

УДК 621.371

Г.Г. ПИСАРЕНОК<sup>1</sup>, В.Н. ДЕЙНЕКО<sup>2</sup>, А.Л. БОНДАРЕНКО<sup>3</sup>, А.В. ПОЛЯКОВ<sup>2</sup><sup>1</sup> ЦККБ «Протон»<sup>2</sup> Харьковський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>3</sup> Военный институт телекоммуникации и информатизации

Национального технического университета Украины "КПИ", Полтава

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ ПО ИНФОРМАЦИИ ГЛОБАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

*Предложен общий подход совместной обработки измерений по сигналам спутниковых радионавигационных систем и средств мобильной связи. Разработан алгоритм оценки потенциальной точности определения координат объектов по информации глобальных спутниковых радионавигационных систем и мобильных систем связи. При оценке потенциальной точности использовались только измерения дальностей по спутниковым измерениям и дальностей и разностей дальностей по измерениям сигналов мобильной связи.*

**Ключевые слова:** спутниковая радионавигационная система, мобильная связь, потенциальная точность, измерения дальностей.

### Введение

Современные технологии спутниковой навигации находят все большее применение в самых различных областях деятельности человека. Такое широкое внедрение данных технологий обуславливается такими преимуществами спутниковых радионавигационных систем как: высокая точность координатных определений, всепогодность, глобальность и т.д. Кроме этого, стремительное развитие компьютерной и микропроцессорной техники и современных средств связи создало условия для создания сложных многофункциональных интегрированных систем с использованием навигационных модулей. Одним из вариантов реализации такой системы стал наземный транспорт: бригады мобильных аварийных, коммунальных, оперативных служб и служб безопасности, подразделения специальных служб и части вооруженных сил развитых стран мира активно внедряют и используют системы автоматического определения местоположения транспортных средств (Automatic Vehicle Location – AVL). Концепция слежения за подвижными объектами и контроля за их состоянием предполагает оперативное получение соответствующей службой объективной информации о текущих координатах подвижного средства, его скорость и направление движения, а также (по возможности) данные об их техническом состоянии. Практическое применение данной концепции позволяет более эффективно использовать подвижные объекты и оперативно реагировать на критические ситуации.

Однако такая система не может обеспечить стойкое функционирование при работе в городских условиях из-за высокого уровня погрешности многолучевости и малого количества видимых спутников, вследствие высотной застройки.

Выходом из данной ситуации может быть привлечение дополнительных измерителей, в качестве которых могут выступать базовые станции мобильной связи [1]. В связи с этим возникает проблема объединения данных от различного рода средств и оценки точностных характеристик систем, включающих в себя информацию спутниковых радионавигационных приемников и средств мобильной связи. Поэтому **целью работы** является оценка потенциальной точности определения координат объекта по информации спутниковых радионавигационных приемников и средств мобильной связи.

### Результаты исследований

Пусть имеется возможность измерения некоторых параметров (для определенности будем считать, что это псевдодальность) от  $n$  навигационных спутников приемником, установленным на объекте, координаты которого нам неизвестны и подлежат определению. Поскольку не все спутники доступны,  $n < 4$ . Имеется также  $m$  измерительных средств системы мобильной связи, координаты каждого из которых известны.

Для мобильных средств используются два основных метода определения координат: по времени получения сигнала от абонента (Time of Arrival –

TOA) и по разности времен прихода сигнала от различных станций (Enhanced Observed Time Difference, EOTD).

Оба метода требуют установки на базовые станции специального модуля определения местоположения. При использовании метода EOTD таких модулей необходимо значительно меньше, что существенно снижает расходы оператора. Метод TOA основан на измерении задержки при прохождении сигнала от базовой станции до телефона. Инициировать процесс определения местоположения может как сам пользователь, так и оператор. Метод EOTD базируется на измерениях разницы во времени задержки сигналов ближайших доступных базовых станций, имеющих специальные модули местоопределения. Особенность метода EOTD заключается в необходимости интеграции в мобильный терминал модуля вычислений. При этом, так как речь идет о разнице во времени получения сигналов, имеющих порядок микросекунд, остро встает вопрос синхронизации всех базовых станций, которая может быть осуществлена с использованием сигналов спутниковых радионавигационных систем

Таким образом, полагаем, что отдельное средство системы мобильной связи может измерять время прихода сигнала либо разность времен прихода сигнала от различных станций. Будем полагать, что измерения, как средствами мобильной связи, так и космическими средствами производятся одновременно, без систематических погрешностей и их количество достаточно для получения оценок координат. Требуется синтезировать алгоритм статистической оценки вектора местоположения объекта и определить потенциальную точность этой оценки.

Поскольку измерительные средства производят измерения в различных системах координат и находятся на больших расстояниях друг от друга (навигационные спутники и наземные средства), то для решения поставленной задачи целесообразно использовать в качестве опорной геоцентрическую систему координат (ГСК). Ось Z этой системы проходит через северный полюс, ось X – через гринвичский меридиан, ось Y дополняет систему до правой.

В наиболее общем случае связь между опорной системой координат и местной топоцентрической системой координат (ТПСК), с которой связаны измерения средств мобильной связи, определяется матрицей пересчета ортов осей ТПСК в опорную ГСК. Начало j-ой ТПСК совпадает с точкой стояния j-й базовой станции мобильной связи, ось ХТПСК направлена на Север, а ось YТПСК совпадает с направлением радиус-вектора от центра Земли до начала j-ой ТПСК, ось ZТПСК дополняет тройку до правой. Координаты вектора объекта из ТПСК могут быть трансформированы в ГСК с использованием следующего выражения [6]:

$$\Theta_j = \underline{T}_j \cdot \Theta_j^{(ТПСК)} + \Theta_{HCj}^{ГСК}, \quad (1)$$

где  $\underline{T}_j$  – матрица трансформации или матрица разворота ТПСК относительно опорной ГСК:

$$\underline{T}_j = \begin{bmatrix} -\sin B_j \cdot \cos L_j & \cos B_j \cdot \cos L_j & -\sin L_j \\ -\sin B_j \cdot \sin L_j & \cos B_j \cdot \sin L_j & \cos L_j \\ \cos B_j & \sin B_j & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$B_j$  и  $L_j$  – географическая широта и долгота начала ТПСК для j-го наземного измерителя с вектором координат

$$\Theta_{HCj}^{ГСК} = |X_j, Y_j, Z_j|^T,$$

$$X_j = R_3 \cos B_j \cos L_j, Y_j = R_3 \cos B_j \sin L_j, Z_j = R_3 \sin B_j$$

; T – знак транспонирования;  $R_3$  – радиус Земли;

$\Theta_j, \Theta_j^{(ТПСК)}$  – векторы положения ЛА в ГСК и ТПСК соответственно.

Координаты вектора объекта в ТПСК можно представить как

$$\Theta_j^{(ТПСК)} = \begin{bmatrix} X_{ТПСК} \\ Y_{ТПСК} \\ Z_{ТПСК} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_j \cdot \cos \alpha_j \cdot \cos \beta_j \\ D_j \cdot \sin \beta_j \\ D_j \cdot \sin \alpha_j \cdot \cos \beta_j \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $D_j$  – дальность до объекта в j-й ТПСК;  $\alpha_j$  и  $\beta_j$  – азимут и угол места в j-й ТПСК.

Рассмотрим далее представление измерений с использованием введенных систем координат для различных средств. В практике измерений с помощью спутниковых систем наиболее часто используют измерения псевдодальностей, поэтому они далее и рассматриваются. Использование других измерений (разностей дальностей, сумм дальностей и др.) потребует только изменения вида навигационной функции и не является принципиальным.

Представим измеренное значение псевдодальности от приемника на борту объекта до i-го навигационного спутника как

$$\hat{D}_i = D_{ИСТi} + \Delta \hat{D}_{\Theta i} + \Delta D_{Иi}, \quad (4)$$

где  $D_{ИСТi} = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2}$  – истинное значение дальности от объекта, имеющего координаты  $X, Y, Z$ , до i-го навигационного спутника с эфемеридами  $X_i, Y_i, Z_i$ ;  $\Delta D_{Иi}$  – флуктуационная погрешность измерения псевдодальности приемником, имеющая дисперсию  $\sigma_{Иi}^2$ ;  $\Delta \hat{D}_{\Theta i} = \frac{\partial D_{Иi}}{\partial X} \Delta X_{\Theta i} + \frac{\partial D_{Иi}}{\partial Y} \Delta Y_{\Theta i} + \frac{\partial D_{Иi}}{\partial Z} \Delta Z_{\Theta i}$  – погрешность, вызванная неточным знанием эфемерид, пе-

редаваемых в навигационном сообщении и имеющая дисперсию

$$\sigma_{\Delta i}^2 = \left( \frac{\partial D_{\text{ИСТ}i}}{\partial X} \right)^2 \sigma_{X\Delta i}^2 + \left( \frac{\partial D_{\text{ИСТ}i}}{\partial Y} \right)^2 \sigma_{Y\Delta i}^2 + \left( \frac{\partial D_{\text{ИСТ}i}}{\partial Z} \right)^2 \sigma_{Z\Delta i}^2,$$

где  $\Delta X_{\Delta i}, \Delta Y_{\Delta i}, \Delta Z_{\Delta i}$  – погрешности эфемерид по каждой из координат для  $i$ -го навигационного спутника, имеющие дисперсии  $\sigma_{X\Delta i}^2, \sigma_{Y\Delta i}^2, \sigma_{Z\Delta i}^2$ .

Тогда от всех видимых спутников вектор измерений представим в виде

$$\Theta_{\text{КС}} = \left[ \hat{D}_1, \hat{D}_2, \dots, \hat{D}_n \right]^T,$$

где  $T$  – знак транспонирования, а корреляционную матрицу погрешностей измерений (с учетом их некоррелированности) размерности  $(n \times n)$  в виде

$$\mathbf{K}_{\text{КС}} = \begin{pmatrix} \sigma_{1\text{КС}}^2 & 0 & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{2\text{КС}}^2 & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \sigma_{n-1\text{КС}}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & 0 & \sigma_{n\text{КС}}^2 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{i\text{КС}}^2 = \sigma_{\Delta i}^2 + \sigma_{\text{И}i}^2$  – суммарная дисперсия погрешности измерения псевдодальности, вызванная неточным знанием эфемерид и шумами приемника.

Для средств мобильной связи наиболее просто представляются измерения времени прихода сигнала (дальности), поскольку они инвариантны относительно расположения систем координат. По аналогии с (4) измеренное значение времени можно представить в виде

$$t_{\text{М}j} = t_{\text{ИСТ}j} + \Delta t_{\text{М}j}, \quad (6)$$

где  $t_{\text{ИСТ}j} = D_{\text{МИСТ}j} / c$ ,

$D_{\text{МИСТ}j} = \sqrt{(X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2 + (Z - Z_j)^2}$  – истинное значение дальности от объекта, имеющего геокоординаты  $X, Y, Z$ , до  $j$ -й базовой станции с координатами  $\Theta_{\text{МС}j}^{\text{ГСК}} = [X_j, Y_j, Z_j]^T$ , которые определяются по известным  $B_j$  и  $L_j$ ;  $\Delta t_{\text{М}j}$  – флуктуационная погрешность измерения времени  $j$ -м средством, имеющая дисперсию  $\sigma_{\Delta t_{\text{М}j}}^2$ ,  $c$  – скорость света.

При использовании метода EOTD измеренное значение времени можно представить в виде

$$dt_{\text{М}j} = t_{\text{ИСТ}1} - t_{\text{ИСТ}j} + \Delta dt_{\text{М}j},$$

где  $\Delta dt_{\text{М}j}$  – флуктуационная погрешность измерения разности времен прихода 1-м и  $j$ -м средствами, имеющая дисперсию  $\sigma_{\Delta dt_{\text{М}j}}^2$ .

Для всех средств мобильной связи вектор измерений представим в виде

$$\Theta_{\text{МС}} = \left[ t_{\text{М}1}, t_{\text{М}2}, \dots, t_{\text{М}m} \right]^T,$$

а корреляционную матрицу погрешностей измерений (с учетом их некоррелированности) размерности  $(m \times m)$  в виде

$$\mathbf{K}_{\text{МС}} = \begin{pmatrix} \sigma_{t_1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{t_m}^2 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Совокупный вектор измерений от всех имеющих средств (наземных и космических) представим в виде

$$\Theta = \left[ \Theta_{\text{КС}}^T, \Theta_{\text{МС}}^T \right]^T,$$

а корреляционную матрицу погрешностей измерений (с учетом их некоррелированности) в блочном виде

$$\mathbf{K} = \begin{pmatrix} \mathbf{K}_{\text{КС}} & 0 \\ 0 & \mathbf{K}_{\text{МС}} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Будем полагать, что погрешности измерений распределены по нормальному закону, тогда с точностью до констант функция правдоподобия примет вид:

$$P(X, Y, Z / \Theta) = C \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} [\Theta - F(X, Y, Z)]^T \mathbf{K}^{-1} [\Theta - F(X, Y, Z)] \right\}, \quad (9)$$

где

$F(X, Y, Z) = [F_1, F_2, \dots, F_n, F_{n+1}, F_{n+2}, F_{n+3}, \dots, F_{n+m}]^T$  – вектор, элементами которого являются функции, связывающие измерения с оцениваемыми параметрами, т.е.

$$F_1 = D_{\text{ИСТ}1}, F_2 = D_{\text{ИСТ}2}, \dots, F_n = D_{\text{ИСТ}n}; \\ F_{n+1} = t_{\text{ИСТ}1}, F_{n+2} = t_{\text{ИСТ}2}, \dots, F_{n+m} = t_{\text{ИСТ}m}.$$

Поскольку функции  $F_i$  нелинейны, то для нахождения искомых параметров следует применять итерационные методы, для которых используют линейные приближения векторной функции  $F(X, Y, Z)$ .

Полагая, что ошибки оценивания невелики, разложим вектор-функцию  $F(X, Y, Z)$  в ряд Тейлора в точке, соответствующей оценочным значениям

$\hat{\bar{\mathbf{X}}} = |\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}|^T$ , и ограничимся линейными членами:

$$\mathbf{F}(\hat{\bar{\mathbf{X}}}) = \mathbf{F}(\bar{\mathbf{X}}_0) + \frac{\partial \mathbf{F}(\bar{\mathbf{X}})}{\partial \hat{\bar{\mathbf{X}}}} \Delta \hat{\bar{\mathbf{X}}} = \mathbf{F}(\bar{\mathbf{X}}_0) + \mathbf{A} \Delta \hat{\bar{\mathbf{X}}}, \quad (10)$$

где  $\bar{\mathbf{X}} = |X, Y, Z|^T$  – истинные значения параметров;

$\hat{\bar{\mathbf{X}}} = |\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}|^T$  – оценочные значения параметров,

$$\mathbf{A} = \frac{d\mathbf{F}(\hat{\bar{\mathbf{X}}})}{d\hat{\bar{\mathbf{X}}}} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial \hat{X}} & \frac{\partial F_1}{\partial \hat{Y}} & \frac{\partial F_1}{\partial \hat{Z}} \\ \frac{\partial F_2}{\partial \hat{X}} & \frac{\partial F_2}{\partial \hat{Y}} & \frac{\partial F_2}{\partial \hat{Z}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_{n+m}}{\partial \hat{X}} & \frac{\partial F_{n+m}}{\partial \hat{Y}} & \frac{\partial F_{n+m}}{\partial \hat{Z}} \end{pmatrix} \quad (11)$$

матрица размером  $3 \times n + m$ .

Тогда [6]:

$$\Delta \hat{\bar{\mathbf{X}}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{K}^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{K}^{-1} \Delta \Theta,$$

где  $\Delta \Theta = [\Theta - \mathbf{F}(X, Y, Z)]^T$ .

Простая итерационная градиентная процедура уточнения параметров будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \hat{\bar{\mathbf{X}}}_{K+1} &= \hat{\bar{\mathbf{X}}}_K + \Delta \hat{\bar{\mathbf{X}}} = \\ &= \hat{\bar{\mathbf{X}}}_K + (\mathbf{A}^T \mathbf{K}^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{K}^{-1} (\Theta - \mathbf{F}(X_K, Y_K, Z_K)). \end{aligned} \quad (12)$$

Итерационный процесс заканчивается, когда приращения оценок параметров станут меньше заданных.

Существуют и более сложные итерационные алгоритмы, использующие информацию о второй производной целевой функции [7]. Потенциальная точность оценивания параметров определяется корреляционной матрицей погрешностей совместно эффективных оценок этих же параметров, которая является обратной к так называемой информационной матрице Фишера [6]. Примечательно, что потенциальная точность не зависит от конкретных алгоритмов оценивания, а определяется только видом функции правдоподобия. Согласно классической процедуре необходимо вычислить матрицу Фишера для всех параметров:

$$\mathbf{K}_{\hat{\bar{\mathbf{X}}}}^{-1} = \frac{d^2 \ln P(X, Y, Z / \Theta)}{d^2 \bar{\mathbf{X}}}, \quad (13)$$

$$\bar{\mathbf{X}} = |X, Y, Z|^T.$$

Производные берутся при истинных значениях параметров вектора  $\bar{\mathbf{X}}$ . Матрица  $\mathbf{K}_{\hat{\bar{\mathbf{X}}}}$  размерностью  $(3 \times 3)$  дает корреляционную матрицу совместно эффективных оценок  $\bar{\mathbf{X}}$ .

При линейном приближении (6) получим:

$$\mathbf{K}_{\hat{\bar{\mathbf{X}}}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{K}^{-1} \mathbf{A})^{-1}. \quad (14)$$

В случае некоррелированных измерений матрицы  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{K}^{-1}$  являются диагональными. Тогда

$$\mathbf{K}_{\hat{\bar{\mathbf{X}}}}^{-1} = \begin{pmatrix} \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial X} \right)^2 \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial X} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Y} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial X} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Z} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} \\ \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Y} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial X} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Y} \right)^2 \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Y} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Z} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} \\ \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Z} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial X} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Z} \right) \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Y} \right) \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} & \sum_{\ell=1}^{n+m} \left( \frac{\partial F_{\ell}}{\partial Z} \right)^2 \frac{1}{\sigma_{\ell}^2} \end{pmatrix},$$

где  $\sigma_{\ell}^2$  – дисперсии единичных измерений,  $\ell = 1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n+m$ .

### Выводы

1. Использование спутниковых радионавигационных систем местоопределения GPS/ГЛОНАСС позволяет наиболее точно определять местоположение потребителя.

2. Эффективность использования сигналов GPS/ГЛОНАСС резко снижается при использовании данных систем в городских условиях, что связано с затенением навигационных сигналов городской за-

стройкой и высоким уровнем погрешности многолучевости. Отсутствие сигналов навигационных спутников (из-за затенения) или срыв слежения за ними (из-за погрешности многолучевости) приводит к невозможности решения навигационной задачи и определения координат потребителя;

3. Выходом из такой ситуации может быть привлечение дополнительной информации других радиотехнических средств. Предлагается для повышения надежности и точности работы спутниковых

навигационных систем использовать измерения, полученные по сигналам мобильных станций связи.

4. Предложенный подход может лечь в основу разработки алгоритмов совместной обработки информации измерителей мобильной связи и космического базирования. Полученные выражения для точностных характеристик могут быть использованы при обработке информации совместно с информацией от глобальных спутниковых радионавигационных систем.

### Список литературы

1. Генике А.А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применения в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. – М.: Геоиздат, 1999. – 264 с.
2. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации / Ю.А. Соловьев. – М.: Эко-Трендс, 2000. – 267 с.
3. Огороднійчук М.Д. Узагальнений алгоритм

сумісної обробки на борту ЛА навігаційних даних вимірювачів з елементами наземного, повітряного і космічного базування / М.Д. Огороднійчук // Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – К.: ДНДІА, 2005. – Вип. 1 (8). – С. 97-106.

4. Деденок В.П. Совместное использование информации глобальных спутниковых радионавигационных систем и наземных измерительных средств при полигонных испытаниях летательных аппаратов / В.П. Деденок, Г.Г. Писаренко, А.Л. Бондаренко // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС, 2007. – Вип. 1 (6). – С. 60-66.

5. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. – М.: Сов. радио, 1978. – 384 с.

6. Бард Й. Нелинейное оценивание параметров / Й. Бард. – М.: Статистика, 1979. – 349 с

Поступила в редакцию 1.08.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник научного центра Г.В. Худов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

### ПОТЕНЦІЙНА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ СУПУТНИКОВИХ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

*Г.Г. Пісарьонко, В.М. Дейнеко, О.Л. Бондаренко, А.В. Поляков*

Запропоновано загальний підхід спільної обробки вимірів по сигналам супутникових радіонавігаційних систем і засобів мобільного зв'язку. Розроблено алгоритм оцінки потенційної точності визначення координат об'єктів по інформації глобальних супутникових радіонавігаційних систем і мобільних систем зв'язку. При оцінюванні потенційної точності використовувалися тільки виміри відстаней відносно супутникових вимірів, відстаней та різниць відстаней по вимірах сигналів мобільного зв'язку.

**Ключові слова:** супутникова радіонавігаційна система, мобільний зв'язок, потенційна точність, виміри відстаней.

### POTENTIAL ACCURACY DEFINITION OF POSITION OBJECT WITH USE INFORMATION OF GLOBAL POSITION RADIO NAVIGATION SYSTEM AND MOBILE COMMUNICATION SYSTEM

*G.G. Pisarenok, V.M. Deineko, A.L. Bondarenko, A.V. Polyakov*

General approach joint treatment of measuring is offered on the signals of the satellite radio navigation systems and mobile communication means. The algorithm of estimation of potential exactness of determination of coordinates of objects is developed on information of the global satellite radio navigation systems and mobile communication networks. At the estimation of potential exactness measuring of distances on the satellite measuring and distances and differences of distances were used only on measuring of signals of mobile communication.

**Key words:** satellite radio navigation system, mobile communication, potential exactness, measuring of distances.

**Писаренко Георгий Георгиевич** – канд. техн. наук, доцент, ведущий инженер ЦККБ «Протон», Харьков, Украина.

**Дейнеко Валерий Николаевич** – канд. техн. наук, старший научный сотрудник научного центра, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

**Бондаренко Александр Леонидович** – старший преподаватель Военного института телекоммуникации и информатизации Национального технического университета Украины "КПИ", Полтава, Украина.

**Поляков Андрей Валентинович** – научный сотрудник научного центра, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.