

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА

Е.И. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
YelenaMaksimova@yandex.ru

Введение

Задача трекинга объектов на видео является неотъемлемой частью многих прикладных областей, таких как построение систем видеонаблюдения, отслеживания дорожного трафика и создание интерфейсов человек-компьютер.

Основная трудность трекинга состоит в сопоставлении положений целевого объекта на последовательности кадров. При этом необходимо обрабатывать большое количество потоковых данных, что является затратным с вычислительной точки зрения, а значит и с точки зрения затрачиваемого на обработку времени.

За последние годы было предложено множество различных подходов по решению данной задачи. Тем не менее, многие из них накладывают определенные ограничения на обрабатываемые данные [1].

Поэтому в сложившейся ситуации высокую степень актуальности имеет задача исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока.

Постановка задачи

Содержательная постановка задачи может быть сформулирована следующим образом. Некоторый объект перемещается в плоскости в произвольном направлении. Объект задан в виде множества точек с координатами (x, y) , где x и y – декартовы координаты точки на плоскости. Известно, что координаты точек измерены с некоторой погрешностью ε . Таким образом, точные значения координат точек лежат в диапазоне:

$$(x - \varepsilon \leq x_a \leq x + \varepsilon, \quad y - \varepsilon \leq y_a \leq y + \varepsilon),$$

где x_a и y_a – точные значения координат точки на плоскости, x и y – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью ε .

Необходимо определить, как переместился объект в пределах двух кадров видеопотока.

В качестве исходных данных имеются координаты точек объекта на первом кадре и на втором (после перемещения). Под перемещением понимается поворот объекта на некоторый угол и перемещение в плоскости.

Математическая постановка задачи: имеется два множества точек P_1 и P'_1 :

$$P_1 = \{p_1(x_1 \pm \varepsilon_1, y_1 \pm \varepsilon_2), \dots, p_n(x_n \pm \varepsilon_{2n-1}, y_n \pm \varepsilon_{2n})\}$$
$$P'_1 = \{p'_1(x'_1 \pm \varepsilon'_1, y'_1 \pm \varepsilon'_2), \dots, p'_n(x'_n \pm \varepsilon'_{2n-1}, y'_n \pm \varepsilon'_{2n})\},$$

где x и y – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью ε , n – количество точек, определяющих исследуемый объект, P_1 – множество точек, задающих начальное положение объекта, P'_1 – множество точек, задающих конечное положение объекта.

Необходимо найти угол α и вектор перемещения V , при условии, что

$$f(P'_1, P_1) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где P_1 – множество точек, задающих начальное положение объекта, P'_1 – множество точек, задающих конечное положение объекта, $f(P'_1, P_1)$ – функция, значение которой необходимо минимизировать.

Стоит отметить, что содержательная постановка задачи сводится к поиску параметров α и V при минимизации некоторой функции $f(P'_1, P_1)$. Стоит отметить, что при постановке задачи вид функции $f(P'_1, P_1)$ неизвестен. Поэтому решаемая задача оптимизации относится к задаче реверс-инжиниринга, а вид функции $f(P'_1, P_1)$ необходимо определить в процессе разработки алгоритма.

Предложенный метод решения

Генетические алгоритмы (ГА) широко используются для решения задач численной оптимизации, моделирования, компоновки, аппроксимации функций, фильтрации данных [2, 3] и т.д. В ходе определения математической постановки задачи было выяснено, что задача исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока может быть сведена к задаче оптимизации. В этой связи генетический алгоритм может быть использован для решения задачи по исследованию поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока.

Решение задачи исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока при помощи генетического алгоритма можно выполнить следующим образом.

1. Сгенерируем входные данные.

2. Определим параметры генетического алгоритма: число эпох – 200, размер популяции – 64, количество генов особи – 3. Зададим начальное значение генам особей. Число эпох и размер популяции выбраны из соображений высокого быстродействия алгоритма. Число генов особи обуславливается искомыми параметрами: первый ген необходим для задания угла поворота, второй ген – для задания сдвига по оси X, третий ген – для задания сдвига по оси Y.

3. Для заданного количества эпох произведем: скрещивание, мутацию, селекцию [3]. Для выполнения скрещивания двух особей популяции выбран арифметический оператор кроссинговера [3]. Оператор мутации используется для внесения случайных изменений в хромосомы особей. Это позволяет «выбираться» из локальных экстремумов и тем самым эффективнее исследовать пространство поиска. Селекция (отбор) необходима, чтобы выбрать более приспособленных особей для скрещивания.

4. Решение, полученное после последней эпохи генетического алгоритма – искомое.

Для задания функции приспособленности оценивается выражение равное сумме квадратов расстояний от каждой начальной точки (до поворота) до ближайшей конечной точки (после поворота). Функция приспособленности может быть записана следующим образом:

$$f(P'_1, P_1) = \sum_1^n (x - x_{\text{cur}})^2 + (y - y_{\text{cur}})^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где x и y – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью ϵ , n – количество точек, определяющих исследуемый объект, x_{cur} и y_{cur} – координаты точек на плоскости ближайших к точкам x и y .

Таким образом, чем меньше значение функции приспособленности, тем приспособленнее является особь, то есть тем точнее решение исходной задачи, кодируемое при помощи генов этой особи.

Программная реализация

Для оценки качества предложенного алгоритма было реализовано консольное приложение на языке программирования C++.

Таблица 1. Описание характеристик реализованного приложения

Характеристика	Описание
Входные параметры	Декартовы координаты точек объекта на первом кадре и на втором (после перемещения), заданные с погрешностью ϵ
Выходные параметры	Значение функции приспособленности, найденное значение угла поворота α , перемещение по осям X и Y
ОС	Windows 8+, Linux

Результаты работы разработанных программных средств

Для анализа полученных результатов работы алгоритма были построены графики зависимости изменения минимизируемой функции (суммарная ошибка) от различных параметров генетического алгоритма, а также графики зависимости времени работы алгоритма от параметров генетического алгоритма.

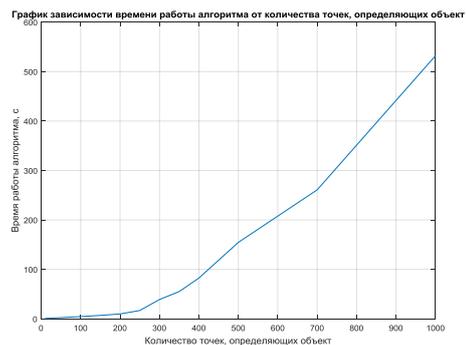


Рис. 1. График зависимости времени работы алгоритма от количества точек, определяющих объект

По графику, приведенному на рисунке 1, можно сделать вывод о нелинейности зависимости времени работы алгоритма от количества точек, определяющих положение объекта. Это так же подтверждается асимптотической сложностью алгоритма, которая оценивается как

$$O(E * P * N^2),$$

где E – количество эпох генетического алгоритма, P – размер популяции, N – количество точек, определяющих объект.

Заключение

Особенности применения генетического алгоритма позволили определить вид искомой функции для минимизации.

Главным достоинством алгоритма является простота реализации. Так же в сравнении с другими точечными методами неоспоримым преимуществом является отсутствие необходимости в задании начального приближения, что зачастую является трудоемким процессом.

Полученная полиномиальная асимптотическая сложность алгоритма свидетельствует о его эффективности, поэтому предложенный метод может быть использован на практике для решения задач точечного трекинга. Стоит отметить, что некоторые рассмотренные методы трекинга показывают более точные результаты, однако они требуют большего количества вычислительных ресурсов.

Список использованных источников

1. Yilmaz A. Object tracking: a survey // ACM Computing Surveys (CSUR). – 2006. – №4. – р. 13-15.
2. Форсайт Д.А. Компьютерное зрение. Современный подход / Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
3. Спицын В.Г. Применение генетического алгоритма для решения задач оптимизации: Методические указания к лабораторным работам / Цой Ю.Р. – Томск: Издательство ТПУ, 2007 – 27 с.