

УДК 004.932.72'1

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЙ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВИДЕОПОТОКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Д. т. н. С. Г. Антощук, Н. А. Годовиченко

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
nick.godov@gmail.com

Проведен анализ задачи моделирования событий в видеопотоке, выявлены основные задачи, которые ставятся при разработке систем распознавания событий. Предложена вероятностная модель на основе сети Петри в виде байесовского рекурсивного фильтра с использованием фильтра частиц. Проведено тестирование предложенной модели в условиях неопределенности входных данных.

Ключевые слова: модель событий, сети Петри, байесовский фильтр.

Важным направлением в развитии систем искусственного интеллекта является создание систем семантического анализа видеопотока, которые позволяют выделять семантически значимую информацию о сцене.

Одной из прикладных задач, связанных с созданием таких систем, является задача распознавания событий в видеопотоке. Данная задача возникает при построении систем интеллектуального видеонаблюдения, робототехнических систем, охранных систем нового поколения и т. д.

События на видео можно представить в виде семантических концептов, которые воспринимает человек при просмотре видеопоследовательности. Восприятие и понимание этих событий компьютером является одной из основных задач, решаемых в настоящее время в областях искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

Разработка систем распознавания событий связана с решением двух ключевых задач [1]:

1) извлечение данных из видеопотока, что предполагает решение задачи абстракции видеоданных на основе методов и алгоритмов, предназначенных для преобразования видеoinформации в набор объектов, которые характеризуют видеопоследовательность;

2) представление и распознавание значимых событий с помощью моделирования событий на основе формального описания значимых событий с целью их дальнейшего анализа и распознавания. Как правило, формальное описание событий осуществляется с использованием определенной модели, которую называют моделью событий [2].

Наибольший интерес исследователей представляет нерешенная в настоящее время вторая задача, которой посвящено немало работ в области распознавания событий [3, 4]. Следует отметить, что выбор подходящей модели событий является нетривиальной задачей, т. к. такая модель должна иметь достаточную выразительную мощь для моделирования сложных иерархических отношений и, в то же время, быть реализуемой на практике. Это определяет актуальность представленной работы.

Наиболее предпочтительным аппаратом для построения моделей событий являются сети Петри благодаря своей выразительной мощи, компактности и возможности моделировать параллельные процессы.

Наряду с большим количеством преимуществ, сети Петри имеют недостатки, самым существенным из которых является ее детерминистическая природа. Использование сети Петри предполагает, что информация, полученная на этапе извлечения данных, является безошибочной. Вследствие неизбежного наличия ошибок распознавания на этапе абстракции видеоданных, информация о сцене будет иметь вероятностный характер, детерминистическая модель на основе сети Петри будет работать неэффективно.

В качестве решения данной проблемы авторами предлагается подход, который сочетает указанные преимущества сетей Петри с преимуществами вероятностных моделей (например, байесов-

ской сети), имеющих механизмы для коррекции ошибок входных данных, но не обладающих достаточно выразительной мощностью для моделирования сложных процессов. Для его реализации предложено преобразование детерминистической модели на основе сети Петри в байесовский рекурсивный фильтр с использованием фильтра частиц, что позволяет моделировать семантические события и отношения между ними и делать вероятностный вывод о наступлении определенного события в условиях неопределенности входных данных.

Этот подход позволяет применять хорошо изученные методы работы с неопределенностью и, в то же время, использовать преимущества структуры сети Петри для моделирования событий.

Структура байесовского рекурсивного фильтра состоит из двух основных моделей. Динамическая модель $P(x_t | x_{t-1})$ описывает изменение состояний с течением времени. Модель измерений $P(y_t | x_t)$ определяет отношение между переменными состояниями и наблюдениями.

После инициализации, работа байесовского рекурсивного фильтра состоит из двух этапов: предсказание и коррекция.

Для представления и оценки апостериорного распределения используется фильтр частиц, с помощью которого апостериорная функция плотности вероятности представляется в виде множества случайных частиц с ассоциированными весами.

Фильтр частиц поддерживает множество N гипотез о текущем состоянии, которое называется частицами и обозначается как $X_t = \{x_t^{(1)}, x_t^{(2)}, \dots, x_t^{(N)}\}$. Каждой частице $x_t^{(i)}$ ставится в соответствие вес $w_t^{(i)}$. Веса используются для аппроксимации апостериорного распределения следующим образом:

$$P(x_t | y_{1:t}) \approx \sum_{i=1}^N w_t^{(i)} \delta(x_t, x_t^{(i)}),$$

где δ – дельта-функция Дирака.

Экспериментальные исследования, проведенные на размеченных данных и при использовании реальных алгоритмов трекинга объектов, показали, что предлагаемый подход позволил улучшить качество распознавания событий на видео в среднем на 7–9% по сравнению с обычной сетью Петри и другими детерминистическими моделями (в случае использования реальных алгоритмов трекинга).

Таким образом, предложенная в данной работе модель на основе сети Петри и байесовского рекурсивного фильтра позволяет сочетать достаточную выразительную мощность, присущую семантическим моделям, и механизм учета неопределенности данных, которым обладают вероятностные модели. Хорошо проработанный математический аппарат байесовских моделей и фильтра частиц делает предложенную модель реализуемой на практике, что позволяет использовать ее при построении систем семантического анализа видеопотока.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Hu W., Tan T., Wang L., Maybank S. A survey on visual surveillance of object motion and behaviors // *Systems, Man and Cybernetics, Part C*.– 2004.– N 4.– P. 334–352.
3. Aggarwal J. K., Cai Q. Human motion analysis: A review // *Computer Vision and Image Understanding*.– 1999.– N 3. – P. 428–440.
3. S. Hongenhg, R. Nevatia. Multi-agent event recognition // *International Conference on Computer Vision*.– 2001.– P. 84–93.
4. Антошук С. Г., Годовиченко Н. А. Модели представления событий при анализе видеопотока // *Электротехнические и компьютерные системы*.– 2013.– № 11.– С. 142–149.

S. G. Antoshchuk, N. A. Godovichenko

Events modeling for videostream semantic analysis under uncertainty of input data.

The analysis of the problem of modelling events in the video was conducted, the main tasks set in the development of events recognition systems were identified. The probabilistic model based on the Petri net in the form of the recursive Bayesian filter was proposed. The effectiveness of the proposed model was tested under uncertainty of input data using real tracking algorithms.

Keywords: *events model, Petri net, Bayesian filter.*