

УДК 621.396.96:621.391.26

В.І. Воробей

Київська державна академія водного транспорту  
ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Київ

## ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ БЕРЕГОВИХ ВИСТУПІВ У ЗАСОБАХ АВТОМАТИЧНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПРОКЛАДКИ

Проводиться аналіз особливостей вимірювання координат характерних обрисів берега при цифровому опрацюванні інформації в засобах автоматичної радіолокаційної прокладки. Розглядається два методи обчислювання координат берегових виступів: метод екстремального управління і метод проєкцій.

**Ключові слова:** метод екстремального управління, метод проєкції, координати, засоби автоматичної радіолокаційної прокладки.

### Вступ

**Актуальність дослідження.** Поряд з обчисленням параметрів прямування зустрічних об'єктів у засобах автоматичної радіолокаційної прокладки (ЗАРП) визначається швидкість і напрямок зносу свого судна. Крім того, вирішується задача стабілізації картографічної інформації, виведеної на екран індикатора кругового огляду, щодо радіолокаційного зображення. У зв'язку з цим крім автоматичного супроводження рухомих об'єктів ЗАРП здійснює автоматичне супроводження нерухомих радіолокаційних орієнтирів. Для забезпечення мінімальних помилок супроводження вибираються одиночні відмітки, алгоритм вимірювання координат яких не відрізняється від алгоритму вимірювання координат об'єктів, що рухаються. Проте зустрічаються ситуації, коли одиночних відміток у полі огляду ЗАРП немає й як орієнтир можна вибрати берегову відмітку, що має протяг. У цьому випадку вирішується задача автоматичного супроводження характерних обрисів берега, наприклад, що виступають у море ділянок суші – берегових виступів, або ділянок, що подають собою береги заток – увігнутостей берегової лінії. Подібні виступи й увігнутості під номерами 1 – 3 і 4 – 6 відповідно подані на рис. 1.

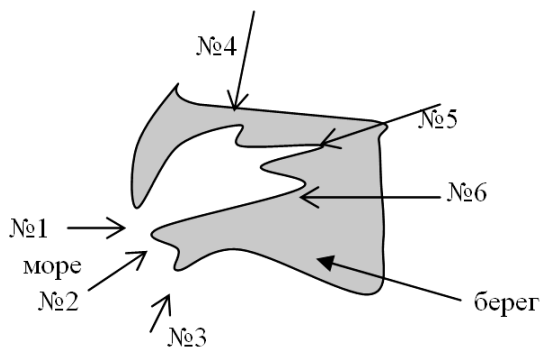


Рис. 1. Характерні обрисы берега

Засіб визначення координат берегового виступу не відрізняється від засобу визначення координат

увігнутості берегової риси. Тому надалі, розглядаючи той або інший метод визначення координат виступу, будемо припускати поширення його на випадок вимірювання координат увігнутості берегової лінії.

**Мета роботи.** Розробка методів вимірювання координат берегових виступів у засобах автоматичної радіолокаційної прокладки.

**Постановка задачі.** Для досягнення поставленої мети необхідно розглянути особливості та передумови вимірювання координат характерних обрисів берега у стробі автоматичного супроводження цілей.

### Основний матеріал

#### 1. Особливості вимірювання координат характерних обрисів берега

Одна з головних причин, що утрудняє рішення задачі вимірювання координат одиночних надводних об'єктів, це – випадкова перешкода від морського хвилювання. Успіх вимірювання залежить від того, наскільки вірно виявлено сигнал. Невідомість закону розподілу перешкоди в сучасний момент часу спричиняє для розробки алгоритмів застосування теорії адаптивних систем, а участь оператора ЗАРП у виявленні сигналу в якості вчителя (ручне захоплення сигналу на автоматичне супроводження) подає можливість вирішувати задачу за допомогою системи виявлення, що навчається [1].

Для вимірювання координат характерних обрисів берега необхідно здійснити ручне захоплення виступу на автоматичне супроводження так, щоб кінцева частина виступу знаходилася поблизу центру, а краї примикали до сторін стробу. Так само, як і при супроводженні судна, тут можна сформувати додатковий строб і вирішувати задачу за допомогою системи, що навчається. Проте жорсткої необхідності в цьому немає, тому що на радіолокаційному екрані ЗАРП перешкода від морського хвилювання в прибережній смузі і, отже, у стробі автоматичного супроводження берегового виступу практично відсутня.

Існують інші проблеми, пов'язані з тим, що обриси берега і його розташування у стробі змінюються так, що в результаті з бігом часу вони не мають нічого загального з тим, що було на початку автоматичного супроводження. Ці зміни відбуваються в результаті зменшення або збільшення числа блискучих крапок, утворення декількох країв виступу або поступового їх згладжування, переутворення виступу берегової риси в одиночну або групу одиночних відміток, швидкі або повільні флуктуації радіолокаційного сигналу і т.д. Подібні явища обумовлені насамперед зміною ракурсу опромінювання виступу в результаті переміщення судна, а також варіюванням потужності відбитого сигналу в міру зміни відстані до берега. Крім того, немаловажну роль тут грає накладення перешкод від хмарності, атмосферних осадків, шумів приймача радіолокаційних сигналів, активних перешкод, а також нестабільність порога квантування відеосигналу. Тому вимірювання координат характерних обрисів берега подає складну, а іноді, наприклад, при перетворенні виступу в лінію, у якій не за що “зачепитися”, і нерозв'язну задачу.

Таким чином, з огляду на особливості вимірювання координат берегових

виступів при розробці алгоритмів вимірювання необхідно виходити з таких передумов:

1. Для заглушення активних перешкод, перешкод від хмарності й атмосферних осадків в апаратурі ЗАРП повинні бути передбачені відповідні міри.

2. У стробі відсутні перешкода від моря і обриси берега чітко помітні у момент захоплення виступу на автоматичне супроводження.

Виходячи з цих передумов, при вимірюванні координат необхідно прийняти, що в стробе існує не більш однієї зв'язної зони [2] і ця зона належить береговому виступу.

Для формування фізичного строба автосупроводження в устрій кодування відеосигналу надходять коди, що відповідають дальності  $D_{нс}$  і пеленга  $\Pi_{нс}$  початку строба, а також коди, що відповідають дальності  $D_{кс}$  і пеленгу  $\Pi_{кс}$  кінця строба. У зв'язку з цим кожної сторони строба можна поставити у відповідність чисельне значення пеленга і дальності. Сторони АБ і ГВ (рис. 2), як функції  $D(\Pi)$ , визначаються рівностями  $D = D_{кс}$  і  $D = D_{нс}$  відповідно, а сторони АГ і БВ, як обернені функції  $\Pi(D)$ , визначаються рівностями  $\Pi = \Pi_{нс}$  і  $\Pi = \Pi_{кс}$ .

Прийmemo прилягаючі до сторін строба частини виступу в якості основи останнього, наприклад, відрізки аб і бв (рис. 2). Тоді кожній основі також можна поставити у відповідність певне значення пеленга або дальності.

З огляду на викладене, нижче пропонується два методи обчислення координат берегових виступів: метод екстремального управління і метод проєкцій.

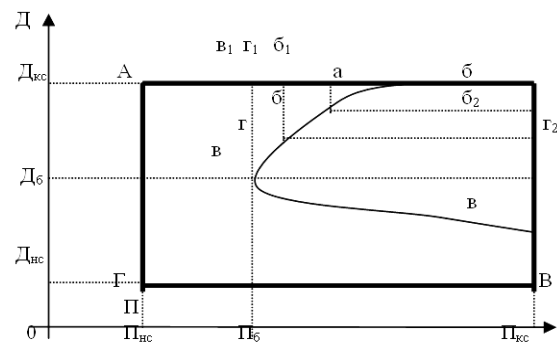


Рис. 2. Проєкції  $b_1, v_1, g_1$  точок берегової лінії розташовуються поза основою берега, рівнобіжною осі пеленга

## 2. Екстремальне управління

Береговий виступ у матриці строба можна розглядати як деяку функцію  $D(\Pi)$ , що змінюється в часу, у прямокутній системі координат ОПД або  $\Pi(D)$  у системі ОДП (рис. 2), що має один або декілька екстремумів. Аналітичне вираження функції, кількість екстремумів і їхнє положення невідомо. Тому для віднаходження координат берегового виступу доцільно застосування методів екстремального управління. Система екстремального управління повинна вивести й утримувати робочу точку в глобальному екстремумі. Аналіз реальних берегових ліній у матриці строба показує, що функція, що апроксимує береговий виступ (функція якості), неперервна, а її перша похідна – кусково-неперервна, тобто пошук екстремума можна розглядати для випадку, коли функція якості являє собою кусочно-гладку, гладкоопуклу або гладко-увігнуту функцію.

Екстремум функції  $D(\Pi)$  є таке її значення  $D(\Pi_3)$ , для яких виконуються нерівності:

$$D(\Pi_3 + c) < D(\Pi_3), \text{ якщо має місце максимум,}$$

$$D(\Pi_3 + c) > D(\Pi_3), \text{ якщо має місце мінімум,}$$

де  $c$  – перемінна величина.

Тому для віднаходження координат берегового виступу доцільно скористатися відомим засобом пошуку екстремума по збільшенню, що полягає в перевірці збільшення функції при додатних і від'ємних значеннях  $c$ . При переході через мінімум знак приросту з від'ємного поміняється на додатний, а при переході через максимум – навпаки.

Розглянута екстремальна система управління являє собою двомірну систему. Тому, на відміну від багатомірних систем тут не існує проблема вибору методу організації прямування до екстремуму і з точки зору практичної реалізації доцільно застосування екстремальної системи з незалежним пошуком. По суті така система являє собою релейну екстремальну систему, у якій для управління прямуванням використовується знак показника екстремума. Пошук екстремума здійснюється в системі координат ОПД або ОДП у залежності від того, у який із систем розглянута точка відповідає екстремуму

функції. Наприклад, якщо проекції точок знаходяться поза основою аб (рис. 2), то пошук екстремума відбувається в координатах ОДП. Якщо – поза основою бв (рис. 3), то пошук – у координатах ОПД.

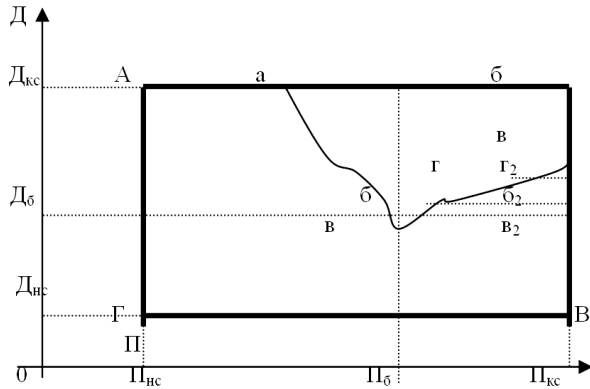


Рис. 3. Проекції б<sub>2</sub>, в<sub>2</sub>, г<sub>2</sub> точок берегової лінії розташовані поза основ берега, рівнобіжної осі дальності

### 3. Метод проекцій

Суть методу полягає в тому, що координати берега визначаються в залежності від розташування проекцій характерних точок берегового виступу на сторони стробу, що прилягають до основ виступу. Вимірювання координат здійснюється в такому порядку.

1. У сформованій матриці стробу провадиться виявлення зв'язної зони і запам'ятовування координат її обрисів, що утворюють замкнуту лінію (рис. 2).

2. Провадиться порівняння значень координат обрисів зв'язної зони по значенням пеленга П<sub>нс</sub> і дальності Д<sub>нс</sub> початку і пеленга П<sub>кк</sub> і дальності Д<sub>кк</sub> кінця стробу.

3. Координати точок зв'язної зони, що співпали з координатами сторін стробу, вважаються точками, що належать основам виступу.

4. Нехай деякі з координат точок зв'язної зони співпали з координатами двох суміжних сторін стробу. Наприклад (рис. 2 – 4), координати точок а і в зони співпали з координатами сторін стробу П<sub>кк</sub> і Д<sub>кк</sub>, тобто виступ прилягає основами до двом суміжних сторін стробу.

5. Нехай існує деяке число точок виступу, що прилягає до двох суміжних сторін стробу (рис. 2, 3). Проекції точок на сторони, що прилягають до виступу, виходять за межі однієї з основ виступу. Тоді координати берега визначаються в такий спосіб.

Якщо проекції б<sub>1</sub>, в<sub>1</sub>, г<sub>1</sub>, ... (рис. 2) виходять за основу аб, рівнобіжну осі пеленга П, то координати П<sub>б</sub>, Д<sub>б</sub> виступу – це координати точки в, найбільше віддаленої від основи бв, рівнобіжної осі дальності Д. Якщо проекції б<sub>2</sub>, в<sub>2</sub>, г<sub>2</sub>, ... виходять за основу бв, рівнобіжну осі дальності Д (рис. 3), то координати виступу – це координати точки, в найбільше віддаленої від основи аб, рівнобіжної осі пеленга П.

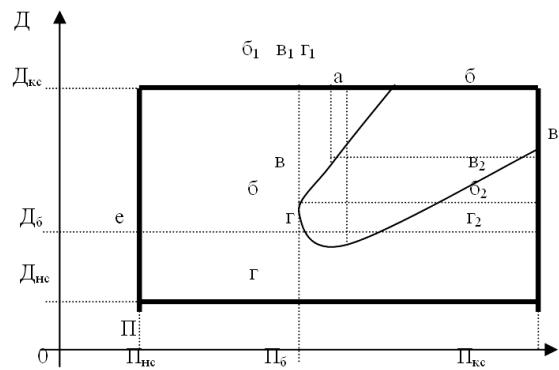


Рис. 4. Проекції б, в, г точок берегової лінії розташовані поза обох основ берега

6. Нехай існує деяке число таких точок б, в, г, ... виступу, що прилягає до двох суміжних сторін стробу (рис. 4). Проекції точок на сторони, що прилягають до виступу, виходять за межі обох основ виступу. Тоді координати П<sub>б</sub> і Д<sub>б</sub> берегового виступу визначаються як координати точки перетинання двох відрізків прямих: а) відрізка б<sub>1</sub>г прямої, рівнобіжної осі дальності Д і минущої через точку, найбільше віддалену від основи бв, рівнобіжної осі Д; б) відрізка ег<sub>2</sub> прямої, рівнобіжної осі пеленга П і минущої через точку, найбільше віддалену від основи аб, рівнобіжної осі П.

7. Нехай деякі з координат точок зв'язної зони співпали з координатами однієї зі сторін стробу, тобто виступ прилягає основою до однієї сторони стробу:

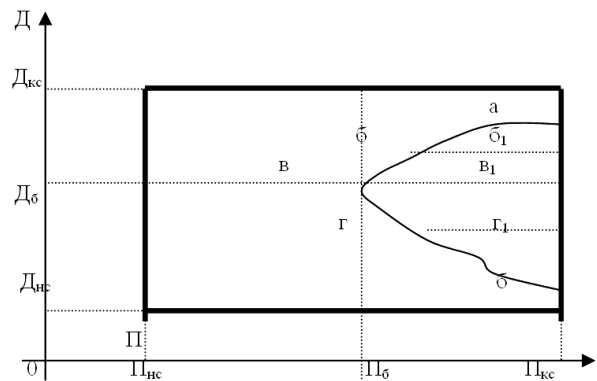


Рис. 5. Проекції б, в, г точок берегової лінії розташовані в межах основи берега

а) нехай існують такі точки б, в, г, ... виступу (рис. 5), проекція яких на сторону, що примикає до виступу, ляже в межах основи аб виступу. Тоді координати П<sub>б</sub> і Д<sub>б</sub> берега визначаються як координати точки в, найбільше віддаленої від сторони, пов'язаної з виступом.

б) нехай існують такі точки б, в, г, ... виступу, проекція хоча б однієї з яких виходить за межі основи (рис. 6). Тоді координати берега визначаються як координати точки перетинання двох відрізків прямих: відрізка вг прямої, рівнобіжної осі дальності Д і минущої через точку α, найбільше віддалену від

основи аб; відрізка е<sub>в</sub> прямої, рівнобіжної осі пеленга П і минущою через точку в, проекція якої на сторону стробу лежить поза основою виступу.

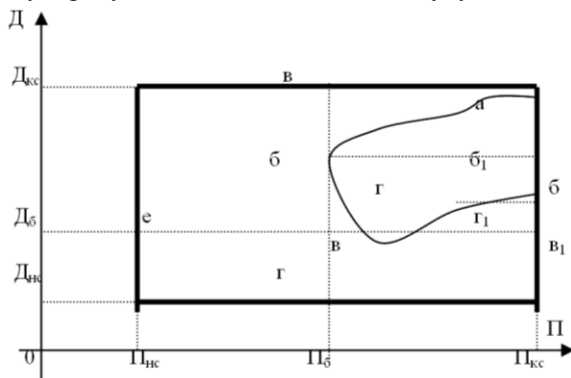


Рис. 6. Проекції  $v_1$ ,  $г_1$  точок берегової лінії розташовані поза основи берега

8. Нехай ряд точок зв'язної зони співпали по координатах із трьома сторонами стробу (рис. 7).

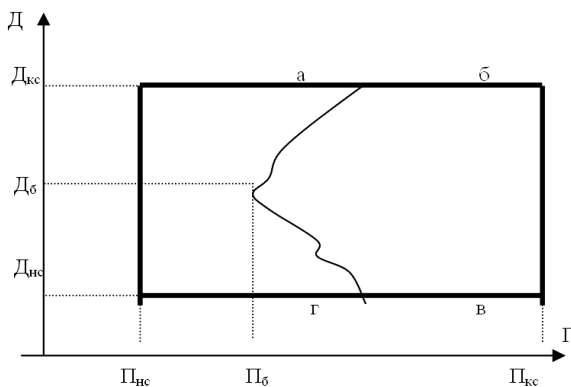


Рис. 7. Зображення берега, який має три основи

Тоді незалежно від проекції точок зони координати  $П_б$  і  $П_б$  виступу визначаються як координати точки, найбільше віддаленої від середньої сторони, що прилягає до виступу.

Існують, явно, і інші варіанти обрисів і розташувань берега в стробі, вимірювання координат яких у більшості випадків можна зводити до розглянутого методу.

## Висновки

Проводячи порівняльний аналіз розглянутих методів вимірювання координат, необхідно відзначити наступне.

Один з недоліків методу екстремального управління полягає в неприйнятності останнього у випадку, коли у результаті зміни ракурсу опромінювання виступу, функція якості стає переривистою. Застосування методу проекцій утруднено неможливістю передбачити усі варіанти обрисів і розташування берега у стробі. Метод екстремального управління більш точний, наприклад, у випадках, приведених на рис. 4, 6. У той же час, метод проекцій простіше з погляду його математики. Для практичної реалізації, явно, доцільно розглядати засіб, що об'єднує по визначеним правилам екстремальне управління та метод проекцій.

## Список літератури

1. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем / Я.З. Цыпкин. – М.: Наука, 1979. – 252 с.
2. Судовые средства автоматизации предупреждения столкновений судов / Ю.Г. Зурабов, Р.Н. Черняев, Е.В. Якиевич, В.Я. Яловенко. – М.: Транспорт. – 264 с.

Надійшла до редколегії 21.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ БЕРЕГОВЫХ ВЫСТУПОВ В СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ

В.И. Воробей

Проводится анализ особенностей измерения координат характерных очертаний берега при цифровой обработке информации в средствах автоматической радиолокационной прокладки. Рассматриваются два метода вычисления координат береговых выступов: метод экстремального управления и метод проекции.

**Ключевые слова:** метод экстремального управления, метод проекции, координаты, средства автоматической радиолокационной прокладки.

## COORDINATES MEASURING OF WATERSIDE LEDGES IN OF AUTOMATIC RADAR PLOTTING AIDS

V.I. Vorobey

Features analysis of bank characteristic outlines coordinates measuring is conducted at digital treatment of information in automatic radar plotting aids. Two methods of coordinates calculation of waterside ledges are examined: method of extreme control and method of projections.

**Keywords:** method of extreme management, method of projection, co-ordinate, mean of automatic radio-location gasket.