

Е. И. Мащенко<sup>1</sup>, Д. К. Карпов<sup>1</sup>, О. О. Варламов<sup>1,2,3</sup>, Л. Е. Адамова<sup>1,4</sup>, Е. Г. Баленко<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана  
105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр.1, Москва, Россия

<sup>2</sup>АО НИИ Вычислительных комплексов им. М. А. Карцева,  
117437, ул. Профсоюзная, д. 108, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт искусственного интеллекта Российского технологического университета МИРЭА  
119454, Проспект Вернадского, д. 78, Москва, Россия

<sup>4</sup>Российский новый университет (РосНОУ),  
105005, ул. Радио, д. 22, Москва, Россия

<sup>5</sup>ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет,  
346493, ул. Кривошлыкова, 24, пос. Персиановский, Октябрьский район, Рост.обл., Россия

## СОЗДАНИЕ МИВАРНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ ОБРАЗОВ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ПАДЕНИЙ ЛЮДЕЙ

E. I. Mashchenko<sup>1</sup>, D. K. Karpov<sup>1</sup>, O. O. Varlamov<sup>1,2,3</sup>, L. E. Adamova<sup>1,4</sup>, E. G. Balenko<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University  
105005, 2-ya Baumanskaya st., bld. 5, building 1, Moscow, Russia

<sup>2</sup>JSC M. A. Kartsev Research Institute of Computing Systems,  
117437, Profsoyuznaya st., bld. 108, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Institute of Artificial Intelligence of the Russian Technological University MIREA  
119454, Vernadsky ave., bld. 78, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Russian New University (RosNOU),  
105005, st. Radio, 22, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University,  
346493, Krivoshlykova St., 24, Persianovsky Settlement, Oktyabrsky District, Rostov Region, Russia

## CREATION OF A MIVAR EXPERT SYSTEM FOR UNDERSTANDING IMAGES AND MAKING DECISIONS WHEN PEOPLE FALL

Разработана система понимания изображений в виде веб-приложения с комплексной интеллектуальной системой видеоанализа на основе миварной экспертной системы (МЭС). МЭС используется для определения дальнейших действий после выявления угрозы падения человека в фрагменте видео. Определены параметры, которые могут быть переданы МЭС от модуля, основанного на нейронной сети и выявляющего факт падения в видеоряде; контекстные параметры, которые можно получить от пользователя напрямую, а также параметры, которые вычисляются самой МЭС. Для данных параметров были подробно описаны зависимости и правила, на основании которых они формируются. На основании вычисленных параметров МЭС принимает решение о дальнейших действиях.

**Ключевые слова:** миварная экспертная система, мивар, понимание образов, умная видеочамера, видеоаналитика, веб-приложение, нейронная сеть, безопасность.

An image understanding system has been developed as a web application with a comprehensive intelligent video analysis system based on a mivar expert system (MES). The MES is used to determine further actions after detecting a threat of a person falling in a video fragment. The parameters that can be transmitted to the MES from a module based on a neural network and detecting the fact of a fall in a video sequence; contextual parameters that can be obtained directly from the user, as well as parameters that are calculated by the MES itself are determined. For these parameters, the dependencies and rules on the basis of which they are formed were described in detail. Based on the calculated parameters, the MES makes a decision on further actions.

**Keywords:** mivar expert system, mivar, image understanding, smart video camera, video analytics, web application, neural network, security.

## Введение

Как уже хорошо известно, миварные технологии [1] логического искусственного интеллекта [2] можно применять для решения задач распознавания образов и создания «умных видеокамер». Миварные сети позволили реализовать логический вывод [3] с линейной вычислительной сложностью [4]. Миварные технологии успешно применяют для комплексного моделирования процессов [5] понимания текста [6] и распознавания изображений [7]; для разработки учебных программ [8], создания активной интернет-энциклопедии [9] и в дистанционном обучении [10]. В медицине применяют миварные базы знаний [11] для диагностики сахарного диабета [12] и подбора лекарственных форм [13]. Важно отметить, что использовать миварные технологии для робототехники было предложено еще в 2004 году [14], затем добавились АСУ Технологическими процессами [15], а с 2016 года исследования расширились в плане создания систем принятия решений [16] автономных роботов [17], определения метрики автономности [18] и интеллектуальности [19] робототехнических комплексов, выполняющих сложные действия в реальном времени [20]. Помимо перечисленных выше направлений, миварные технологии [21] используются в следующих областях: принятие решений в видеоаналитике [22], подбор творческих хобби [23], планирование маршрутов для автономного транспорта [24], создание интерактивных справочных систем [25], подбор заданий в системе-тренажере [26], оценка отряда в игровом проекте [27], оценка метаболического синдрома [28], создание систем полного жизненного цикла изделий [29], организация управления проектами компании [30] и образовательными [31] программами [32], распознавание [33] 3-D образов [34] и др. Таким образом, миварные технологии являются достаточно универсальными для создания различных систем обработки информации и принятия решений в самых сложных областях науки и техники.

## Проблема обнаружение непреднамеренных падений

В настоящее время обнаружение непреднамеренных падений является одной из главных проблем сектора здравоохранения, поскольку связана с высокими рисками для здоровья человека. Падения чаще случаются по мере того, как люди становятся старше или у них возникают проблемы со здоровьем, такие как сердечно-сосудистые заболевания или мышечная нестабильность. Согласно исследованию, проведенному ООН [35], в 2017 году число пожилых людей в возрасте 60 лет и старше составляло 962 миллиона (13% от общей численности населения мира). Ожидается, что к 2050 году это число более чем удвоится (2,1 миллиарда) и утроится (3,1 миллиарда) к 2100 году [35]. Падения являются основной причиной серьезных травм у пожилых людей во всем мире. Статистика показывает, что падения являются основной причиной смерти от травм среди пожилых людей в возрасте 80 лет и старше.

Как правило, большинство падений происходит дома. К распространенным опасностям относятся плохое освещение, беспорядок, загроможденные пути, скользкие полы, домашние животные и неустойчивая мебель. Пожилые люди, страдающие неврологическими заболеваниями, такими как деменция и эпилепсия, более подвержены падениям и травмам, связанным с падением, чем среднестатистическое пожилое население. Компьютерное зрение можно считать более прогрессивным подходом к задаче обнаружения падений. Камеры предоставляют очень богатую информацию о людях и окружающей среде, и их присутствие становится все более важным в

различных повседневных условиях из-за необходимости наблюдения. Аэропорты, железнодорожные и автобусные вокзалы, торговые центры и даже улицы уже оборудованы камерами. Что еще более важно, камеры также установлены в центрах по уходу за пожилыми людьми. Таким образом, надежные системы обнаружения падений на основе визуального анализа могут сыграть очень важную роль в будущих системах здравоохранения и оказания помощи. МЭС могут быть легко интегрированы в существующие системы видеонаблюдения, что позволяет расширять функциональность системы без необходимости полной замены оборудования. Тема работы актуальна и имеет большое практическое значение.

## Используемые технологии

В данной работе для обнаружения падений используется сверточная нейронная сеть. При разработке архитектуры системы обнаружения падений преследовались следующие цели:

- Сделать систему независимой от особенностей окружающей среды.
- Свести к минимуму ручную обработку изображений.
- Сделать систему универсальной, чтобы она работала в разных сценариях.

Для решения первой задачи ключевым моментом было создание системы, которая бы учитывала движения человека и избегала какой-либо зависимости от внешнего вида изображения. Для решения этой проблемы был использован алгоритм оптического потока для описания векторов смещения между двумя кадрами. Оптический поток позволил эффективно отображать движения человека и избежать влияния статических особенностей изображения.

Чтобы свести к минимуму этапы обработки изображений вручную, используются CNN, которые, как было показано, являются очень универсальными автоматическими экстракторами признаков. CNN могут изучить набор функций, которые лучше подходят для конкретной проблемы, если на этапе обучения будет предоставлено достаточно примеров. Более того, CNN также являются очень удобными инструментами для достижения общих функций. Для этого необходимо настроить параметры сети и стратегии обучения.

Общий вид системы обнаружения падений (ИИ-модуля) можно увидеть на рис. 1.

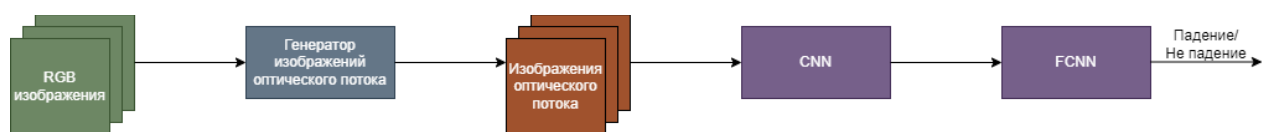


Рисунок 1 – Архитектура ИИ-модуля

Архитектура CNN стала ключевым решением при разработке системы обнаружения падения. В данной задаче была выбрана модифицированная версия сети VGG-16, следуя архитектуре временной сети для распознавания действий. Использование такой архитектуры было мотивировано высокой точностью, полученной в других смежных областях. Обучение проводилось на трех общедоступных наборах данных, которые часто используются в литературе: UR Fall Dataset (URFD), Multiple Cameras Fall Dataset (Multicam) и Fall Detection Dataset (FDD). Для определения действий после обнаружения угрозы используется МЭС.

Использование МЭС в данной работе необходимо для определения действий после обнаружения угрозы, что, таким образом, автоматизирует труд людей и позволяет уменьшить вероятность ошибки из-за влияния человеческого фактора.

Усталость и неспособность долго концентрироваться начинают проявляться уже через полчаса работы с несколькими камерами, что приводит к резкому падению эффективности наблюдения. В то же время программное обеспечение видеоанализа обеспечивает стабильные и качественные результаты.

Архитектура взаимодействия нейросетевого модуля обнаружения падений (МОП) с МЭС реализована следующим образом. Клиент взаимодействует с сервером, который в свою очередь взаимодействует с нейросетевым модулем, за счет чего осуществляется проверка видеопотока на наличие падений. В случае обнаружения угрозы данные из нейросетевого модуля, проходя обработку на сервере, поступают в МЭС.

Таким образом, реализована комплексная интеллектуальная система, где нейронные и миварные сети работают вместе, то есть нейросеть помогает МЭС принимать решение.

## Описание алгоритма принятия решения

Из клиентской части приложения после обнаружения в кадре падения сразу отправляется уведомление наблюдателю, ответственному за мониторинг падений в данной организации. Также с момента обнаружения угрозы падения начинается запись видео длительностью в 30 секунд. После того, как запись сформирована, видео дробится на стеки в зависимости от выставленных настроек. В экспертную систему передаются следующие данные: размер стека (SL); количество стеков, в которых ИИ-модуль распознал падение (FSN); частота кадров в секунду (FPS); разрешение изображения, полученное из перемножения ширины на высоту в пикселях (R).

МЭС нуждается в предварительном обучении путем создания базы знаний: необходимо выявить контекстные параметры на основе ответов пользователя. Пользователь должен вручную добавить следующие данные: тип помещения (RT) и параметр, определяющий уместность ситуации падения в конкретном месте, в котором используется система видеоаналитики (RF): например, если систему планируется установить в фитнес-зале, то параметр RF можно задать равным 10, так как очевидно, что падение или движение подобное ему в кадре является частым и объяснимым явлением.

Также для случаев, не предусмотренных системой, значение этого параметра устанавливается равным «Другое», что означает, что данный параметр не задан и МЭС необходимо будет принять решение, не основываясь на нем.

На основании данных, полученных от системы и введенных пользователем, МЭС при помощи заданных условий выявляет следующие параметры: динамика передачи (D), точность передачи (A), длительность падения (DF) и потенциальные намерения человека, совершающего падение (I). Значение параметра D определяется как степень схожести полученного фрагмента видео с тем, что увидел бы человек: например, если  $FPS < 15$ , то видео будет с задержкой, что не соответствует восприятию окружающего мира человеком. Намерения (I) определяются исходя как из контекстных, так и из параметров, полученных от нейросети, например, если качество передачи хорошее и для данного помещения не типично падение, однако оно было обнаружено, то параметр определяется как «ненамеренное», в ином случае – «намеренное». Точность передачи A соответствует «степени доверия» относительно полученной информации; параметр показывает, насколько мы можем быть уверены в том, что падение в фрагменте видео является именно непреднамеренным падением, параметр зависит от намерения I и длительности падения DF. Далее МЭС считает коэффициент H, исходя

из значения которого определяется класс опасности и вырабатывается стратегия для дальнейших действий. Возможные классы опасности в зависимости от значения коэффициента  $H$  представлены в табл. 1. Все параметры МЭС представлены в табл. 2-5.

Система задает начальное значение параметра  $H$  исходя из контекстных параметров: каждому типу помещений присваивается определенный вес, из которого вычитается параметр  $RF$ , умноженный на этот вес, следовательно, чем больше частота использования каких-либо опасных предметов, тем меньше начальное значение параметра  $H$ . Типу помещения «медицинское» присвоен вес 0.6, что является нижней границей класса «скорее всего, угроза», т.е. любое обнаруженное падение будет расцениваться как угроза.

Таблица 1 – Классы опасности

Название	Значение коэффициента $H$	Описание
Угроза	$H \geq 0.9$	В случае, когда МЭС определяет, что то, что было обнаружено в фрагменте видео представляет угрозу для жизни и безопасности человека, вызывается скорая.
Скорее всего, угроза	$0.6 \leq H < 0.9$	В случае, когда МЭС определяет, что то, что было обнаружено в фрагменте видео скорее всего представляет угрозу для жизни и безопасности человека и, если служба безопасности не реагирует в течение 2 минут, вызывается ближайший медработник.
Маловероятно, что угроза	$H < 0.6$	В случае, когда МЭС определяет, что то, что было обнаружено в фрагменте видео скорее всего не является угрозой, посылается уведомление службе безопасности, никакие другие действия не предпринимаются.

Таблица 2 – Входные параметры от ИИ-модуля

Название	Описание	Тип данных
Stack length (SL)	Количество изображений оптического потока в стеке, подходящее для точного захвата кратковременных событий, таких как падения. По умолчанию = 10	Number
Fall stacks number (FSN)	Количество стеков, в которых было обнаружено падение	Number
Frames per second (FPS)	Количество кадров за одну секунду	Number
Resolution (R)	Разрешение изображений	Number

Таблица 3 – Входные контекстные параметры

Название	Описание	Тип данных
Room Type (RT)	Тип помещения. Целевое назначение помещения: Примеры входных данных: Торговое; Офисное; Складское; Общепит; Спортивное; Производственное; Коммунально-бытовое; Медицинское; Образовательное; Административное; Свободного назначения.	String
The relevance of the fall (RF)	Уместность ситуации падения в конкретном месте Оценка по десятибалльной шкале частоты возникновения падения	Number, $0 < n \leq 10$

Таблица 4 – Промежуточные параметры

Параметр	Описание	Тип данных
Video transmission dynamics (D)	Динамика передачи видео	String: “низкая”/ “средняя” / “высокая”
Accuracy (A)	Точность передачи	Number, $0 < n <= 10$
Duration of fall (DF)	Длительность падения в секундах	Number
Intentions (I)	Потенциальные намерения человека, совершающего падение	String: “намеренно” / “ненамеренно”

Таблица 5 – Целевой параметр

Параметр	Описание	Тип данных
Hazard factor (H)	Коэффициент, по которому будет определяться уровень опасности ситуации. Изначальное значение - 0.	Number

Приведем несколько примеров правил:

Если  $RT = \text{«медицинское»}$ , то  $H_0 = 0.6 - \frac{RF}{10} \cdot 0.6$

Если  $RT = \text{«спортивное»}$ , то  $H_0 = 0.2 - \frac{RF}{10} \cdot 0.2$

Если  $RT = \text{«другое»}$ , то  $H_0 = 0.5 - \frac{RF}{10} \cdot 0.5$

Далее система формирует параметры A, D, DF и I, которые в дальнейшем повлияют на параметр H. Параметры D, DF формируются исходя из параметров, полученных от ИИ-модуля. Параметр также использует контекстные параметры.

Динамика передачи напрямую зависит от количества кадров в секунду и от разрешения изображений, например:

Если  $FPS < 15$  и  $R \geq 2\,000\,000$ , то  $D = \text{«средняя»}$

Если  $FPS < 15$  и  $R < 2\,000\,000$ , то  $D = \text{«низкая»}$

Если  $FPS \geq 15$  и  $R \geq 2\,000\,000$ , то  $D = \text{«высокая»}$

Длительность падения вычисляется по следующей формуле:  $DF = \frac{FSN-1 + SL}{FPS}$

Намерения I зависят от динамики передачи D и уместности ситуации падения в конкретном месте, например:

Если ( $D = \text{«высокая»}$  или  $\text{«средняя»}$ ) и  $RF < 5$ , то  $I = \text{«ненамеренно»}$

Если  $D = \text{«низкая»}$  или  $RF \geq 5$ , то  $I = \text{«намеренно»}$

Параметр A отображает точность передачи, то есть степень, которая отображает, насколько можно верить данным, переданным от ИИ-модуля, зависит от вычисляемой длительности падения и намерения.

Приведем пример вычисления данного параметра:

Если  $DF \leq 0.5$  и  $I = \text{«ненамеренно»}$ , то  $A = 5$

Если  $DF \leq 0.5$  и  $I = \text{«намеренно»}$ , то  $A = 0$

Если  $DF \geq 1.5$  и  $I = \text{«намеренно»}$ , то  $A = 2$

Если  $DF \geq 1.5$  и  $I = \text{«ненамеренно»}$ , то  $A = 7$

Если  $0.5 < DF < 1.5$  и  $I = \text{«ненамеренно»}$ , то  $A = 10$

Если  $0.5 < DF < 1.5$  и  $I = \text{«намеренно»}$ , то  $A = 3$

Вычисление целевого параметра H в конечном итоге зависит от начального значения данного параметра и точности передачи A:  $H = H_0 + \frac{A}{10}$

Рассмотрим 3 примера принятия решения для данной системы.

– 1 пример

Входные контекстные параметры: тип помещения  $RT = \text{«медицинское»}$ , уместность ситуации падения в данном месте  $RF = 1$ .

Входные параметры от ИИ-модуля: размер стека изображений  $SL = 10$ , количество стеков с обнаруженным падением  $FSN = 2$ , частота кадров  $FPS = 15$ , разрешение изображения  $R = 2\,073\,600$ .

Вычислим промежуточные параметры, согласно правилам, описанным выше: Динамика передачи  $D = \text{“высокая”}$ , поскольку  $FPS \geq 15$  и  $R \geq 2\,000\,000$ .

Длительность падения  $DF = \frac{2-1+10}{15} = 0,73\text{с}$

Намерения  $I = \text{“ненамеренно”}$ , поскольку  $D = \text{“высокая”}$  и  $RF < 5$ .

Точность передачи  $A = 10$ , поскольку  $0.5\text{с} < DF < 1.5\text{с}$  и  $I = \text{“ненамеренно”}$ .

Следующим шагом вычисляем целевой параметр  $H$ :

$$H = H_0 + \frac{A}{10} = 0.6 - \frac{RF}{10} \cdot 0.6 + \frac{A}{10} = 0.6 - \frac{1}{10} \cdot 0.6 + \frac{10}{10} = 1,54$$

Поскольку  $H \geq 0,9$ , следовательно класс опасности можно рассматривать, как «угроза».

### – 2 пример

Входные контекстные параметры: тип помещения  $RT = \text{«производственное»}$ , уместность ситуации падения в данном месте  $RF = 4$ .

Входные параметры от ИИ-модуля: размер стека изображений  $SL = 10$ , количество стеков с обнаруженным падением  $FSN = 1$ , частота кадров  $FPS = 10$ , разрешение изображения  $R = 1\,430\,400$ .

Вычислим промежуточные параметры, согласно правилам, описанным выше:

Динамика передачи  $D = \text{“низкая”}$ , поскольку  $FPS < 15$  и  $R < 2\,000\,000$ .

Длительность падения  $DF = \frac{1-1+10}{10} = 1\text{с}$

Намерения  $I = \text{“намеренно”}$ , поскольку  $D = \text{“низкая”}$ .

Точность передачи  $A = 3$ , поскольку  $0.5\text{с} < DF < 1.5\text{с}$  и  $I = \text{“намеренно”}$ .

Следующим шагом вычисляем целевой параметр  $H$ :

$$H = H_0 + \frac{A}{10} = 0.5 - \frac{RF}{10} \cdot 0.5 + \frac{A}{10} = 0.5 - \frac{4}{10} \cdot 0.5 + \frac{3}{10} = 0,6$$

Поскольку  $0.6 \leq H < 0.9$ , следовательно, класс опасности можно рассматривать, как «скорее всего угроза».

### – 3 пример

Входные контекстные параметры: тип помещения  $RT = \text{«спортивное»}$ , уместность ситуации падения в данном месте  $RF = 9$ .

Входные параметры от ИИ-модуля: размер стека изображений  $SL = 10$ , количество стеков с обнаруженным падением  $FSN = 10$ , частота кадров  $FPS = 12$ , разрешение изображения  $R = 2\,073\,600$ .

Вычислим промежуточные параметры, согласно правилам, описанным выше:

Динамика передачи  $D = \text{“средняя”}$ , поскольку  $FPS < 15$  и  $R \geq 2\,000\,000$ .

Длительность падения  $DF = \frac{10-1+10}{12} = 1,58\text{с}$

Намерения  $I = \text{“намеренно”}$ , поскольку  $RF \geq 5$ .

Точность передачи  $A = 2$ , поскольку  $DF \geq 1.5\text{с}$  и  $I = \text{“намеренно”}$ .

Следующим шагом вычисляем целевой параметр  $H$ :

$$H = H_0 + \frac{A}{10} = 0.2 - \frac{RF}{10} \cdot 0.2 + \frac{A}{10} = 0.2 - \frac{9}{10} \cdot 0.2 + \frac{2}{10} = 0,22$$

Поскольку  $H < 0.6$ , следовательно, класс опасности можно рассматривать, как «маловероятно, что угроза».

## Заключение

Актуальной и важной практической задачей является понимания изображения и видео на основе анализа контекста и принятия решений без вмешательства человека-оператора. Миварные экспертные системы в видеоаналитике могут иметь большой потенциал для улучшения безопасности и эффективности системы. Они могут использоваться для автоматического обнаружения и классификации объектов на видео, а также для принятия решений на основе анализа данных. МЭС являются эволюционными системами, что значит, что существует возможность расширения уже построенной системы без глобального изменения архитектуры.

В данном случае расширением системы может являться добавление модуля для распознавания эмоций или вида падения (вперед, назад, в сторону). В таком случае в систему добавилось бы еще несколько входных параметров, по которым можно было бы ввести дополнительные условия. Таким образом, точность МЭС бы увеличилась, а уже построенная часть осталась бы прежней, новые параметры и условия просто дополнили бы ее.

Разработана система понимания изображений в виде веб-приложения с комплексной интеллектуальной системой видеоанализа на основе сверточных нейронных сетей и миварной экспертной системы, которая также используется для определения дальнейших действий после выявления угрозы падения человека в фрагменте видео.

## Список литературы

1. Варламов О.О. *Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство*. М.: «Радио и связь», 2002. 286 с. EDN RWTGCP.
2. Варламов О.О., Антонов П.Д., Чибирова М.О. и др. МИВАР: машино-реализуемый способ автоматизированного построения маршрута логического вывода в базе знаний. *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 28-43. EDN: UQEPGD.
3. Владимиров А.Н., Варламов О.О., Носов А.В., Потапова Т.С. Программный комплекс "УДАВ": практическая реализация активного обучаемого логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил. *Труды Научно-исследовательского института радио*. 2010. № 1. С. 108-116. EDN: MKQGGT.
4. Варламов О.О., Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В. Практическая реализация универсального решателя задач "УДАВ" с линейной сложностью логического вывода на основе миварного подхода и "облачных" технологий. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2013. № 11. С. 45-55. EDN: SQKHZZ.
5. Варламов О.О., Адамова Л.Е., Елисеев Д.В. и др. Комплексное моделирование процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов на основе миварных технологий. *Искусственный интеллект*. 2013. № 4. С. 15-27. EDN: TZWCPV.
6. Варламов О.О., Майборода Ю.И., Сергушин Г.С., Хадиев А.М. Применение миварных экспертных систем для решения задач понимания текста и распознавания изображений. *В мире научных открытий*. 2015. № 6 (66). С. 205-214. EDN: TVPWED.
7. Волков А.С., Варламов О.О. О создании двухуровневой нейросетевой структуры для применения в машиностроении. *МИВАР'22*. Москва, 2022. С. 251-261. EDN: TXESUT.
8. Блохина С.В., Адамова Л.Е., Колупаева Е.Г. и др. Разработка учебных программ с элементами искусственного интеллекта для обучения в области информационной безопасности и защиты персональных данных. *Искусственный интеллект*. 2009. № 3. С. 328-335. EDN: TIFIGN.
9. Бадалов А.Ю., Варламов О.О., Санду Р.А. и др. Активная миварная интернет-энциклопедия и развитие миварных сетей на основе многомерных бинарных матриц для одновременной эволюционной обработки более 10 000 правил в реальном времени. *Искусственный интеллект*. 2010. № 4. С. 549-557. EDN: UIMXAV.
10. Подкосова Я.Г., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении. *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. 2011. № 2 (33). С. 104-111. EDN: NUAQBP.
11. Ким Х., Чувиков Д.А., Аладин Д.В. и др. Создание базы знаний для миварной экспертной системы диагностики сахарного диабета. *Медицинская техника*. 2020. № 6 (324). С. 38-41. EDN: EDXBGK.



12. Белоусов Е.А., Попов И.А., Евдокимов А.А. и др. Рекомендательная система диагностики сахарного диабета на основе механизма миварного вывода. *Естественные и технические науки*. 2021. № 7 (158). С. 169-174. EDN: JSFUSI.
13. Честнова Е.А., Федосеева Е.Ю., Ваганов Д.Д. и др. Разработка базы знаний МЭС по подбору лекарственных форм для антибиотиков и антимикотиков. *Естественные и технические науки*. 2023. № 5(180). С. 29-33. DOI 10.25633/ETN.2023.05.01. EDN WOZCUJ.
14. Варламов О.О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства. *Искусственный интеллект*. 2004. № 4. С. 695-700. EDN: TIFIQD.
15. Сергушин Г.С., Варламов О.О., Чибирова М.О. и др. Исследование возможностей информационного моделирования сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий. *Автоматизация и управление в технических системах*. 2013. № 2 (4). С. 51-66. EDN: RDWXUT.
16. Варламов О.О., Аладин Д.В., Сараев Д.В. и др. О возможности создания систем принятия решений для автономных роботов на основе миварных экспертных систем, обрабатывающих более 1 млн производственных правил/с. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2017. № 6-2 (80). С. 54-61. EDN: TIVUDN.
17. Варламов О.О., Лазарев В.М., Чувииков Д.А., Джха П. О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий. *Радиопромышленность*. 2016. № 4. С. 96-105. EDN: UQEVLG.
18. Варламов О.О. Об одном подходе к метрике автономности и интеллектуальности робототехнических комплексов. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2017. № 6-2 (80). С. 43-53. EDN: YWNDPI.
19. Варламов О.О. О метрике автономности и интеллектуальности робототехнических комплексов и киберфизических систем // *Радиопромышленность*. 2018. № 1. С. 74-86. EDN: YQYQPV.
20. Варламов О.О., Аладин Д.В. Успешное применение миварных экспертных систем для MIPRA - решения задач планирования действий робототехнических комплексов в реальном времени. *Радиопромышленность*. 2019. № 3. С. 15-25. EDN: EVFEAK.
21. Алпеев В.С., Ли М.В., Савельев А.А. и др. О применении мультипредметных нейронных сетей и миварных экспертных систем для создания гибридных интеллектуальных информационных систем. *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2022. № 14(22). С. 224-226. EDN SFJNWC.
22. Васильченко Д.Д., Мартынова П.В., Балашов А.М. и др. МЭС для принятия решений в видеоаналитике. *Мивар'23*. Москва: ИНФРА-М, 2023. С. 384-389. EDN NHXEAB.
23. Бессонова К.С., Ноздрова В.С., Попов Н.А. и др. БЗ МЭС по подбору творческих хобби // *Мивар'23*: Сборник студенческих статей. Москва: ИНФРА-М, 2023. С. 249-254. EDN LAIPCC.
24. Андреев А.А., Коценко А.А., Воронцов Н.А. и др. О разработке МЭС для поиска маршрутов автономного транспорта маркетплейса. *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2023. № 15(23). С.316-319. DOI 10.59131/2411-9814\_2023\_15(23)\_316. EDN YAMOFZ.
25. Байбарин Р.Г., Кучеренко М.А., Тюлькина Н.В. и др. О создании интеллектуальной системы "миварная активная энциклопедия". *Естественные и технические науки*. 2022. № 3(166). С. 148-155.
26. Перова А.Е., Чиварин А.Е., Карпов Д.К. и др. МЭС подбора заданий в системе-тренажере для слабослышащих студентов. *Мивар'23*. Москва: ИНФРА-М, 2023. С. 148-154. EDN FEJHNM.
27. Лисин А.А., Микайлов Р.Р. и др. МЭС для оценки отрядов персонажей в бою против боссов в игровом проекте Genshin Impact 3.0. *Мивар'23: Сборник статей*. М.: Инфра-М, 2023. С. 123-129.
28. Чувииков Д.А., Адамова Л.Е., Булатова И.Г. и др. МЭС "метаболический синдром" для терапевта и эндокринолога. *Мивар'22*. Москва: Инфра-М, 2022. С. 105-114. EDN UYRARA.
29. Трищенко А.В., Осипов В.Г., Лялин Е.С. и др. 2022: развитие машиностроительного ИИ для СПЖЦ. *Мивар'22: Сборник научных статей*. Москва: Инфра-М, 2022. С. 433-439. EDN REMJXP.
30. Абросимова Н.Г., Арбузов А.П., Саврасов П.А. и др. О разработке миварной экспертной системы для организации управления проектами IT-компаний. *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2022. № 14(22). С. 153-156. EDN KADRSN.
31. Гузева Т.А., Егоров С.А., Адамова Л.Е. и др. Применение МЭС для управления образовательными программами в вузе. *МИВАР'22*. Москва, 2022. С. 323-329. EDN: IXTONZ.
32. Егоров С.А., Гузева Т.А., Адамова Л.Е. и др. БЗ МЭС для учебной дисциплины "РКПТ". *МИВАР'22*. Москва, 2022. С. 330-337. EDN: BCQGT0.
33. Майборода Ю.И., Синцов М.Ю. и др. Система автоматического тегирования изображений на основе миварных технологий. *Автоматизация и управление в технических системах*. 2014. №3. С.83-95.
34. Синцов М.Ю., Озерин А.Ю. и др. О развитии миварного подхода к интеллектуальному распознаванию образов для работы с трехмерными объектами. *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 172-183. EDN: UQEP0Z.
35. *Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения*. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/30-09-2015-who-number-of-people-over-60-years-set-to-double-by-2050-major-societal-changes-required> (дата обращения: 01.05.2024).

## References

1. Varlamov O. O. Evolutionary databases and knowledge bases for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space. Moscow: "Radio and communication", 2002. 286 p. EDN RWTCOP.
2. Varlamov O. O., Antonov P. D., Chibirova M. O., et al. MIVAR: a machine-implemented method for automated construction of a logical inference route in a knowledge base // Radio Industry. 2015. No. 3. Pp. 28-43. EDN: UQEPGD.
3. Vladimirov A. N., Varlamov O. O., Nosov A. V., Potapova T. S. Software package "UDAV": practical implementation of active learning logical inference with linear computational complexity based on a mivar rule network // Transactions of the Radio Research Institute. 2010. No. 1. Pp. 108-116. EDN: MKQGGT.
4. Varlamov O. O., Chibirova M. O., Sergushin G. S., Eliseev D. V. Practical implementation of the universal problem solver "UDAV" with linear complexity of logical inference based on the mivar approach and "cloud" technologies // Devices and systems. Management, control, diagnostics. 2013. No. 11. Pp. 45-55. EDN: SQKHZZ.
5. Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V. et al. Complex modeling of the processes of understanding the meaning of texts, speech and images by computers based on mivar technologies // Artificial Intelligence. 2013. No. 4. Pp. 15-27. EDN: TZWCVP.
6. Varlamov O. O., Maiboroda Yu. I., Sergushin G. S., Khadiev A. M. Application of mivar expert systems for solving text understanding and image recognition problems // In the world of scientific discoveries. 2015. No. 6 (66). P. 205-214. EDN: TVPWED.
7. Volkov A. S., Varlamov O. O. On the creation of a two-level neural network structure for use in mechanical engineering // In the collection: MIVAR'22. Moscow, 2022. P. 251-261. EDN: TXESUT.
8. Blokhina S. V., Adamova L. E., Kolupaeva E. G. et al. Development of educational programs with elements of artificial intelligence for training in the field of information security and personal data protection // Artificial Intelligence. 2009. No. 3. P. 328-335. EDN: TIFIGN.
9. Badalov A.Yu., Varlamov O.O., Sandu R.A., et al. Active mivar internet encyclopedia and development of mivar networks based on multidimensional binary matrices for simultaneous evolutionary processing of more than 10,000 rules in real time // Artificial Intelligence. 2010. No. 4. P. 549-557. EDN: UIMXAV.
10. Podkosova Ya.G., Varlamov O.O., Ostroukh A.V., Krasnyansky M.N. Analysis of prospects for using virtual reality technologies in distance learning // Issues of modern science and practice. Vernadsky University. 2011. No. 2 (33). P. 104-111. EDN: NUAKBP.
11. Kim H., Chuvikov D.A., Aladin D.V., et al. Creation of a knowledge base for a mivar expert system for diagnosing diabetes mellitus // Medical equipment. 2020. No. 6 (324). P. 38-41. EDN: EDXBGK.
12. Belousov E.A., Popov I.A., Evdokimov A.A., et al. A recommender system for diagnosing diabetes mellitus based on the mivar inference mechanism // Natural and technical sciences. 2021. No. 7 (158). P. 169-174. EDN: JSFUSI.
13. Chestnova E.A., Fedoseeva E.Yu., Vaganov D.D., et al. Development of a knowledge base of the MES for the selection of dosage forms for antibiotics and antimycotics // Natural and technical sciences. 2023. No. 5(180). P. 29-33. DOI 10.25633/ETN.2023.05.01. EDN WOZCUJ.
14. Varlamov O. O. Information processing systems and interaction of groups of mobile robots based on mivar information space // Artificial Intelligence. 2004. No. 4. P. 695-700. EDN: TIFIQD.
15. Sergushin G. S., Varlamov O. O., Chibirova M. O. et al. Study of the possibilities of information modeling of complex process control systems based on mivar technologies // Automation and control in technical systems. 2013. No. 2 (4). P. 51-66. EDN: RDWXUT.
16. Varlamov O.O., Aladin D.V., Saraev D.V., et al. On the possibility of creating decision-making systems for autonomous robots based on mivar expert systems processing more than 1 million production rules/sec. // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2017. No. 6-2 (80). P. 54-61. EDN: TIVUDN.
17. Varlamov O.O., Lazarev V.M., Chuvikov D.A., Jha P. On the prospects for creating autonomous intelligent robots based on mivar technologies // Radio Industry. 2016. No. 4. P. 96-105. EDN: UQEVLG.
18. Varlamov O.O. On one approach to the metrics of autonomy and intelligence of robotic complexes // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2017. No. 6-2 (80). P. 43-53. EDN: YWNDPI.
19. Varlamov O. O. On the metrics of autonomy and intelligence of robotic complexes and cyber-physical systems // Radio Industry. 2018. No. 1. P. 74-86. EDN: YQYQPV.
20. Varlamov O. O., Aladin D. V. Successful application of mivar expert systems for MIPRA - solving problems of planning actions of robotic complexes in real time // Radio Industry. 2019. No. 3. P. 15-25. EDN: EVFEAK.
21. Alpeev, V.S.; Lee, M.V.; Savelyev, A.A., et al. On the application of multi-subject neural networks and mivar expert systems to create hybrid intelligent information systems // Information and Education: communication boundaries. 2022. № 14(22). C. 224-226. EDN SFJNWC.
22. Vasilchenko, D.D.; Martynova, P.V.; Balashov, A.M. et al. MES for decision making in video analytics // Mivar'23. Moscow: INFRA-M, 2023. C. 384-389. EDN HHXEAB.

23. Bessonova K.S., Nozdrova V.S., Popov N.A., et al. BZ MES for the selection of creative hobbies // Mivar'23: Collection of student articles. Moscow: INFRA-M, 2023. Pp. 249-254. EDN LAIPCC.
24. Andreev A.A., Kotsenko A.A., Vorontsov N.A., et al. On the development of MES for searching for routes of autonomous transport of the marketplace // Information and education: boundaries of communications. 2023. No. 15 (23). Pp. 316-319. DOI 10.59131/2411-9814\_2023\_15 (23)\_316. EDN YAMOFZ.
25. Baibarin R.G., Kucherenko M.A., Tyulkina N.V., et al. On the creation of an intelligent system "mivar active encyclopedia" // Natural and technical sciences. 2022. No. 3 (166). Pp. 148-155. EDN HDNGFL.
26. Perova A.E., Chivarzin A.E., Karpov D.K., et al. MES for selecting tasks in a training system for hearing-impaired students // Mivar'23. Moscow: INFRA-M, 2023. Pp. 148-154. EDN FEJJHM.
27. Lisin A.A., Mikailov R.R., et al. MES for assessing character squads in battle against bosses in the game project Genshin Impact 3.0 // Mivar'23: Collection of articles. Moscow: Infra-M, 2023. pp. 123-129.
28. Chuvikov D.A., Adamova L.E., Bulatova I.G. and others. MES "metabolic syndrome" for a therapist and endocrinologist // Mivar'22. Moscow: Infra-M, 2022. pp. 105-114. EDN UYRARA.
29. Trishchenkov A.V., Osipov V.G., Lyalin E.S. et al. 2022: development of mechanical engineering AI for life cycle // Mivar'22: Collection of scientific articles. Moscow: Infra-M, 2022. pp. 433-439.
30. Abrosimova N.G., Arbuzov A.P., Savrasov P.A. and others. On the development of a mivar expert system for organizing project management of an IT company // Information and education: boundaries of communications. 2022. No. 14 (22). Pp. 153-156. EDN KADRSR.
31. Guzeva TA, Egorov SA, Adamova LE et al. Application of MES for managing educational programs at a university // In the collection: MIVAR'22. Moscow, 2022. Pp. 323-329. EDN: IXTONZ.
32. Egorov SA, Guzeva TA, Adamova LE et al. Knowledge base of MES for the academic discipline "RKPT" // In the collection: MIVAR'22. Moscow, 2022. Pp. 330-337. EDN: BCQGTG.
33. Maiboroda Yu.I., Sintsov M.Yu. et al. Automatic image tagging system based on mivar technologies // Automation and control in technical systems. 2014. №3. pp.83-95. EDN: TDMTOR.
34. Sintsov M.Yu., Ozerin A.Yu. et al. On the development of the mivar approach to intelligent pattern recognition for working with three-dimensional objects // Radio industry. 2015. №3. pp.172-183
35. Official website of the World Health Organization. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/30-09-2015-who-number-of-people-over-60-years-set-to-double-by-2050-major-societal-changes-required>

## RESUME

*E. I. Mashchenko, D. K. Karpov, O. O. Varlamov, L. E. Adamova, E. G. Balenko  
Creation Of A Mivar Expert System For Understanding Images And Making  
Decisions When Detecting People Falls*

Many works are devoted to image processing issues, in which it is proposed to use neural networks. At the same time, a number of works are known, in which a solution to the problem of understanding images is proposed based on the creation of complex artificial intelligence systems based on a combination of neural networks and mivar expert systems. An important feature is the need to take into account the context of events and automatic decision-making based on the results of image recognition. Thus, an urgent and important practical task is to understand images and videos based on context analysis and decision-making without the intervention of a human operator.

To solve the problem of understanding images and making decisions when detecting people falling, it is proposed to use mivar expert systems (MES) of logical artificial intelligence. It is substantiated that mivar expert systems in video analytics have great potential for improving the safety and efficiency of the system, since they can be used for automatic detection and classification of objects in video, as well as for making decisions based on data analysis. It is shown that MES are evolutionary systems and there is a practical possibility of expanding an already built system for understanding images and video without a global change in the architecture.

Within the framework of the new scientific direction "smart video cameras", a convolutional neural network is used in the work together with a mivar expert system to detect people falling and the following results are obtained:

- manual image processing is minimized;
- the complex system of understanding images is independent of the characteristics of the environment;
- also the complex system is universal enough to work in different scenarios.

The parameters that can be transferred to the mivar expert system from a module based on a neural network and detecting the fact of a fall in a video sequence are defined. Contextual parameters that can be obtained directly from the user, as well as parameters that are calculated by the MES itself, are obtained. For these parameters, the dependencies and rules on the basis of which they are formed were described in detail. Based on the calculated parameters, the MES makes a decision on further actions.

An image understanding system has been developed as a web application with a comprehensive intelligent video analysis system based on convolutional neural networks and a mivar expert system, which is also used to determine further actions after identifying the threat of a person falling in a video fragment.

## РЕЗЮМЕ

*Е. И. Мащенко, Д. К. Карпов, О. О. Варламов, Л. Е. Адамова, Е. Г. Баленко  
Создание миварной экспертной системы для понимания образов и  
принятия решений при обнаружении падений людей*

Вопросам обработки изображений посвящено много работ, в которых предлагается применять нейронные сети. Вместе с тем известен ряд работ, в которых предлагается решение задачи понимания образов на основе создания комплексных систем искусственного интеллекта на основе сочетания нейронных сетей и миварных экспертных систем. Важной особенностью является необходимость учета контекста событий и автоматическое принятие решений по результатам распознавания образов. Таким образом, актуальной и важной практической задачей является понимание изображения и видео на основе анализа контекста и принятия решений без вмешательства человека-оператора.

Для решения задачи понимания образов и принятия решений при обнаружении падений людей предложено использовать миварные экспертные системы (МЭС) логического искусственного интеллекта. Обосновано, что миварные экспертные системы в видеоаналитике имеют большой потенциал для улучшения безопасности и эффективности системы, т.к. они могут использоваться для автоматического обнаружения и классификации объектов на видео, а также для принятия решений на основе анализа данных. Показано, что МЭС являются эволюционными системами и существует практическая возможность расширения уже построенной системы понимания изображений и видео без глобального изменения архитектуры.

В рамках нового научного направления «умные видеокамеры» в работе для обнаружения падений людей используется сверточная нейронная сеть вместе с миварной экспертной системой и получены следующие результаты:

- сведена к минимуму ручная обработка изображений;
- комплексная система понимания образов независима от особенностей окружающей среды;
- также комплексная система достаточно универсальна, чтобы она работала в разных сценариях.

Определены параметры, которые могут быть переданы миварной экспертной системе от модуля, основанного на нейронной сети и выявляющего факт падения в видеоряде. Получены контекстные параметры, которые можно получить от пользователя напрямую, а также параметры, которые вычисляются самой МЭС. Для данных параметров были подробно описаны зависимости и правила, на основании которых они формируются. На основании вычисленных параметров МЭС принимает решение о дальнейших действиях.

Разработана система понимания изображений в виде веб-приложения с комплексной интеллектуальной системой видеоанализа на основе сверточных нейронных сетей и миварной экспертной системы, которая также используется для определения дальнейших действий после выявления угрозы падения человека в фрагменте видео.

**Мащенко Елена Игоревна**, магистр, ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия, *mashchenko\_01@mail.ru*,

*Область научных интересов:* искусственный интеллект, миварные технологии логического искусственного интеллекта, обработка информации, распознавание образов, кибернетика

**Карпов Даниил Константинович**, магистр, ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия *dkkarov@gmail.com*,

*Область научных интересов:* искусственный интеллект, миварные технологии логического искусственного интеллекта, обработка информации, распознавание образов, кибернетика

**Варламов Олег Олегович**, доктор технических наук, профессор, *ovar@narod.ru*,  
1) главный научный сотрудник АО «НИИ «Вычислительных комплексов»»,  
2) профессор базовой кафедры № 254 Вычислительных комплексов Института искусственного интеллекта РТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

3) профессор кафедры Систем обработки информации и управления МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

*Область научных интересов:* искусственный интеллект, экспертные системы, логика, миварные технологии логического искусственного интеллекта, обработка информации, принятие решений, распознавание образов, кибернетика, автономные робототехнические комплексы

**Адамова Лариса Евгеньевна**, кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры общей психологии и психологии труда, Российский новый университет (РосНОУ), *larisapers@yandex.ru*

*Область научных интересов:* психология, искусственный интеллект, миварные технологии логического искусственного интеллекта

**Баленко Елена Георгиевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой естественнонаучных дисциплин, *balenko2008@mail.ru*  
ФГБОУ ВО "Донской государственной аграрный университет",  
Ростовская область, пос. Персиановский

*Область научных интересов:* физика, искусственный интеллект, миварные технологии логического искусственного интеллекта, обработка информации

Статья поступила в редакцию 14.06.2024.