эксперименте трактуется как вариант разрушение среды и последующая деградация изолированной экосистемы после серии циклических вспышек, завершившихся недопустимым значением численности.

Библиографические ссылки

1. *Mikhailov V.V.* Model of fish population dynamics with calculation of individual growth rate and hydrological situation scenarios // Information and Control Systems. 2018. № 4. P. 31–38.
2. *Переварюха А.Ю.* Запаздывание в регуляции популяционной динамики — модель клеточного автомата // Динамические системы. 2017. Т. 7. № 2. С. 157–165.

О НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ВО ВРЕМЕННЫХ ШКАЛАХ

Н.Н. Петров

Удмуртский университет, Ижевск, Россия
kma3@list.ru

Введение. Одним из направлений развития современной теории дифференциальных преследования-уклонения со многими участниками является поиск задач, к которым применимы ранее разработанные методы.

При изучении структуры решений систем дифференциальных уравнений, разностных уравнений и некоторых более общих функциональных уравнений присутствует определенное число близких свойств. В качестве единого инструмента для изучения этих свойств в настоящее время активно развивается теория динамических уравнений во временных шкалах. В данной работе рассматривается задача простого преследования группой преследователей одного или нескольких убегающих в предположении, что движение участников описывается дифференциальными уравнениями в заданной временной шкале, все участники обладают равными возможностями, убегающие не покидают пределы выпуклого многогранного множества.

1. Постановка задачи. Пусть задана некоторая временная шкала T, $t_0 \in T$. В пространстве $\mathbb{R}^k (k \geqslant 2)$ рассматривается дифференциальная игра Γ $n+m$ лиц: n преследователей $P_1, \ldots, P_n$ и m убегающих $E_1, \ldots, E_m$ с законами движения вида

$$x_i^{\Delta} = u_i, \quad x_i(t_0) = x_i^0, \quad y_j^{\Delta} = v, \quad y_j(t_0) = y_j^0, \quad u_i, v \in V.$$

Здесь $x_i, y_j, x_i^0, y_j^0, u_i, v \in \mathbb{R}^k$, $i \in I = \{1, \ldots, n\}$, $j \in \{1, \ldots, m\}$, $V = \{v \in \mathbb{R}^k : \|v\| \leqslant 1\}$, f^Δ — производная функции f в заданной временной шкале. Считаем, что $x_i^0 \neq y_j^0$ для всех $i \in I, j \in J$. Дополнительно предполагается, что каждый убегающий $E_j, j \in J$ в процессе игры не покидает пределы выпуклого множества Ω с непустой внутренностью вида

$$\Omega = \{y \in \mathbb{R}^k \mid (p_j, y) \leqslant \mu_j, j = 1, \ldots, r\},$$

где $p_1, \ldots, p_r$ — единичные векторы $\mathbb{R}^k$, $\mu_1, \ldots, \mu_r$ — вещественные числа, (a, b) — скалярное произведение. Считаем, что $\Omega = \mathbb{R}^k$ при $r = 0$.

2. Многократная поимка одного убегающего. В данном разделе считаем, что $m = 1$.

Определение 1. *В игре Γ происходит l-кратная поимка (при $l = 1$ поимка) убегающего E, если существует $T_0 \in T$ при котором для любого Δ-допустимого управления $v(t), t \in T$ убегающего E найдутся Δ-допустимые управления $u_i(t) = u_i(t, x_i^0, y^0, v(s), s \in T)$ преследователей $P_i, i \in I$ моменты времени $\tau_1, \ldots, \tau_l \in [t_0, T_0] \cap T$, попарно различные натуральные числа $i_1, \ldots, i_l \in I$, что $x_{i_p}(\tau_p) = y(\tau_p)$, $p = 1, \ldots, l$.*

Обозначим через $\mathrm{Int}A, \mathrm{co}A$ — соответственно внутренность и выпуклую оболочка множества A,

$$\Omega_N(p) = \{(i_1, \ldots, i_p) : i_\alpha \in N \text{ и попарно различны}\}.$$

Теорема 1. *Пусть $r = 1$ и $0 \in \bigcap\limits_{\Lambda \in \Omega_I(n-l+1)} \mathrm{Intco}\{x_\alpha^0 - y_1^0, \alpha \in \Lambda, p_1\}$. Тогда в игре $\Gamma(n, 1)$ происходит l-кратная поимка убегащего E_1.*

Теорема 2. *Пусть $n \geqslant k$, среди векторов $\{x_1^0 - y_1^0, \ldots, x_n^0 - y_1^0\}$ имеется k линейно независимых и*

$$0 \in \mathrm{Intco}\{x_1^0 - y_1^0, \ldots, x_n^0 - y_1^0, p_1, \ldots, p_r\}.$$

Тогда в игре $\Gamma(n, 1)$ происходит поимка.

Теорема 3. *Пусть существует $p_0 \in \mathbb{R}^k$ такой, что $D \subset D_0 = \{y : (p_0, y) \leqslant \mu_0\}$ и*

$$0 \in \bigcap_{\Lambda \in \Omega_I(n-l+1)} \mathrm{Intco}\{z_{\alpha 1}^0, \alpha \in \Lambda, p_0\}.$$

Тогда в игре $\Gamma(n, 1)$ происходит l-кратная поимка убегающего E_1.

3. Поимка жестко скоординированных убегающих. В данном разделе считаем, что все убегающие используют одно и то же управление.

Теорема 4. *Пусть* $0 \in \operatorname{Intco}\{x_i^0 - y_j^0, i \in I, j \in J, p_1, \ldots, p_r\}$, $n \geqslant k$. *Тогда в игре* $\Gamma(n, m)$ *происходит поимка хотя бы одного убегающего.*

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № 075-00232-20-01, проект FEWS -2020-0010 и РФФИ (проект 20-01-00293).

О ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДАХ ДЕКОМПОЗИЦИИ БАЗИСНЫХ ГРАФОВ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ОДНОРОДНЫХ ПОТОКОВ В СЕТЯХ

Л.А. Пилипчук, Е.Н. Полячок, С.А. Ковалевский

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
{pilipchuk, fpm.polyachoEN1, fpm.kovalevsSA}@bsu.by

Задача минимизации размера множества M обозреваемых узлов сети с целью локализации специальных программируемых устройств (сенсоров) для сбора необходимой информации о функции потока [1, 2] относится к классу NP-полных задач [3]. Поиск оптимального решения (минимального числа обозреваемых узлов) с применением стратегий полного перебора сенсорных конфигураций узлов исследуемого класса NP-полных задач потребует огромных вычислительных затрат [3, 4]. Для больших сетей актуальной прикладной проблемой является поиск приемлемого числа обозреваемых узлов, что гарантировало бы ее полную наблюдаемость (субоптимальное решение) [4].

Введем в рассмотрение конечный, связный, ориентированный двунаправленный граф (сеть) $G = (I,\, U)$, где множество дуг U определено на прямом произведении $I \times I$, $|I| < \infty$, $|U| < \infty$. Обозначим x_{ij} – неизвестный дуговой поток дуги $(i, j) \in U$. Двунаправленный граф G обладает следующим свойством: если существует дуга $(i, j) \in U$ с дуговым потоком x_{ij}, то существует и дуга $(j, i) \in U$ с дуговым потоком x_{ji}. Функция потока $x : U \to R$ удовлетворяет следующей системе:

$$\sum_{j \in I_i^+(U)} x_{ij} - \sum_{j \in I_i^-(U)} x_{ji} = \begin{cases} 0, & i \in I \setminus I^*, \\ x_i, & i \in I^*, \end{cases} \tag{1}$$