

УДК 621.396.967

LIBR 0580.31-55-018+

3 050-018

А.В. Нестеров

СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОЛІВ

Розглянуто поняття радіолокаційного інформаційного поля як просторово-часову сукупність локальних радіолокаційних полів. У залежності від властивостей локального радіолокаційного поля сформована система відповідних показників якості поля, які дозволяють проводити оцінку радіолокаційного інформаційного поля в конкретній точці простору, вздовж траси, по висотному шару та по всьому об'єкту зони керування повітряним рухом.

Узагальнене поняття "радіолокаційне поле" (РЛП) з усіх, що зустрічаються в літературі з радіолокації [1; 2], можна сформулювати так: під РЛП розуміють простір, в межах якого одна або декілька радіолокаційних станцій забезпечують виявлення повітряних суден потрібних типів із заданими імовірностями правильного виявлення та помилкової тривоги, а також дозволяють визначати їхні координати і параметри руху. Звідси випливає, що радіолокаційна станція утворює своєрідну зону інформації: область простору, в якому забезпечується вимір трьох координат, розпізнавання і визначення іншої польотної інформації. У понятті "радіолокаційне інформаційне поле" (РЛПІ) доцільно враховувати сукупність окремих зон інформації, включаючи зону інформації надійності існування самого РЛП.

Під РЛПІ будемо розуміти розподіл у просторі вектора параметрів, що характеризують кількість і якість інформації про повітряні цілі, яку отримує диспетчер керування повітряним рухом у результаті дії наземних радіолокаційних комплексів. Необхідно зазначити, що РЛПІ не є фізичним полем, а становить продукт взаємодії радіолокаційного комплексу, повітряного судна, навколишнього середовища та диспетчера керування повітряним рухом. При цьому характеристики поля комплексу залежать від параметрів розташування, комплектації та режимів роботи радіолокаційних комплексів, рельєфу місцевості, умов розповсюдження радіохвиль та характеристик повітряних суден.

Для практичних задач аналізу, сертифікації, проектування нових повітряних трас, вибору розташування радіолокаційних позицій і визначення вимог до перспективних радіолокаторів РЛПІ доцільно показати як векторне з'єднання локальних радіолокаційних полів. В якості локальних доцільно прийняти такі РЛПІ:

– поле виявлення повітряних суден – просторовий розподіл імовірності правильного виявлення цілей при заданій імовірності помилкової тривоги:

$$P_{п.в} = f(x, y, z) \text{ при } P_{п.т} = \text{const};$$

– поле точності визначення координат цілі – просторовий розподіл вектора похибки визначення координат повітряних суден:

$$\bar{\epsilon}_{abc}(x, y, z) = \epsilon_{abcx}i + \epsilon_{abcy}j + \epsilon_{abcz}k;$$

– поле точності визначення взаємного розташування цілей – просторовий розподіл вектора похибки визначення відстані між повітряними суднами:

$$\bar{\epsilon}_{відн}(x, y, z) = \epsilon_{віднx}i + \epsilon_{віднy}j + \epsilon_{віднz}k;$$

– поле роздільної здатності – просторовий розподіл вектора роздільної здатності:

$$\delta(x, y, z) = \delta_x i + \delta_y j + \delta_z k;$$

– поле надійності – просторовий розподіл середнього часу існування РЛП, який залежить від часу напрацювання між відмовами радіолокаційних позицій і від їхнього взаємного розташування на місцевості, тобто від ступеня перекриття радіолокаційним контролем окремих ділянок повітряного простору:

$$\gamma(x, y, z) = f(x, y, z);$$

– поле імовірності одержання достовірної додаткової інформації – просторовий розподіл цієї величини:

$$P_{\text{дост}} = f(x, y, z).$$

Для кількісних та якісних досліджень РЛП доцільно визначити його як розподіл у просторі узагальненого інформаційного показника якості поля I , складеного з локальних показників якості Φ_n тобто

$$I(x, y, z) = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n),$$

де кожний з локальних показників якості РЛП у загальному випадку є функцією координат контрольованого повітряного простору та часу.

Слід зазначити, що поняття "узагальнений показник якості" РЛП (як об'єднання всіх локальних показників якості) є математичною абстракцією, яку важко подати у зручній для сприйняття числовій чи нечисловій формі. Отже, фундаментальною проблемою при формуванні системи показників якості для практичного вирішення конкретних задач аналізу РЛП є вибір раціональної системи агрегування показників якості. Критерієм оптимальності повинен бути максимум стиснення інформації при допустимому рівні її втрат.

При оцінці якості РЛП найчастіше використовують такі види показників якості: оптимістичні, песимістичні (гарантовані) та середні.

Оцінки можуть бути кількісні або якісні, відповідно до числових або нечислових показників якості. Нечислові (графічні) показники якості мають особливе значення при оцінці ступеня безперервності радіолокаційного контролю в просторі і часі, коли просторові розподіли локальних РЛП носять нерегулярний характер і не описуються простими законами.

Для оцінки якості РЛП слід використовувати як скалярні, так і векторні показники якості, які залежать від напрямку руху та розташування повітряних суден відносно радіолокаційного комплексу.

Використання абсолютних показників якості часто ускладнює формування відповідних критеріїв оптимальності. Тому в задачах аналізу РЛП часто використовують відносні показники якості, в яких значення параметрів, що оцінюються, порівнюються з деякими нормованими, тобто теоретично досягненими, практично досягненими або значеннями, які потребують заданого показника якості.

Первинні показники якості відповідають оцінці параметрів, що безпосередньо визначають локальні поля: $P_{\text{п.в}}$, $\bar{\epsilon}_{\text{абс}}(x, y, z)$, $\bar{\epsilon}_{\text{відн}}(x, y, z)$, $\delta(x, y, z)$, γ і $P_{\text{дост}}$. Похідні показники якості оцінюють локальні поля за допомогою допоміжних величин або коефіцієнтів.

Оскільки в документах ІСАО [3] поняття "РЛП" як правило ототожнюється із зоною дії однієї чи декількох радіолокаційних станцій, то логічно проводити оцінку якості за критеріями, які використовують геометричний підхід. Зони дії радіолокаційних станцій характеризуються верхньою та нижньою границями суцільного РЛП, які визначають діапазон висот, у

межах яких цілі виявляються та супроводжуються площею зон виявлення на заданій висоті, коефіцієнтом перекриття.

Геометричні показники якості РЛШП довгий час вважались головними при оцінці РЛШП. Але сукупність геометричних показників не в повній мірі відображає ті специфічні задачі, які вирішує служба руху цивільної авіації. Вони не відображають структуру зони керування повітряним рухом, інтенсивність руху на різних ділянках цієї зони, обмеженість ресурсів підсистеми збору радіолокаційної інформації системи керування повітряним рухом. Ці фактори в тій чи іншій мірі відображені в аналітичних показниках якості РЛШП.

Локальні показники якості можуть бути точковими, розподіленими точковими в просторі та часі, а також статистично обробленими показниками якості.

Точкові показники якості відображають якість радіолокаційного контролю повітряного руху в зафіксованій точці простору та часу.

Розподілені точкові показники якості як один з видів локальних показників якості РЛШП дають найповніше уявлення про якість РЛШП. Вони дозволяють оцінювати безперервність радіолокаційного контролю за простором зони контролю повітряним рухом та в часі. Слід зауважити, що побудова всіх розподілів показників якості потребує суттєвих затрат часу і ускладнює їх одночасний аналіз. Для подальшого агрегування інформації про якість РЛШП в зоні контролю повітряним рухом слід здійснити статистичну обробку розподілів за тими координатними осями, за якими розподіли носять найбільш регулярний характер.

Побудова функцій розподілу при агрегуванні розподілів шляхом їх статистичної обробки характеризується мінімальними збитками інформації. Для оцінки диференціальної функції розподілу точкових показників якості слід використовувати функцію, яка являє собою нормовану гістограму:

$$W[\Phi_i(l, H^*t^*)] = \frac{N_i}{N_l} - \text{вздовж трас в межах зони контролю повітряним рухом;}$$

$$W[\Phi_i(x, y, H^*t^*)] = \frac{N_i}{N_s} - \text{по площі зони контролю повітряним рухом;}$$

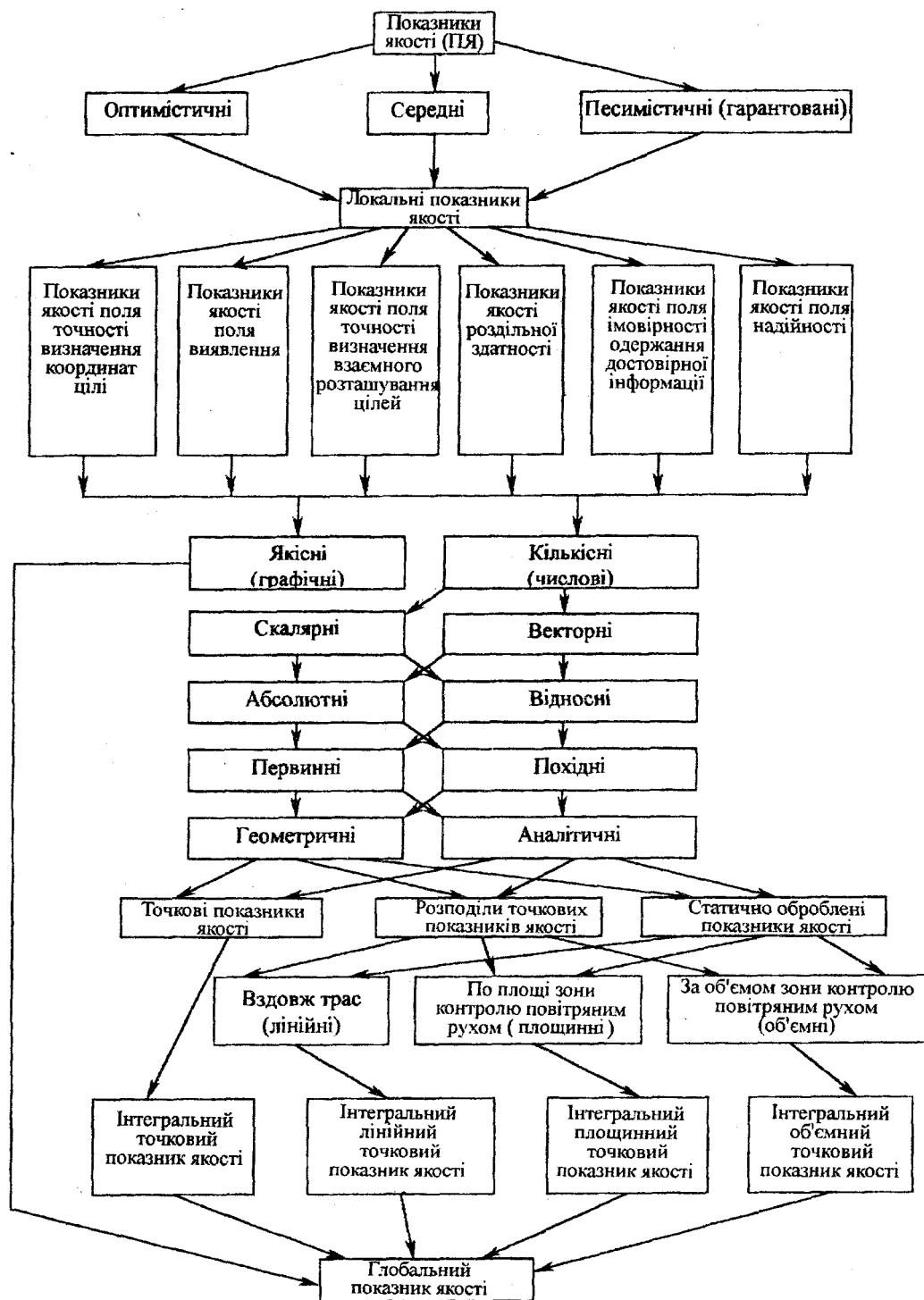
$$W[\Phi_i(x, y, z, H^*t^*)] = \frac{N_i}{N_v} - \text{по об'єму зони контролю повітряним рухом,}$$

де N_l, N_s, N_v – кількість еквідистантних точок аналізу, за якими будується функція $W(\Phi_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ – номери інтервалів, на які поділяється область можливих значень точкових показників якості; Φ_i, N_i – кількість точок аналізу, значення Φ в яких потрапили в півінтервал між Φ_i і Φ_{i-1} .

Слід зауважити, що статистична обробка показників якості, як правило, в недостатній мірі показує таку якість РЛШП, як безперервність радіолокаційного контролю.

Наступним етапом агрегування показників якості є формування інтегральних показників якості, які тим чи іншим функціональним способом об'єднують відповідні уявлення в просторі зони контролю повітряним рухом локальних показників якості.

Система показників якості РЛШП показана на рисунку. За допомогою такої системи можливе формування показників якості для кожного конкретного випадку оцінки РЛШП.



Світ показників якості РЛП

Список літератури

1. *Финкельштейн М.И.* Основы радиолокации. – М.: Сов. радио, 1973. – 496 с.
2. *Гребенников С.Н., Демидов Ю.М.* Критерии оценки эффективности радиолокационных полей // Управление воздушным движением: Сб. науч. тр. – Вып. 2. – М.: Транспорт, 1981. – С. 323-329.
3. *ДОС 7754 ИКАО.* Аэронавигационный план. Европейский регион. – 1985. – 322 с.

Стаття надійшла до редакції 11 липня 2000 року.