

УДК 004.932.72'1

С. Г. Антощук, д-р техн. наук,  
Н. А. Годовиченко

### МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СОБЫТИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ВИДЕОПОТОКА

*Проведено уточнение термина «событие», выявлены свойства, характеризующие событие. Проведен анализ подходов к решению задачи разработки модели событий. Проведено обоснование выбора базовой модели для построения модели событий при решении задачи анализа видеопотока.*

*Ключевые слова:* события, видеопоток, модель событий, компьютерное зрение

S. Antoshchuk, ScD.,  
N.A. Godovichenko

### EVENTS REPRESENTATION MODELS FOR VIDEOSTREAM ANALYSIS

*The refinement of the term «event» was held, identification of the properties that characterizes event was conducted. The analysis of approaches to the problem of developing the event model was conducted. The justification of choosing the base model for event analysis problem was held.*

*Keywords:* events, video stream, event model, computer vision

С.Г. Антощук, д-р техн. наук,  
М.А. Годовиченко

### МОДЕЛІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПОДІЙ ПІД ЧАС АНАЛІЗУ ВІДЕОПОТОКУ

*Проведено уточнення терміну «подія», виявлено властивості, що характеризують подію. Проаналізовано підходи до розробки моделі подій. Обґрунтовано вибір базової моделі для побудови моделі подій при аналізі відеопотоку.*

*Ключові слова:* подія, відеопотік, модель подій, комп'ютерний зір

**Актуальность проблемы.** Одним из направлений развития систем искусственного интеллекта является разработка систем восприятия видеoinформации.

Среди различных прикладных задач, связанных с созданием таких систем, можно выделить задачу распознавания событий, запечатленных на видео. Эта задача возникает при построении более совершенных робототехнических систем, систем интеллектуального видеонаблюдения, охранных систем нового поколения и т.д.

События на видео являются высокоуровневыми семантическими концептами, которые воспринимает человек при просмотре видеопоследовательности. Восприятие и понимание этих событий компьютером одна из основных задач, решаемых в настоящее время в области компьютерного зрения.

Задача понимания событий на видео до сих пор является нерешенной из-за ряда проблем, среди которых можно выделить:

шум и неопределенность на выходе низкоуровневых задач компьютерного

зрения таких, как детектирование и трекинг объектов, большое визуальное различие одного и того же события, происходящего в разных условиях, визуальная схожесть различных событий, неоднозначность при преобразовании семантического описания события в формальную модель для представления и распознавания.

При разработке систем распознавания событий на видео следует ответить на два важных вопроса:

1) как извлечь значимые и отличительные признаки событий из видеоряда?

2) как представить и распознать значимые события?

Эти два вопроса определяют две основные задачи, которые должен решить разработчик.

Задача извлечения данных состоит в необходимости разработки комплекса методов и алгоритмов, предназначенных для преобразования видеoinформации в набор конструкторов, которые характеризуют видеопоследовательность.

Вторая задача представляет собой поиск метода 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.

Конструкты, полученные на этапе извлечения данных, используются в качестве входных данных для модели событий, на основании которых делается вывод о том, произошло ли определенное событие на видео. Исходя из этого, модель событий должна учитывать пространственные, временные, логические, структурные и другие виды отношений между примитивами, полученными на этапе извлечения данных.

**Целью данной статьи** является анализ подходов к решению задачи разработки модели событий и обоснование выбора модели для задачи построения систем анализа видеопотока.

Выбор модели представления событий невозможен без предварительного уточнения термина «событие» и выявления его имманентных свойств.

#### **Определение термина «событие».**

Анализ научных работ в области распознавания событий на видео позволяет сделать вывод о том, что среди исследователей, к сожалению, не было достигнуто единого мнения о событийной терминологии, и каждая новая работа не только использует, но также и определяет свой набор терминов для одного и того же концепта «событие».

К примеру, в работе [1] приводится ссылка на «поведение объекта», которое определяется как изменяющиеся во времени данные. В работе [2] вводится термин «деятельность/поведение» как паттерн, полученный из последовательности изображений. В работе [3] «динамическое поведение» – набор пространственных состояний, взаимоотношение которых определяется темпоральной логикой. В работе [4] описываются «простые события» как действия, происходящие в линейной последовательности времени.

Основной причиной неоднозначности термина «событие» является его композиционная и часто иерархическая природа. К сожалению, различные степени детализации событий не описываются в одних и тех же терминах в различной литературе. На самом

деле, одни и те же термины часто используются для описания различных уровней композиционной иерархии.

К примеру, в работе [5] термин «деятельность» используется для описания базовой единицы визуальных признаков. Взятые в определенной последовательности эти «деятельности» формируют более высокую семантическую единицу, которая называется «эпизодом». В противовес этому, в работе [6] термин «активность» используется для описания высокоуровневых концептов, которые состоят из низко и среднеуровневых семантических единиц. В этом контексте «активности» представляют концепт, близкий к «эпизоду», который был использован в работе [7]. В работе [8] термин «активность» используется в качестве промежуточного шага в семантической иерархии.

Этот пример иллюстрирует путаницу, которая вызвана избыточным количеством терминов, встречающихся в литературе по теме понимания событий.

В результате проведенного анализа, можно выделить черты, присущие термину «событие»:

- имеет временную продолжительность;
- описывается с помощью характерных признаков конструктов во входящей видео-последовательности;

- имеет иерархическую структуру. Значимое событие может состоять из событий меньшего семантического уровня (они называются «под-событиями»). Комплекс временных, пространственных и логических взаимоотношений между под-событиями полностью характеризуют событие.

Можно определить событие как явление, которому присущи вышеперечисленные свойства. В каждом конкретном случае, событие в определенной предметной области определяется как конкретизированная их совокупность. Различные комбинации возможных вариантов конкретизации этих качеств, а также то, что эти конкретизации часто носят имплицитный характер, являются причиной распространенной неоднозначности терминологии.

**Выбор модели для построения модели событий.** Моделирование событий состоит в поиске формальных путей для описания и

распознавания событий в определенной предметной области с помощью комплекса методов извлечения данных из видеопоследовательности. Конкретная модель событий выбирается с учетом ее возможности описывать требуемые события в определенной предметной области и возможности распознавать эти события, если они встречаются в видеопоследовательности.

Существует большое количество работ по теме распознавания событий, которые фокусируются на проблеме выбора подходящего формального описания модели и самой модели для описания явлений в предметной области.

Модели событий содержат много аспектов и могут быть классифицированы несколькими способами (рис. 1).

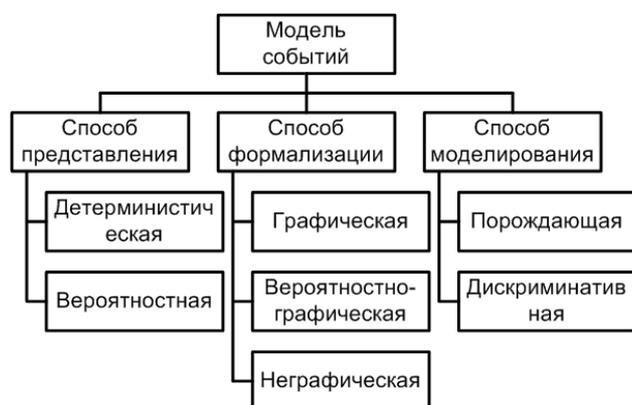


Рис. 1. Основные подходы к классификации событий

В первую очередь, по способу представления модели могут быть детерминистическими и вероятностными. Примерами детерминистических моделей могут служить конечные автоматы, грамматики и сети Петри. Примерами вероятностных моделей могут служить Байесовские сети, скрытые модели Маркова, условные случайные поля и стохастические грамматики.

По способу формализации модели могут быть формально описаны графическим способом, например, с помощью графов и его концепции «вершин» и «дуг». Другие модели классифицируемые как «вероятностные графические модели», описываются с помощью графов, в которых вершины представляют собой стохастические значения, а дуги – зависимости.

К первой категории можно отнести сети Петри и конечные автоматы, тогда как Байесовские сети, скрытые модели Маркова, условные случайные поля относятся ко второй категории.

Также следует упомянуть модели, которые не могут быть полностью описаны графически, например опорные машины векторов с несколькими переменными и модели, основанные на грамматиках.

По способу моделирования событий модели можно разделить на порождающие и дискриминативные модели. Если действовать в рамках статистической (вероятностной) парадигмы, дискриминативные модели определяют как модели, которые непосредственно моделируют апостериорную вероятность для использования в задаче классификации. В противовес им, порождающие модели моделируют и изучают совместное распределение по всем возможным наблюдениям и меткам, а затем используют эту информацию для извлечения апостериорной вероятности (т.е. распределение по меткам классов данного множества наблюдений). С интуитивной точки зрения, дискриминативная модель связана только с решением проблемы, тогда как порождающая модель пытается определить явление, которое «генерирует» и события, и наблюдения.

Если рассматривать порождающие и дискриминативные модели, то порождающие модели, в дополнение к своей гибкости, также проявляют адаптивные свойства, тогда как дискриминативные модели должны полностью пересматриваться и переобучаться в случае добавления нового класса. Это, вероятно, обуславливает то, что во многих работах в этой области используются порождающие модели, однако, существует несколько новейших работ, которые предлагают использовать дискриминативные подходы (например, условные случайные поля).

За пределами статистической парадигмы, различия между порождающими и дискриминативными моделями определены менее четко.

В работе [9] показано, что использование дискриминативных моделей снижает уровень ошибки, когда объем обучающей выборки становится очень большим. Однако

эти работы также говорят о том, что порождающие модели, как правило, сходятся к своей оптимальной производительности гораздо быстрее (с меньшим объемом обучающей выборки), чем аналогичные дискриминативные модели. Иначе, если объем доступной обучающей выборки невелик, предпочтительным является порождающий подход. Кроме того, порождающие модели более гибкие в случае использования неполных данных и новых классов, вследствие чего они предпочтительны в случае работы с комплексными паттернами [10].

Приведенная выше классификация полезна, однако она не полностью покрывает разнообразие подходов к моделированию событий в литературе, относящейся к распознаванию событий. По этой причине, авторами предложена классификация, которая позволяет более полно описать разнообразия моделей событий.

Эта классификация основана на различном подходе к пониманию задачи представления и распознавания событий. Исходя из этого, модели событий можно разделить на три категории: 1) основанные на распознавании образов»; 2) основанные на состояниях; 3) семантические. Они пересекаются с классификациями, описанными выше, однако не относятся ни к одной классификации напрямую. Не все предложенные в литературе модели распознавания событий можно однозначно отнести к одной из вышеуказанных категорий, однако в целом они отображают общее разнообразие подходов.

**Модели, основанные на распознавании образов.** Рассматриваемые модели не ставят перед собой задачу представления события, а подходят к решению задачи распознавания событий как к традиционной задаче распознавания и классификации. Таким образом, этот подход состоит в применении к извлеченным данным традиционных инструментов, таких как опорная машина векторов, нейронные сети, классификаторы ближайших соседей и т.д. Для построения классификаторов требуется минимум семантических знаний. Часто классификатор может быть полностью определен с помощью обучающей выборки.

Преимуществом моделей, основанных на распознавании образов, является их простота, хорошая изученность и легкость при практическом использовании. Однако такие модели не учитывают семантическую информацию о событиях, такую как временная длительность, значимая факторизация пространства состояний, временная длительность событий, иерархическая природа событий и их взаимодействие во времени и пространстве. Таким образом, данные модели, как правило, могут использоваться лишь при распознавании элементарных («атомарных») событий.

**Модели, основанные на пространстве состояний.** Этот класс моделей использует семантическое знание о предметной области событий для построения пространства состояний области событий.

Рассматриваемые модели, как правило, включают в себя конечные автоматы, которые воспринимают события на видео как полностью наблюдаемые процессы множества известных состояний. Эти состояния могут иметь семантическое значение, которое взято из знаний о предметной области. Переходы между этими состояниями также определяются с использованием знания о предметной области.

Указанный класс также включает в себя вероятностные графические модели. Эти модели факторизуют состояние в случайные числа (структура графа), исходя из некоторого семантического знания предметной области. Существование эффективных алгоритмов для получения параметров из процесса обучения и вывод значений узлов скрытого слоя также обуславливает выбор вероятностных графических моделей для моделирования событий.

Механизм обучения, дает некоторую автоматизацию процесса получения абстрактных параметров, однако, как было сказано ранее, структура моделей этого типа определяется знаниями предметной области, в которой происходит распознавание событий. Такие знания, как правило, имплицитны и накладываются на модель косвенно (например, с помощью присвоения семантической метки каждому состоянию). Данный класс моделей в значительной степени состоит из

подходов, основанных на использовании комбинации структуры, которая строится на основании знания о предметной области, и получения параметров модели с помощью обучения.

Модели, основанные на пространстве состояний, не только позволяют учитывать некоторые неотъемлемые свойства событий, но также являются хорошо изученными и хорошо формализуемыми, что позволяет строить эффективные алгоритмы для последующей практической реализации в различных системах.

Другим преимуществом подобных моделей является сочетание семантической информации о событиях и методов машинного обучения. Однако, несмотря на большие преимущества, подобный класс моделей имеет существенные недостатки. Общим недостатком для моделей, основанных на конечных автоматах, является то, что в определенный момент времени система может находиться лишь в одном состоянии, а переход между состояниями является мгновенным. Также, существуют недостатки, которые присущи отдельным моделям. К примеру, модели, основанные на байесовской сети, не справляются с моделированием событий, зависящих от времени. Модели, основанные на скрытых марковских моделях, испытывают сложности при моделировании параллельных событий, а также событий, в которых участвует много объектов интереса – в этом случае пространство состояний становится очень большим и модель теряет всякую практическую ценность.

Таким образом, данный класс моделей целесообразно использовать при моделировании простых событий с одним или несколькими объектами интереса. Подобные события, как правило, не обладают сложной структурой и комплексными связями между подсобытиями.

**Семантические модели.** Высокоуровневая семантика включает информацию об упорядочении подсобытий (включая частичное упорядочение), комплексные временные, пространственные и логические отношения между подсобытиями. Важной также является возможность выражать и распознавать частичные события. Эти свойства становятся

важными, когда предметная область событий включает в себя высокоуровневые события, которые легче выразить в качественных терминах и с помощью натурального языка. Такого рода модели будем называть семантическими моделями. Они позволяют точно специфицировать эти комплексные семантические свойства. В качестве примеров таких моделей следует назвать сети Петри и модели, основанные на грамматиках, а также модели, основанные на удовлетворении ограничений, и подходы, основанные на различных логиках. Эти модели, как правило, полностью определяются с использованием знаний о предметной области, для их построения, как правило, не используется процесс обучения.

Среди различных семантических моделей наиболее перспективной является сеть Петри [11, 12]. Механизм, заложенный в сети Петри, позволяет легко моделировать не-секвенциальные временные отношения, равно как и другие семантические отношения между под-событиями. Кроме того, графическое представление модели обеспечивает ее компактность.

Модель событий, основанная на сети Петри, позволяет моделировать временные, пространственные и логические композиции, реализовывать иерархию, параллелизм, частичное упорядочение событий и под-событий.

Среди недостатков сети Петри следует выделить то, что построение сети Петри происходит вручную с помощью знаний о предметной области, в которой происходит распознавание событий. Это может привести к неоднозначностям при построении модели, а также к проблемам с масштабируемостью модели.

Другим недостатком является детерминистическая природа сети Петри. Использование сети Петри предполагает, что информация, полученная на этапе извлечения данных, является безошибочной, тогда как вероятностные модели (например, байесовская сеть) имеют механизмы для коррекции ошибок входных данных.

Исходя из этого, перспективным является разработка моделей, которые сочетают преимущества семантических моделей для

формального описания значимых событий с возможностью вероятностных моделей учитывать ошибки извлечения данных.

### Выводы

В результате анализа различных подходов к построению модели событий, был сделан вывод о том, что наиболее предпочтительным является использование семантических моделей на основе сети Петри в сочетании с механизмом учета случайного характера извлечения данных из видеопоследовательности. Преимущество семантических моделей перед другими моделями – возможность учета временных, пространственных и логических отношений между под-событиями. Кроме того, важным свойством семантических моделей является возможность распознавания неполных событий. Эти преимущества особенно важны, когда описание событий включает качественные термины и описания на естественном языке.

### Список использованной литературы

1. Hu W. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors [Text] / [W. Hu, T. Tan, L. Wang and others] // Systems, Man and Cybernetics, Part C. – 2004. – № 4. – P. 334 – 352.

DOI :10.1109/TSMCC.2004.829274.

URL : <http://vc.cs.nthu.edu.tw/home/paper/codfiles/yzchen/200812041421/A%20Survey%20on%20Visual%20Surveillance%20of%20Object%20Motion%20and%20Behaviors.pdf>.

2. Aggarwal J. K. Human Motion Analysis: A Review [Text] / J. K. Aggarwal, Q. Cai // Computer Vision and Image Understanding. – 1999. – № 3. – P. 428 – 440.

DOI :10.1006/cviu.1998.0744.

URL : <http://cvrc.ece.utexas.edu/aggawaljk/Publications/Q.%20Cai,%20Human%20Motion%20Analysis%20A%20Review.pdf>.

3. Cohn A. G. Towards an Architecture for Cognitive Vision Using Spatio-Temporal Representations and Abduction [Text] / [A. G. Cohn, D. R. Magee, A. Galata, D. Hogg and others] // In Spatial Cognition. – 2003. – № 2. – P. 232 – 248. DOI : 10.1.1.15.1821.

4. Hongeng S. Multi-Agent Event Recognition [Text] / S. Hongengh, R. Nevatia // In-

ternational Conference on Computer Vision. – 2001. – P. 84 – 93.

DOI : 10.1109/ICCV.2001.937608

URL : <http://www.jianmeiauto.com/uploadfile/file/2013020222243062401.pdf>.

5. Buxton H. Generative Models for Learning and Understanding Dynamic Scene Activity [Text] / H. Buxton // ECCV Workshop on Generative Model Based Vision. – 2002. – P. 154 – 169.

DOI : 10.1.1.13.5001.

URL : [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/dir\\_e/cognition/eccv02.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/dir_e/cognition/eccv02.pdf).

6. Medioni G. G. Event Detection and Analysis from Video Streams [Text] / [G. G. Medioni, I. Cohen, F. Bremond and others] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2001. – № 8. – P. 873 – 889.

DOI : 10.1109/34.946990.

URL : <http://iris.usc.edu/outlines/papers/1998/iuw-event98.pdf>.

7. Howarth R. J. Conceptual Descriptions from Monitoring and Watching Image Sequences [Text] / R. J. Howarth, H. Buxton // Image and Vision Computing. – 2000. – № 18. – P. 105 – 135.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262885699000256>.[http://dx.doi.org/10.1016/S0262-8856\(99\)00025-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0262-8856(99)00025-6).

8. Bobick A. F. Movement, Activity and Action: The Role of Knowledge in the Perception of Motion [Text] / A. F. Bobick // Royal Society Workshop on Knowledge-based Vision in Man and Machine. – 1997. – № 6. – P. 1257 – 1265.

DOI : 10.1098/rstb.1997.0108.

URL : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692010/pdf/9304692.pdf>.

9. Ng A. Y. On Discriminative vs. Generative Classifiers: A Comparison of Logistic Regression and Naive Bayes [Text] / A. Y. Ng, M. I. Jordan // Neural Information Processing Systems. – 2001. – № 1. – P. 841 – 848.

DOI : 10.1007/s11063-008-9088-7.

URL : <http://ai.stanford.edu/~ang/papers/nips01-discriminativegenerative.pdf>.

10. Ulusoy I. Generative Versus Discriminative Methods for Object Recognition [Text] / I. Ulusoy, C. M. Bishop // Proceed-

ings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005. – № 2. – P. 258 – 265. DOI : 10.1007/11957959\_9.

URL : [http://nguyendangbinh.org/Proceedings/CVPR/2005/DATA/14-4P\\_26.PDF](http://nguyendangbinh.org/Proceedings/CVPR/2005/DATA/14-4P_26.PDF).

11. Ghanem N. Representation and Recognition of Events in Surveillance Video Using Petri Nets [Text] / [N. Ghanem, D. Dementhon, D. Doermann and others] // Computer Vision and Pattern Recognition Workshop. – 2004. – № 1. – P. 112 – 132. DOI : 10.1109/CVPR.2004.156.

URL : <http://lampsrv02.umiacs.umd.edu/pubs/Papers/nghanem-04/nghanem-04.pdf>.

12. Коваленко Н. В. Модель системы семантического анализа видеопотока для выявления девиантного поведения объектов интереса [Текст] / Н. В. Коваленко, Н. А. Годовиченко // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 124 – 132.

Получено 23.08.2013

#### References

1. Hu W. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors [Text] / [W. Hu, T. Tan, L. Wang and others] // Systems, Man and Cybernetics, Part C. – 2004. – № 4. – P. 334 – 352 [in English].

DOI : 10.1109/TSMCC.2004.829274.

URL : <http://vc.cs.nthu.edu.tw/home/paper/cdfiles/yzchen/200812041421/A%20Survey%20on%20Visual%20Surveillance%20of%20Object%20Motion%20and%20Behaviors.pdf>.

2. Aggarwal J. K. Human Motion Analysis: A Review [Text] / J. K. Aggarwal, Q. Cai // Computer Vision and Image Understanding. – 1999. – № 3. – P. 428 – 440 [in English].

DOI : 10.1006/cviu.1998.0744.

URL : <http://cvrc.ece.utexas.edu/aggarwaljk/Publications/Q.%20Cai,%20Human%20Motion%20Analysis%20A%20Review.pdf>.

3. Cohn A. G. Towards an Architecture for Cognitive Vision Using Spatio-Temporal Representations and Abduction [Text] / [A. G. Cohn, D. R. Magee, A. Galata and others] // In Spatial Cognition. – 2003. – № 2. – P. 232 – 248 [in English]. DOI : 10.1.1.15.1821.

4. Hongenhg S. Multi-Agent Event Recognition [Text] / S. Hongenhg, R. Nevatia // International Conference on Computer Vision. – 2001. – P. 84 – 93 [in English].

DOI : 10.1109/ICCV.2001.937608.

URL : <http://www.jianmeiauto.com/uploadfile/file/2013020222243062401.pdf>.

5. Buxton H. Generative Models for Learning and Understanding Dynamic Scene Activity [Text] / H. Buxton // ECCV Workshop on Generative Model Based Vision. – 2002. – P. 154 – 169 [in English].

DOI : 10.1.1.13.5001.

URL : [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/dir\\_e/cognition/eccv02.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/dir_e/cognition/eccv02.pdf).

6. Medioni G. G. Event Detection and Analysis from Video Streams [Text] / [G. G. Medioni, I. Cohen, F. Bremond and others] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2001. – № 8. – P. 873 – 889 [in English]. DOI : 10.1109/34.946990.

URL : <http://iris.usc.edu/outlines/papers/1998/iuw-event98.pdf>.

7. Howarth R. J. Conceptual Descriptions from Monitoring and Watching Image Sequences [Text] / R. J. Howarth, H. Buxton // Image and Vision Computing. – 2000. – № 18. – P. 105 – 135 [in English].

URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262885699000256>. [http://dx.doi.org/10.1016/S0262-8856\(99\)00025-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0262-8856(99)00025-6).

8. Bobick A. F. Movement, Activity and Action: The Role of Knowledge in the Perception of Motion [Text] / A. F. Bobick // Royal Society Workshop on Knowledge-based Vision in Man and Machine. – 1997. – № 6. – P. 1257 – 1265 [in English].

DOI : 10.1098/rstb.1997.0108.

URL : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692010/pdf/9304692.pdf>.

9. Ng A. Y. On Discriminative vs. Generative Classifiers: A Comparison of Logistic Regression and Naive Bayes [Text] / A. Y. Ng, M. I. Jordan // Neural Information Processing Systems. – 2001. – № 1. – P. 841 – 848 [in English]

DOI : 10.1007/s11063-008-9088-7.

URL : <http://ai.stanford.edu/~ang/papers/nips01-discriminativegenerative.pdf>.

10. Ulusoy I. Generative Versus Discriminative Methods for Object Recognition /

I. Ulusoy, C. M. Bishop [Text] // Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005. – № 2. – P. 258 – 265 [in English].

DOI : 10.1007/11957959\_9.

URL : [http://nguyendangbinh.org/Proceedings/CVPR/2005/DATA/14-4P\\_26.PDF](http://nguyendangbinh.org/Proceedings/CVPR/2005/DATA/14-4P_26.PDF).

11. Ghanem N. Representation and Recognition of Events in Surveillance Video Using Petri Nets [Text] / [N. Ghanem, D. DeMenthon, D. Doermann and others]// Computer Vision and Pattern Recognition Workshop. – 2004. – № 1. – P. 112 – 132 [in English].

DOI : 10.1109/CVPR.2004.156.

URL : <http://lampsrv02.umiacs.umd.edu/pubs/Papers/nghanem-04/nghanem-04.pdf>.

12. Kovalenko N. V. The Model of Video Semantic Analysis System for Objects of Interest Deviant Behavior Detection [Text] / N. V. Kovalenko, N. A. Godovichenko // Artificial Intelligence. – 2012. – № 4. – P. 124 – 132 [in Russian].



Антощук  
Светлана Григорьевна,  
д-р техн. наук, проф.,  
директор ин-та компьют.  
систем, зав. каф. информ.  
систем Одесск. нац. поли-  
техн. ун-та,  
+38048-7348-584  
asg@ics.opu.ua



Годовиченко Николай  
Анатольевич,  
аспирант Одесского нац.  
политехн. ун-та, м/т:  
+3(068)2619923