivnosti territorialno-raspredelelennoy sistemy ohrannogo*

*monitoringa* [A mathematical-geo-information model of the logical and probabilistic evaluation of the effectiveness of a territorially-distributed security monitoring system]. Moscow, P. 97–106. [in Russian]

5. Horodnov V. P. (2008). *Model vyznachennia ymovirnykh marshrutiv rukhu porushnykiv kordonu poza punktamy propusku cherez derzhavnyi kordon* [A model for determining possible routes for violators crossing the border outside the border crossing points]. Khmelnytskyi, P. 11–17. [in Ukrainian]

6. Snitsarenko P. M. (2016). *Teoriia ozbroiennia. Naukovo-tekhniczni problemy ta zavdannya: monohrafiia: Tekhnichni zasoby. Viiskovi systemy dystantsiinoho monitorynhu navkolyshnoho prostoru shchodo rukhomykh ob'ektiv: metodolohichni aspekty obruntuvannia vymoh* [The theory of weapons. Scientific and technical problems and tasks: monograph: technical means. Military systems of remote monitoring of the surrounding space in relation to moving objects: methodological aspects of substantiation of requirements]. Kiev, 480 p. [in Ukrainian]

7. Hryzo A. A. (2017). *Udoskonalennia vtorynnoi obrobky radiolokatsiinoi informatsii v RLS* [Improvement of the secondary processing of radar information in the radar]. Kharkiv, P. 78–81. [in Ukrainian]

8. Kovtunov A. L. (2013). *Metodyi vtorichnoy obrabotki radiolokatsionnoy informatsii v obzornyih RLS, ispolzuyuschih polyarnuyu sistemu koordinat s primeneniem sverhshirokopolosnyih signalov* [Methods of secondary processing of radar information in survey radars using a polar coordinate system using ultra-wideband signals]. Kharkiv, P. 74–78. [in Ukrainian]

### **Mikola Lisiy, Yuliya Babiy and Oleksandr Baykov. Development of the Method of Improving Efficiency of Right Advisory after Monitoring a Mobile Object with Radiolocation Station**

The task of monitoring a moving object on the land border of Ukraine is to identify and identify the offender against the background of obstacles. The arrival of new samples of radar stations, the need to take into account the factor of providing direct radar visibility due to the existing seasonal changes in the height of obstacles, through, though not significant, but the effect of the curvature of the Earth's surface, requiring further research in the chosen industry. Thus, the question of the choice of the position of observation, the place of installation of the radar station is important for ensuring the continuity of observation in space and time, which requires an assessment of the impact of various factors on the range detection radar station, which is an integral part of the monitoring system in river and land protection areas.

These processes of information processing are hierarchical in terms of the sequence of their execution. The results of the analysis of information processing methods used in radar bordering stations indicate that the primary processing of radar information is inadequate, and the lack of secondary and tertiary processing, which is quite complicated in algorithmic processes. That is why, it is considered expedient, first of all, to develop methods for the secondary processing of radar information and, subsequently, the primary, which will increase the efficiency of monitoring by radar of a moving object on the land border of Ukraine.

The main indicators that make it possible to distinguish the perpetrator against the background of interferences during the initial processing is the effective reflecting surface, the speed and direction of movement of the moving object relative to the radar station. These indicators are informative for radar stations of different purposes. The peculiarity of evaluating the effective reflecting surface and the speed of movement of a moving object by the radar station is that the range of variation of the indicated parameters is largely overlapping for the offender and obstacles from large domestic and wild animals and from fluctuations in vegetation. Therefore, the initial indicators of the primary processing - the coordinates of the moving object and the time of their receipt can be related to the offender and to the obstacle.

In this work, the efficiency of the offender's recognition against the background of interference is increased by 20–25%, with the attribution of the trajectory of the moving object to the last two types and to the one that is monotonous and the method of increasing the reliability of recognition of the offender in monitoring the moving object by the radar station is improved. The method differs by expanding the set of signs of the classification of moving objects by the established sign of the monotony of the change of at least one coordinate of the trajectory of the moving object, which allowed for the developed index and criterion of monotony, to make recognition of the offender against the background of obstacles. The algorithm of the given methodology is developed that allows to recognize the single offender against the background of obstacles from the movement of the animal.

**Key words:** offender; radar station; moving object; land border; noise immunity; reliability.