

СТРАТЕГИЯ ПОВЕДЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОПЕРАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ

Васюхин М.И.

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

Abstract

Vasukhin M. I. Conduct strategy of interactive geoinformation complexes of efficient interaction for decision of prosecution tasks. The method of authorizing functions, that proves the method of parallel chasing is shown. Usage of this method for problem solving of prosecution in interactive geoinformation complexes of operating interplay is offered.

Введение

Настоящая работа посвящена поиску методов и средств организации процесса функционирования интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия (ИГК ОВ) при решении задач преследования.

Принципам построения ИГК ОВ посвящено ряд работ [1-12]. На рис.1 представлен вариант структуры разработанного под руководством автора действующего комплекса, который был создан в рамках НИР «Базовый комплекс средств конфигурирования и управления распределенных интерактивных геоинформационных систем оперативного взаимодействия» шифр ГЕОКАРТА по договору №2/615-97, от "5" августа 2000 года государственной научно-технической программы 06.05. Комплекс состоит из системы ввода и первичной обработки данных об изображении, центрального вычислительного комплекса и системы оперативного взаимодействия.

Система ввода и первичной обработки данных об изображении содержит радиолокационные средства-1, средства оперативного ввода картографических данных и данных об изображении символов -2, средства ввода реальных сцен (с помощью телевизионных средств)-3 и средства ввода данных аэрофотосъемки и прецизионных снимков - 4.

Система оперативного взаимодействия, рис.1, содержит средства отображения сложных движущихся символов на цветном картографическом фоне, представляемые как на обычных мониторах 9, так и на экране коллективного пользования, а также средства, позволяющие обеспечить ввод-вывод изображений: ЛГА – лазерный гравировальный автомат, МОЗАИКА – устройство печати цветных изображений, графопостроитель – ПАГ-500, устройство печати знаковосинтезирующее – УПЗ. Посредством системы оперативного взаимодействия оператор или группа операторов-специалистов осуществляют взаимодействия, обеспечивающие работу комплекса в интерактивном режиме.

Центральный вычислительный комплекс, отличительной особенностью которого являлось наличие значительных объемов памяти 6 и 7, обеспечивал выполнение следующих функций:

- ввод графической (картографической) информации;
- обработку введенной информации;

Система ологративного взаимодействия

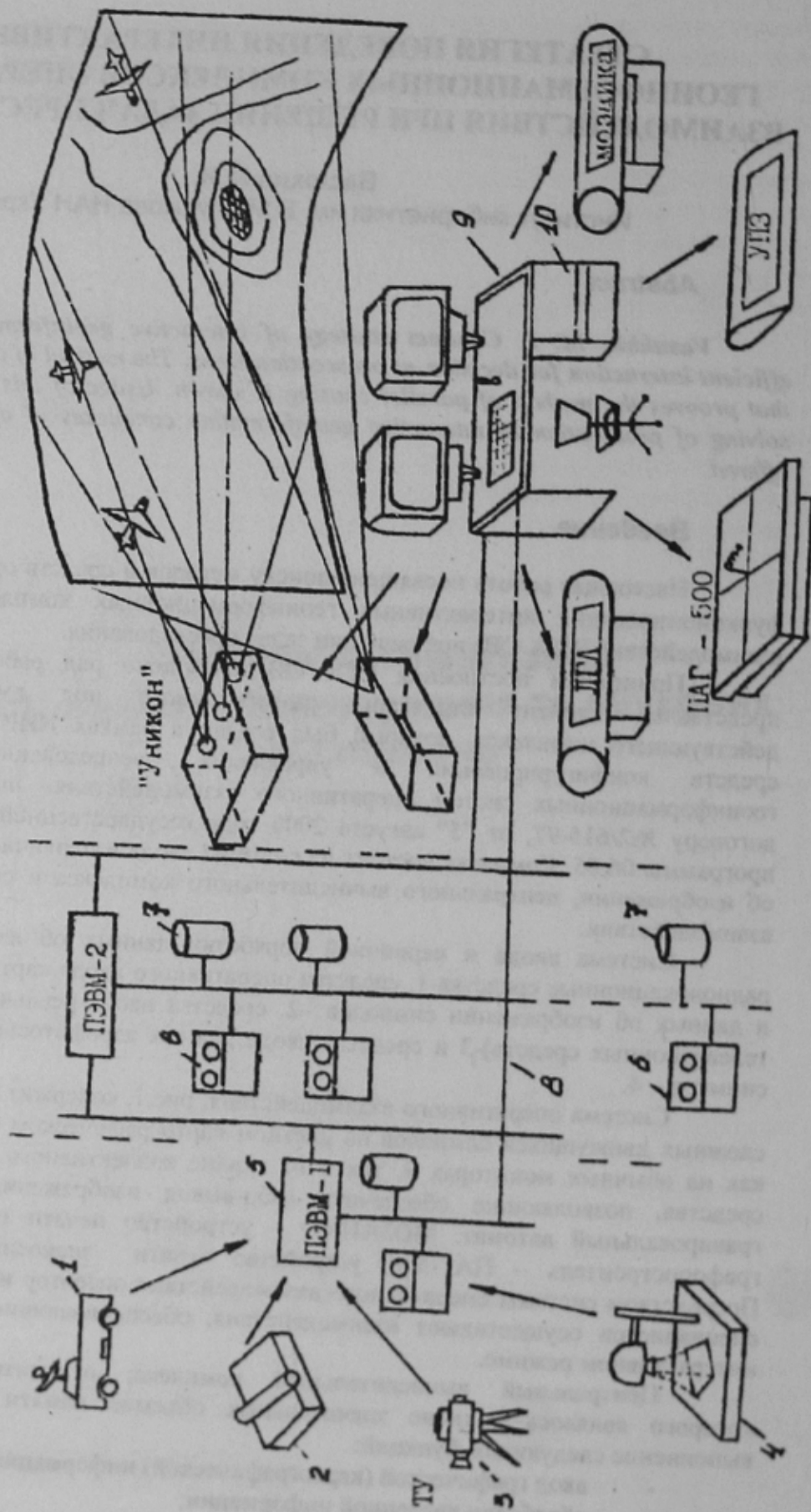


Рисунок 1 - Структура интерактивного геоинформационного комплекса оперативного взаимодействия

- создание географических баз данных, их ведение, обновление и выдачу;
- преобразование систем координат географических баз;
- построение картографического изображения, определенной территории в объемах объектового содержания исходного картографического материала и его масштабирование;
- сшивку географических баз;
- идентификацию картографических объектов;
- создание баз данных, относящихся к прикладной области, включая динамические объекты, их ведение, обновление и выдачу;
- нанесение на цветном картографическом фоне по заданным координатам статических объектов и получение по запросу формуляров этих объектов;
- динамику оперативной обстановки, подсветку активных объектов на цветном картографическом фоне, включая:
 - отображение динамических объектов в виде перемещающихся сложных символов, сориентированных в направлении движения;
 - разделение динамических символов по форме символа, цветовой палитре (для разделения по важности различных типов объектов), по яркости (для отображения объектов, находящихся на различной высоте), по частоте мерцания, например, (для отображения вновь появившихся объектов - медленное мерцание, а снижающихся объектов - быстрое мерцание);
 - черчение твердой копии изображения театра взаимодействий на принтере либо на плоттере (графопостроителе).

К характерным задачам, решаемых таким комплексом, можно отнести задачу безопасности полетов - разводки самолетов в районе крупных аэропортов, и обратной ей - задачу преследования, в случае использования комплекса в системе ПВО. В этом случае задача преследования - убегания является одной из основных и самых трудных задач, свойственных ИГК ОВ.

Начиная с монографии Р.Айзекса [13], положившей начало географическим исследованиям таких задач, затем в книге Л.С.Понтрягина [14] далее в работах Н.Н.Красовского [15,16]. К этим работам необходимо отнести и работы Б.Н.Пшеничного, например, [17] и его учеников.

Для решения практической задачи преследования нами выбран метод разрешающих функций, развитый в монографии А.А.Чикрия [18], дающий, в частности, обоснования классического правила параллельного преследования. Основной причиной такого выбора является практическая направленность метода и возможность численной реализации процесса преследования.

Постановка задачи преследования

Опишем поведение объекта формально.

Пусть движение управляемого объекта в пространстве R^n представлено уравнением

$$\dot{z} = Az + \varphi(u, v), \quad z(0) = z_0, \quad (1)$$

где z - фазовый вектор, состоящий из геометрических координат, скоростей, ускорений преследователя и убегающего;

A - квадратная матрица порядка n , $\varphi(u, v)$, $\varphi : U \times V \rightarrow R^n$ - непрерывная по совокупности переменных функция - блок управления;

u и v – параметры управления преследователя и убегающего, которые выбираются из областей управления U и V , являющихся непустыми компактами пространства R^n . R^n – евклидово n -мерное пространство точек $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Выбирая свои управления в виде некоторых функций, каждый из игроков воздействует на процесс (1), преследуя свои цели.

Цель преследователя – вывести траекторию процесса (1) на некоторое замкнутое множество M' , которое А.А.Чикрий назвал терминальным, за кратчайшее время, а цель убегающего – уклонить траекторию процесса (1) от встречи с множеством M' на всем полубесконечном интервале времени или, если это невозможно, максимально оттянуть момент встречи.

Терминальное множество является цилиндрическим и имеет вид

$$M' = M^o + M. \tag{2}$$

где M^o – линейное подпространство из R^n , а M – непустой компакт из ортогонального дополнения L к M^o в пространстве R^n . Преследователь использует квазистратегии, а убегающий – программные управления, т.к. $u(t)=u(z_0, v_t(\cdot))$, где $v_t(\cdot)=\{v(s): s \in [0, t]\}$.

Метод решения

Обозначим через π – оператор ортогонального проектирования из R^n на L , через e^{At} – фундаментальную матрицу однородной системы $\dot{z} = Az$, а $\varphi(U, v) = \{\varphi(u, v) : u \in U\}$ для $v \in V$.

Рассмотрим многозначные отображения

$$W(t, v) = \pi e^{At} \varphi(U, v), \quad W(t) = \bigcap_{v \in V} W(t, v), \quad t \geq 0.$$

Условие 1 (условие Л.С.Понтрягина) Отображение $W(t) \neq \emptyset$ для всех $t \geq 0$.

Замечание 1. Для линейного процесса

$$W(t) = \pi e^{At} U^* - \pi^{At} V$$

Из условия 1 следует, что $\text{dom } W = \{t \geq 0 : W(t) \neq \emptyset\}$. Тогда, поскольку многозначное отображение $W(t, v)$ непрерывно на множестве $[0, +\infty) \times V$, то $W(t)$ полунепрерывно сверху, а значит, борелевское. Следовательно существует хотя бы один борелевский селектор $\gamma(t)$, $\gamma(t) \in W(t)$, $t \geq 0$. Обозначим через $\Gamma = \{\gamma(\cdot) : \gamma(t) \in W(t), t \geq 0\}$ совокупность борелевских селекторов многозначного отображения $W(t)$. Зафиксируем некоторый элемент $\gamma(\cdot) \in \Gamma$, положим

$$\xi(t, z, \gamma(\cdot)) = \pi e^{At} z + \int_0^t \gamma(\tau) d\tau$$

и рассмотрим разрешающую функцию

$$\alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)) = \sup \{ \alpha \geq 0 : [W(t - \tau, v) - \gamma(t - \tau)] \cap \alpha [M - \xi(t, z, \gamma(\cdot))] \neq \emptyset \} \tag{3}$$

для $0 \leq \tau \leq t$, $z \in R^n$, $v \in V$.

Так как $0 \in W(t - \tau, v) - \gamma(t - \tau)$ для всех $v \in V$, $t \geq \tau \geq 0$, то при $\xi(t, z, \gamma(\cdot)) \in M$ функция $\alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)) = +\infty$ при всех $\tau \in [0, t]$, $v \in V$. Если же $\xi(t, z, \gamma(\cdot)) \notin M$, то разрешающая функция (3) принимает конечные значения, она к тому же равномерно по $\tau \in [0, t]$, $v \in V$ ограничена.

Рассмотрим функцию

$$T(z, \gamma(\cdot)) = \inf \{ t \geq 0 : \inf_{v \in V} \int_0^t \alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)) d\tau \geq 1 \} \tag{4}$$

Если неравенство в фигурных скобках не выполняется при всех $t \geq 0$, то будем полагать $T(z, \gamma(\cdot)) = +\infty$. Заметим, что если $\xi(t, z, \gamma(\cdot)) \notin M$ функция

$$\inf_{v \in V} \alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot))$$

измерима по τ , а так как она равномерно ограничена по τ , то и суммируема на интервале $[0, t]$. Если же $\xi(t, z, \gamma(\cdot)) \in M, t > 0$, то $\inf_{v \in V} \alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)) = +\infty$ для $\tau \in [0, t]$, и

в этом случае значение интеграла естественно положить равным $+\infty$ и, следовательно, неравенство в определении функции $T(z, \gamma(\cdot))$ выполняется автоматически.

Теорема 1. Пусть для конфликтно управляемого процесса (1), выполнено условие 1, множество M – выпукло, для начального состояния z^0 и некоторого селектора $\gamma^0(\cdot) \in \Gamma T(z^0, \gamma^0(\cdot)) < +\infty$. Тогда траектория процесса (1) может быть приведена из начального состояния z^0 на терминальное множество в момент $T(z^0, \gamma^0(\cdot))$.

Доказательство содержится в [18].

Нахождение разрешающей функции по вышеприведенным формулам задача непростая. Однако имеет место утверждение 1.

Лемма 1. Пусть конфликтно управляемый процесс (1) линеен, выполнено условие(1), существует непрерывная положительная функция $r(t), r: R^+ \rightarrow R^+,$ и число $l \geq 0$ такие, что $pe^{At}U = r(t)S, M = lS,$

где S - единичный шар пространства с центром в нуле. Тогда разрешающая функция

$$\alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)), t \geq \tau \geq 0, z \in R^n, v \in V, \gamma(\cdot) \in \Gamma$$

при $\xi(t, z, \gamma(\cdot)) \notin lS$ является большим положительным корнем квадратного уравнения

$$\|pe^{A(t-\tau)}v + \gamma(t-\tau) - \alpha\xi(t, z, \gamma(\cdot))\| = r(t-\tau) + \alpha l \tag{5}$$

относительно α .

Примеры. Проиллюстрируем работоспособность метода на простом примере, когда объекты управляются по скорости.

Пример 1 (простое движение). Здесь движение преследователя и убегающего описывается уравнениями

$$\begin{aligned} \dot{x} &= u, & \|u\| &\leq \alpha, & \alpha > 1, & x \in R^n, \\ \dot{y} &= v, & \|v\| &\leq 1, & & y \in R^n. \end{aligned} \tag{6}$$

Этим уравнениям движения соответствуют движения с фиксированной скоростью. Терминальное множество задается равенством $x = y$, то есть преследователь догоняет объект преследования. Сделав замену $z = x - y$, приведем процесс (6) к виду

$$\dot{z} = u - v, z \in R^n, \|u\| \leq \alpha, \|v\| \leq 1. \tag{7}$$

При этом $M' = \{0\}$. В данном случае $M^0 = \{0\}, M = \{0\}$. Поэтому $L = R^n$, а p представляет собой оператор тождественного преобразования и задается единичной матрицей E . Матрица A нулевая а, следовательно, $e^{At} \equiv E$.

Далее,

$$W(t, v) = \alpha S - v, \quad W(t) = \bigcap_{v \in S} (\alpha S - v) = \alpha S^* - S = (\alpha - 1) S:$$

Так как $\alpha > 1$, то $W(t) = (\alpha - 1) S \neq \emptyset$, т.е. условие 1 выполняется. Выберем селектор $\gamma(t)$ тождественно равным нулю. Тогда

$$\xi(t, z, \gamma(\cdot)) = z$$

Разрешающая функция для $z \neq 0$ задается выражением

$$\alpha(t, \tau, z, v, \gamma(\cdot)) = \alpha(z, v) = \max \{ \alpha \geq 0 : -\alpha z \in \alpha S - v \}$$

и в силу леммы 1 удовлетворяет квадратному уравнению $\|v - \alpha z\| = \alpha$. Решая его, получим

$$\alpha(z, v) = \frac{(z, v) + ((z, v)^2 + \|z\|^2 (\alpha^2 - \|v\|^2))^{1/2}}{\|z\|^2} \tag{8}$$

Тогда $\alpha(z) = \min_{\|v\| \leq 1} \alpha(z, v) = \frac{\alpha - 1}{\|z\|}$, причем, минимум достигается на векторе

$$v = -\frac{z}{\|z\|}. \text{ Отсюда следует, что } T(z, 0) = \frac{\|z\|}{\alpha - 1}.$$

Следовательно, управление преследователя имеет вид

$$u(\tau) = v(\tau) - \alpha(z^\circ, v(\tau))z^\circ, \quad \tau \in \left[0, \frac{\|z^\circ\|}{\alpha - 1} \right], \tag{9}$$

где z° – начальное состояние процесса.

Легко видеть, что такой закон управления реализует параллельное преследование.

Иначе говоря, $z(t)$ параллельно z° для всех t , таких, что

$$1 - \int_0^t \alpha(z^\circ, v(\tau)) d\tau > 0.$$

Следовательно, стратегия, предписывающая преследователю закон управления (8, 9), является стратегией параллельного преследования, состоящая в том, что в процессе преследования прямые, соединяющие текущие положения преследователя и убегающего (линии визирования, рис. 2), должны быть параллельны, рис. 3.

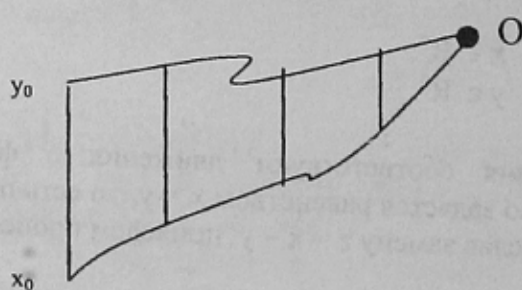


Рисунок 2 - Траектории полета цели и преследователя

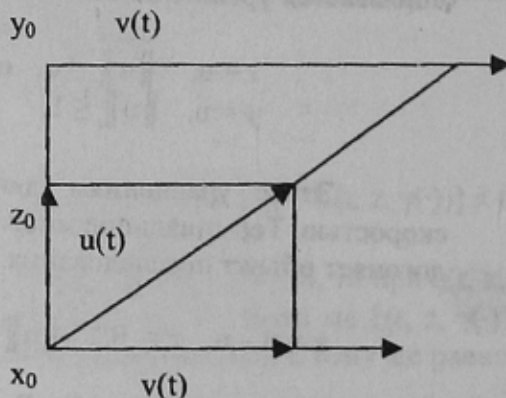


Рисунок 3 - Выбор направления и скорости преследователя

На рисунке 2 изображены траектории полетов цели и преследователя. Преследователь догоняет убегающего в точке О. Кроме того, там показано изменения параметра z за периодичные интервалы времени.

На рисунке 3 изображена схема выбора траектории и вектора скорости преследователя. Вектор $u(t)$ равен сумме векторов $v(t)$ выходящего из точки x_0 и вектора αz_0 .

Приведем также решение задачи преследования для объектов второго порядка с постоянным трением по существу соответствующих 2-му и 3-му закону Ньютона (Контрольный пример Л.С.Понтрягина). Движение преследователя убегающего задается уравнениями

$$\begin{aligned} \ddot{x} + \alpha \dot{x} &= \rho u, & x \in R^s, s \geq 2, & \|u\| \leq 1, \alpha, \rho > 0 \\ \ddot{y} + \beta \dot{y} &= \sigma v, & y \in R^s, & \|v\| \leq 1, \beta, \sigma > 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Преследование считается законченным, если $x=y$. Перейдем к системе уравнений первого порядка. Для этого введем новые переменные

$$\begin{aligned} z_1, z_2, z_3, (z_1, z_2, z_3) &= z, \\ z_1 &= x - y, z_2 = \dot{x}, z_3 = \dot{y} \end{aligned} \quad (11)$$

Продифференцировав по времени соотношения (11) с учетом (10) получим эквивалентную систему

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= z_2 - z_3, \\ \dot{z}_2 &= \alpha z_2 + \rho u, \\ \dot{z}_3 &= \beta z_3 + \sigma v. \end{aligned} \quad (12)$$

Терминальное множество $M^* = \{z: z_1=0\}$, причем,

$$M^0 = \{z: z_1=0\}, M = \{z: z_1=z_2=z_3=0\}.$$

Тогда $L = \{z: z_2=z_3=0\} = \{R^s, 0, 0\}$. Оператор ортогонального проектирования $\pi: R^{3s} \rightarrow L$ задается матрицей

$$\pi = \begin{pmatrix} E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где 0 – нулевая матрица порядка s , и выделяет из вектора z его первую компоненту, $\pi z = z_1$. Матрица A имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} 0 & E & -E \\ 0 & -\alpha E & 0 \\ 0 & 0 & -\beta E \end{pmatrix}$$

области управлений

$$U = \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ \rho u \\ 0 \end{pmatrix} : \|u\| \leq 1 \right\}, V = \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sigma v \end{pmatrix} : \|v\| \leq 1 \right\}.$$

Фундаментальная матрица однородной системы (12)

$$e^{At} = \begin{pmatrix} E & \frac{1-e^{-\alpha t}}{\alpha} E & \frac{-1-e^{-\beta t}}{\beta} E \\ 0 & e^{-\alpha t} E & 0 \\ 0 & 0 & e^{-\beta t} E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1-e^{-\alpha t} & \frac{-1-e^{-\beta t}}{\beta} \\ 0 & e^{-\alpha t} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-\beta t} \end{pmatrix} \otimes E.$$

Поскольку $u \in S$ и $v \in S$, то

$$\pi e^{At} u = \frac{1-e^{-\alpha t}}{\alpha} \rho S, \quad \pi e^{At} v = \frac{1-e^{-\beta t}}{\beta} \sigma S$$

и

$$W(t) = \frac{1-e^{-\alpha t}}{\alpha} \rho S - \frac{1-e^{-\beta t}}{\beta} \sigma S = \left(\frac{1-e^{-\alpha t}}{\alpha} \rho - \frac{1-e^{-\beta t}}{\beta} \sigma \right) S = \omega(t) S.$$

Таким образом, многозначное отображение $W(t)$ представляет собой шар переменного радиуса $\omega(t)$ с центром в нуле пространство R^5 . Этот радиус неотрицателен для всех $t > 0$ (выполнено условие 1), если $\rho \geq \sigma$,

$$\frac{\rho}{\alpha} \geq \frac{\sigma}{\beta} \tag{13}$$

и строго положителен, если хотя бы одно из неравенств (13) строгое. Предполагая выполненными неравенства (13), положим $\gamma(t)=0$. Тогда

$$\xi(t, z, 0) = z_1 + \frac{1-e^{-\alpha t}}{\alpha} z_2 - \frac{1-e^{-\beta t}}{\beta} z_3$$

Разрешающая функция

$$\alpha(t, \tau, z, v, 0) = \sup \left\{ \alpha \geq 0 : -\alpha \xi(t, z, 0) \in \frac{1-e^{-\alpha(t-\tau)}}{\alpha} \rho S - \frac{1-e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} \sigma v \right\}.$$

В случае $\xi(t, z, 0) \neq 0$ согласно лемме 1 для определения явного вида функции $\alpha(t, \tau, z, v, 0)$ имеем квадратное уравнение

$$\left\| \frac{1-e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} \sigma v - \alpha \xi(t, z, 0) \right\|^2 = \frac{1-e^{-\alpha(t-\tau)}}{\alpha} \rho$$

относительно α . Решив его, получим

$$\alpha(t, \tau, z, v, 0) = \frac{\frac{1-e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} \sigma (v, \xi(t, z, 0))}{\|\xi(t, z, 0)\|^2} + \frac{\left(\left[\frac{1-e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} \sigma \right]^2 (v, \xi(t, z, 0))^2 + \|\xi(t, z, 0)\|^2 \left(\left[\frac{1-e^{-\alpha(t-\tau)}}{\alpha} \right]^2 \rho^2 - \left[\frac{1-e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} \right]^2 \sigma^2 \|v\|^2 \right) \right)^{1/2}}{\|\xi(t, z, 0)\|^2}.$$

Далее,

$$\min_{\|v\| \leq 1} \alpha(t, \tau, z, v, 0) = \frac{\omega(t-\tau)}{\|\xi(t, z, 0)\|},$$

причем минимум достигается на векторе $v = -\frac{\xi(t, z, 0)}{\|\xi(t, z, 0)\|}$. Время поимки убегающего $T(z, 0)$

определим как $\min\{t \geq 0 : \int_0^t \frac{\omega(t-\tau)}{\|\xi(t, z, 0)\|} d\tau = 1\}$, или как наименьший положительный корень

уравнения $\|\xi(t, z, 0)\| = \int_0^t \omega(\tau) d\tau$, где

$$\omega(\tau) = \frac{1-e^{-\alpha\tau}}{\alpha} \rho - \frac{1-e^{-\beta\tau}}{\beta} \sigma. \tag{14}$$

Если $\xi(t,z,0)=0$, то $t \geq T(z,0)$. Действительно $\xi(0,z,0)=z_1$, и $\|z_1\|>0$, а так как левая и правая часть уравнения (14) зависят от t непрерывно, то равенству $\xi(t,z,0)=0$ будет предшествовать равенство (14). Если $k = \frac{\rho}{\alpha} - \frac{\sigma}{\beta} > 0$, то уравнение (14) при любом z имеет конечный положительный корень, так как при $t=0$ левая часть больше правой, а при $t \rightarrow +\infty$ левая часть ограничена, а правая линейно с коэффициентом k возрастает.

Программная реализация метода

Для реализации метода, позволяющего построить стратегию, которая предписывала преследователю закон управления 8, 9, можно построить следующий алгоритм:

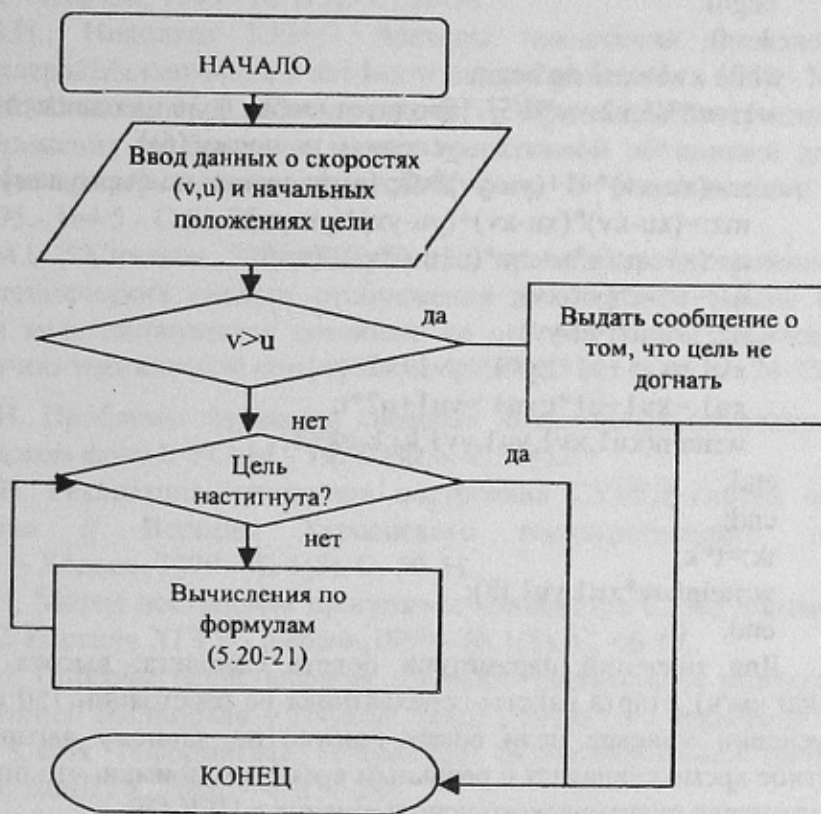


Рисунок 4 – Алгоритм преследователя

В этом алгоритме время разбивается на некоторые промежутки длительностью t и, учитывая то, что уравнения движения даны в дифференциальной форме, то их можно применить на каждом из этих промежутков. Эти формулы позволяют вычислить необходимую скорость управления преследователя. Отсюда, интегрируя, мы получаем координаты преследователя и убегающего. Полученный алгоритм повторяется, пока преследователь не достигнет цели, рис. 2., точка O.

Программа для случая преследования на плоскости на языке программирования ПАСКАЛЬ будет следующий:

```

program Presledovanie;
var xu,xv,yu,yv,u,v,u1,u2,v1,v2 : real;
var xu1,xv1,yu1,yv1,mz,a,x,t,tk : real;
  
```

```

var k,sw : integer;
begin
readln(xv);readln(yv);readln(v); {ввод данных}
readln(xu);readln(yu);readln(u);
t:=0.01;sw:=1;
  xv1:=xv;xu1:=xu;yu1:=yu;yv1:=yv; {установка начальных параметров цикла}
if xv<xu then
  begin xv:=-xv;xu:=-xu;sw:=-1;
  end;
if v>u then writeln('ne dognat'); {проверка условия возможности достижения
цели}
if v<u then
  begin
  k:=0;
  while xv1>xu1 do begin
    v1:=v*3/5;v2:=v*4/5; {вводится любая функция движения, удовлетворяющая
    условиям на норму (6)}
    x:=(xu-xv)*v1+(yu-yv)*v2; {вычисления по формулам}
    mz:=(xu-xv)*(xu-xv)+(yu-yv)*(yu-yv);
    a:=(x+sqrt(x*x+mz*(u*u-v*v)))/(mz);
    u1:=v1-a*(xu-xv);
    u2:=v2-a*(yu-yv);
    xv1:=xv1+v1*t;yv1:=yv1+v2*t;
    xu1:=xu1+u1*t;yu1:=yu1+u2*t;
    writeln(xu1,xv1,yu1,yv1,k);k:=k+1;
  end;
  end;
  tk:=t*k;
  writeln(sw*xu1,yu1,tk);
  end.

```

Для значений параметров полета самолета: высота 20 км, скорость 300 м/с (1080 км/ч), старта ракеты-перехватчика на расстоянии 150 км и ее скорости 1 км/с при условии маневра цели время поимки по данному алгоритму составит 2 мин. Расчетное время совпадает с реальным временем поимки, что позволяет рекомендовать этот метод для практического использования в ИГК ОБ.

Заключение

В данной работе предлагается стратегия поведения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия при решении задач преследования. Показано как стратегия параллельного преследования, являясь частным случаем общей стратегии преследования, теоретически точно определяет поведение ИГК ОБ при решении задачи преследования-убегания.

Предложен алгоритм и программная реализация метода разрешающих функций, которая доказывает эффективность его практической реализации в на конкретной задаче для ИГК ОБ.

Литература

1. Васюхин М.И., Боченко Г.А. Совершенствование средств генерации и преобразования динамической символьной видеоинформации с помощью микропроцессорной техники // Механизация и автоматизация управления - 1985. - № 1.- С.50-51.
2. Васюхин М.И., Тарасов В.А., Мушто В.М. О выборе видеопроекционного модуля индикации в системах отображения информации коллективного пользования // Сб. "Комплексные системы управления и обработки данных". - К.: ИК АН УССР, - 1986.- С. 23-28.
3. Васюхин М.И.. Реализация принципов построения СУБГД систем оперативного взаимодействия // Вестник Херсонского государственного технического университета. - Херсон, 1999.- № 1(5).- С. 50-51.
4. Васюхин М.И., Николаев Ю.Н. Методы повышения производительности видеоконтроллера//Механизация и автоматизация управления. - 1989.- №1.- С.52-56.
5. Васюхин М.И., Синяков М.Н., Сичкаренко В. А. Принципы построения комплекса средств отображения на большом экране оперативной обстановки движущимися символами на цветном картографическом фоне // Управляющие системы и машины.- 1995.- №4/5.- С.65-70.
6. Васюхин М.И., Синяков М.Н. Разработка принципов построения комплекса программно-технических средств отображения на большом экране оперативной обстановки в виде движущихся символов на цветном картографическом фоне // Тез. докл. научно-технической конференции КВИУС.- К.: 1995. С. 74-75.
7. Васюхин М.И. Проблемы генерации сложных движущихся символов на цветном картографическом фоне // УСиМ.- 1998.- № 6.-С.50-52.
8. Васюхин М.И. Реализация принципов построения СУБГД систем оперативного взаимодействия // Вестник Херсонского государственного технического университета. - Херсон, 1999.- № 1(5), С. 50-51.
9. Васюхин М.И. Метод построения программы-конвертора СУБД картографической информации // Вестник ХГТУ.- Херсон,1999.- № 1(5).-С. 46-49.
10. Васюхин М.И. Способы представления данных о движущихся объектах в задачах анализа воздушной обстановки // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". – Вип. 15. – Донецьк: ДонДТУ, 2000. – С.231-241.
11. Контроллер микропрограммируемый А135-1. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 3.057.172 РЭ, 1979г.
12. Айзекс Р. Дифференциальные игры.- М.:Мир, 1967.- 480 с.
13. Понтрягин Л.С. Избранные научные труды, т.2, 1988, 576 с. – М.:Наука.
14. Красовский Н.Н. Игровые задачи о встрече движений. –М.:Наука, 1970. –420 с.
15. Батухтин В.Д. Экстремальное прицеливание в нелинейной игре сближения, ДАН СССР,1972.-207, №1.
16. Пшеничный Б.Н. Простое преследование несколькими объектами/ Кибернетика. - 1976. - №3.
17. Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы. Отв. ред. член-корр. Академии инженерных наук России Ченцов А.Г.; АН Украины. Институт кибернетики им. В.М.Глушкова.- Киев: Наукова думка, 1992.- С.43-57.

Поступила в редакційну колегію 1.11.2001 р.