

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОИСКОВОГО ПОВЕДЕНИЯ АНИМАТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ СПОНТАННОЙ АКТИВНОСТИ

Попов Е.Е.¹, Редько В.Г.², Непомнящих В.А.³

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет), Россия,
cha1n@mail.ru

² Институт оптико-нейронных технологий РАН, Москва, Россия, redko@iont.ru

³ Институт биологии внутренних вод РАН, Борок, Ярославской обл., Россия,
nepom@ibiw.yaroslavl.ru

С начала 90-х годов активно развивается направление исследований «Адаптивное поведение». Это направление заключается в моделировании искусственных «организмов» (компьютерных программ или роботов), которые могут приспосабливаться к окружающей среде. Такие «организмы» получили название «аниматы» (от англ. animat = animal + robot). При моделировании адаптивного поведения исследователи стремятся использовать те принципы и конструкции, которые могут присутствовать как у живых организмов, так и искусственных аниматов.

Во многих моделях имитируется поисковое поведение животных; используемые при этом принципы могут применяться для поиска экстремумов функций [1]. В настоящей работе предлагается модель поискового поведения, которая включает в себя механизм переключения двух тактик поведения: А) двигаться в выбранном направлении, либо Б) изменить направление движения случайным образом.

Основные положения модели состоят в следующем:

1. Рассматривается анимат (модельный организм), который может двигаться в двумерном пространстве x, y .
2. Имеется определенное пространственное стационарное распределение $f(x, y)$. Задача анимата – поиск максимума функции $f(x, y)$. Например, можно считать, что $f(x, y)$ – количество пищи в точке (x, y) , причем анимат съедает малую долю пищи, так что распределение $f(x, y)$ не зависит от времени.
3. Анимат функционирует в дискретном времени t .
4. Анимат может оценивать изменение текущего значения функции $f(x, y)$ по сравнению с предыдущим тактом времени $\Delta f(t) = f(t) - f(t-1)$.
5. Каждый такт времени анимат совершает движение, при этом его координаты x, y изменяются на величины $\Delta x(t), \Delta y(t)$ соответственно.

6. Анимат имеет свою систему управления, на вход которой поступают величины $f(t)$, $f(t-1)$, $\Delta x(t)$, $\Delta y(t)$.
7. Система управления определяет смещение анимата в следующий такт времени $\Delta x(t+1)$, $\Delta y(t+1)$.
8. Система управления содержит блок переключения тактик поведения, регулирующий спонтанную (исследовательскую) активность анимата.
9. Считаем, что спонтанная активность регулируется величиной $Z(t)$, зависимость от времени которой определяется выражением:

$$Z(t) = k_1 Z(t-1) + \xi(t) + S(t), \quad (1)$$

где k_1 – параметр, характеризующий инерционность переключения тактик ($0 < k_1 < 1$), $\xi(t)$ – гауссовский белый шум со средним равным 0 и средним квадратическим σ , $S(t)$ – интенсивность раздражителя.

Для величины интенсивности раздражителя $S(t)$ предусматриваем две возможности:

$$S(t) = k_2 \Delta f(t) \quad (2)$$

и

$$S(t) = k_2 \Delta f(t) / f(t-1). \quad (3)$$

Предполагаем, что при $Z(t) > 0$ анимат придерживается тактики «двигаться в выбранном направлении» (принимает решение А), при $Z(t) < 0$ анимат придерживается тактики «изменить направление движения» (принимает решение Б). Переключение между тактиками характеризует спонтанную активность анимата.

Решение А. При движении в выбранном направлении анимат смещается на величину R_0 :

$$\Delta x(t+1) = R_0 \cos \varphi_0, \quad \Delta y(t+1) = R_0 \sin \varphi_0, \quad (4)$$

где угол φ_0 характеризует сохраняющееся направление движения анимата, $\varphi_0 = \arctg [\Delta y(t) / \Delta x(t)]$.

Решение Б. При случайном повороте анимат также смещается на некоторую величину r_0 , а направление его движения случайно варьируется:

$$\Delta x(t+1) = r_0 \cos \varphi, \quad \Delta y(t+1) = r_0 \sin \varphi, \quad (5)$$

где $\varphi = \varphi_0 + w$, φ_0 – угол, характеризующий направление движения в текущий такт времени t , w нормально распределено (среднее значение w равно нулю, среднее квадратическое равно w_0), φ – угол, характеризующий направление движения в следующий такт времени $t+1$.

В настоящее время написана программа, реализующая модель, и проводятся компьютерные эксперименты с ней.

Пример расчета поиска экстремума функции $f(x, y)$ иллюстрируется рис. 1, 2. На рис. 1 приведена траектория движения анимата в координатах x, y ; на рис.2 показана зависимость оптимизируемой функции от времени. Функция $f(x,y)$ имеет вид: $f(x,y) = \sin x + \sin y$. Начальная точка поиска $x = 0, y = 0$. Параметры расчета равны: $R_0 = 0,01$; $r_0 = 0,01$; $w_0 = 2$, $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,2$; $\sigma = 0,01$. Интенсивность раздражителя $S(t)$ определяется выражением (2). Видно, что анимат придерживается в основном тактики «двигаться в выбранном направлении» и изредка принимает решение «изменить направление движения» и, в конце концов, оказывается в окрестности максимума функции $f(x,y)$.

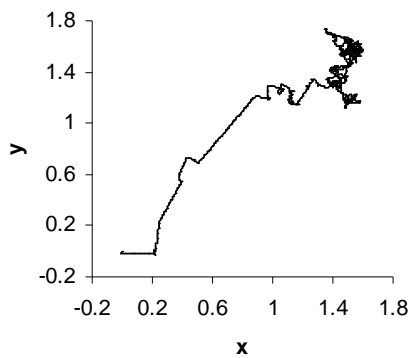


Рис.1. Траектория движения анимата в координатах x, y .

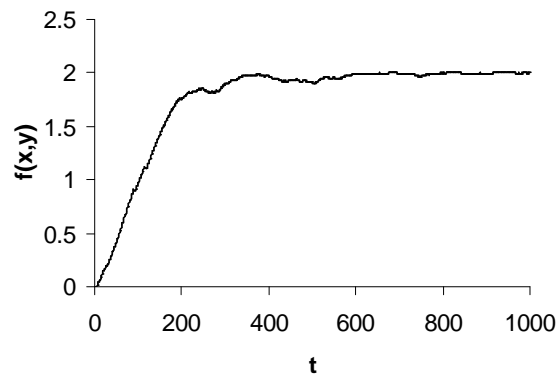


Рис.2. Зависимость функции $f(x, y)$ от времени.

Работа поддержана грантом РФФИ № 04-01-00179.

Литература

1. О.П. Мосалов, В.Г. Редько, В.А. Непомнящих. Модель поискового поведения анимата. Препринт ИПМ РАН, 2003.