

*Журнал «Научное обозрение.
Технические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57440
ISSN 2500-0799*

*Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 410056, Саратовская область,
г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History,
Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial address: 410056, Saratov region,
Saratov, V.I. Chapaev Street, 56**

*Подписано в печать 27.02.2020
Дата выхода номера 27.03.2020
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, Саратовская область,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 27.02.2020
Release date 27.03.2020
Format 60×90 8.1**

**Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov region,
Saratov, 5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2020/1
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания
**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)
А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)
Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)
М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)
Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)
Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2020 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

СТАТЬЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКУ ТОКА ДЛЯ ЗАДАЧ
ТРЕХМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Алексамян Г.К., Щербаков И.Д., Кучер А.И., Аль Балуши Имад 5

СТАТЬЯ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ
В ЦЕНТРЕ ПЛАНАРНЫХ СПИРАЛЕЙ

Глуценко А.А., Глуценко А.Г., Глуценко Е.П. 10

СТАТЬЯ

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МИШЕНЕЙ И ИХ РАСПОЗНАВАНИЕ В ФРЕЙМВОРКЕ
ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ VUFORIA

Маслов А.С., Белов Ю.С. 15

СТАТЬЯ

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МЕЛИОРАЦИИ

Сафронова Т.И. 20

СТАТЬЯ

СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРОЛЯ ДЛЯ WEB-САЙТА

Старцева Е.К., Васева Е.С. 26

ОБЗОР

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ И АНАЛИЗ ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Иванько А.Ф., Иванько М.А., Ибрагимов А.А. 32

СТАТЬЯ

РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ОДНОСТРАНИЧНОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ REACT

Потовиченко М.А., Шатилов Ю.Ю. 39

CONTENTS
Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)
ARTICLE
 FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT SOURCE IN THREE-DIMENSIONAL
 ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY TASKS

Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I., Al Balushi Imad 5
ARTICLE
 ANALYTICAL CALCULATION OF THE MAGNETIC INDUCTION
 IN THE CENTER OF PLANAR COILS

Glushchenko A.A., Glushchenko A.G., Glushchenko E.P. 10
ARTICLE
 DIFFERENT TYPES OF TARGETS AND THEIR RECOGNITION
 IN THE AUGMENTED REALITY FRAMEWORK VUFORIA

Maslov A.S., Belov Yu.S. 15
ARTICLE
 A PROBABILISTIC APPROACH TO THE CHOICE OF MANAGEMENT
 DECISIONS IN RECOVERY

Safronova T.I. 20
ARTICLE

PASSWORD RECOVERY SYSTEM FOR WEB SITE

Startseva E.K., Vaseva E.S. 26
REVIEW

INTELLIGENT MOBILE ROBOTS AND ANALYSIS OF THEIR ACTIVITIES

Ivanko A.F., Ivanko M.A., Ibragimov A.A. 32
ARTICLE

DEVELOPMENT OF A CLIENT PART OF SINGLE-PAGE WEB APPLICATION USING REACT

Potovichenko M.A., Shatilov Yu.Yu. 39

СТАТЬЯ

УДК 621.373.7:621.373.52:616-71

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКУ ТОКА ДЛЯ ЗАДАЧ ТРЕХМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Александян Г.К., Щербakov И.Д., Кучер А.И., Аль Балushi Имад

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: graer@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованиям функциональных требований к существующим схемотехническим решениям источников инжектируемого тока при исследованиях распределения поля изменения электрической проводимости внутренних структур биологического объекта, в том числе и человека, методом трехмерной электроимпедансной томографии. К параметрам рассматриваемых источников тока, которые применяются в устройствах традиционной двухмерной электроимпедансной томографии, предъявляются весьма строгие требования в части обеспечения необходимой стабильности выходных характеристик в заданном диапазоне нагрузок и частот инжектирующего тока, электрической безопасности объектов исследования и обслуживающего персонала при проведении таких исследований. Указанные требования к источникам тока, влияющие на итоговые метрологические и эксплуатационные характеристики всей информационно-измерительной системы, при переходе к трехмерной схеме измерения сохраняются, кроме того, в дополнение к ним формируются новые условия функционирования в таких системах. В представленной работе подробно описаны данные условия, указана их важность, оценена принципиальная возможность соответствия им существующих схемотехнических решений. Кроме того, даны рекомендации по ряду существенных изменений, которые должны быть внесены в структурные, функциональные и электрические принципиальные схемы источников инжектируемого тока.

Ключевые слова: трехмерная электроимпедансная томография, ЭИТ, источник тока

FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT SOURCE IN THREE-DIMENSIONAL ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY TASKS

Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I., Al Balushi Imad

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: graer@yandex.ru

The article is devoted to the study of functional requirements for existing circuitry solutions of current sources in the study of the biological object internal structures electrical conductivity distribution field changes using three-dimensional electrical impedance tomography. The parameters of the current sources used in the traditional two-dimensional electrical impedance tomography devices are subject to very strict requirements in terms of ensuring the necessary stability of the output characteristics in a given range of loads and frequencies of the injection current, electrical safety of the objects of study and maintenance personnel during such studies. The specified requirements for current sources, affecting the final metrological and operational characteristics of the entire information-measuring system, are preserved during the transition to a three-dimensional measurement scheme, in addition, new operating conditions in such systems are formed in addition to them. In the present work, these conditions are described in detail, the fundamental possibility of matching existing circuitry solutions with them is estimated, and recommendations are made on a number of significant changes that should be made to the structural, functional and electrical circuit diagrams of current sources.

Keywords: three-dimensional electrical impedance tomography, EIT, current source

Как было показано в работах 1–3, источник тока (ИТ) является центральным компонентом аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии (ЭИТ) [4, 5], от его выходных параметров зависят метрологические характеристики.

В общем случае ИТ в составе информационно-измерительной системы традиционной двумерной электроимпедансной томографии (ИИС ЭИТ) состоит из генератора управляющего напряжения (ГУН) и преобразователя «напряжение – ток» или источника тока, управляемого напряжением (ИТУН) [5].

Для обеспечения точности задания и стабильности параметров инжектируе-

мого тока, а также автоматизации процесса управления ИТ предлагается использование микроконтроллера (МК) в качестве управляющей схемы для ИТ. К исследуемому объекту в виде нагрузки Z_n источник тока подключается с помощью электродного поля пациента (ЭПП) и коммутаторов – аналоговых мультиплексоров, которые также управляются МК [4]. Структурная схема такого ИТ в составе блока инжектирования, используемого в задачах ЭИТ, показана на рис. 1.

Общая блок-схема алгоритма работы такого блока инжектирования представлена на рис. 2.

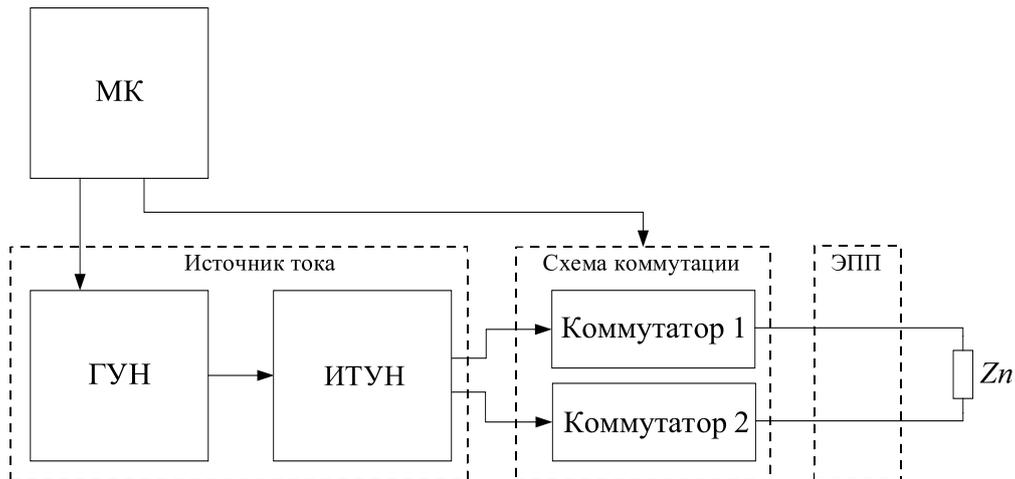


Рис. 1. Структурная схема блока инжектирования



Рис. 2. Блок-схема работы блока инжектирования

Как видно из приведенной на рис. 2 блок-схемы, базовый алгоритм работы блока инжектирования предполагает запуск ГУН с помощью МК по сигналу разрешения работы, задание параметров инжектируемого тока и выбор каналов инжектирования также с помощью МК. После завершения процедуры исследования ГУН выключается путем инвертирования сигнала разрешения работы.

Как было указано выше, точность задания параметров инжектируемого тока обеспечивается за счет управления ИТ с помощью цифровых кодов, источником которых выступает МК. При этом стабильность выходных характеристик ИТ определяется стабильностью амплитуды в заданном диапазоне частот и нагрузок Z_n и обеспечивается величиной выходного сопротивления [1, 2].

Рассмотрим работу блока инжектирования в составе устройства трехмерной ЭИТ. Отличие ИИС трехмерной ЭИТ от традиционной двумерной заключается в большем количестве ЭПП. Структурная схема такого блока инжектирования в составе устройства трехмерной ЭИТ показана на рис. 3.

Увеличение числа i ЭПП, применяемых в трехмерной ЭИТ, используется для формирования новых томографических срезов, лежащих в плоскостях расположения электродов. Несмотря на то что величины Z_n в рассматриваемых ЭПП будут отличаться, данные нагрузки в составе одного объекта исследования связаны между собой. В данном случае пропорциональное увеличение числа подключенных через ЭПП i к объекту исследования ИТ приведет к влиянию данных ИТ на результаты измерений при попытке одновременного исследования методом ЭИТ в нескольких ЭПП. В данном случае применимо временное (*time division multiplexing, TDM*), частотное (*frequency division multiplexing, FDM*), фазовое (*phase division multiplexing, PDM*) или кодовое (*code division multiplexing, CDM*) разделение работы данных ИТ [6]. Соответственно, параллельная работа нескольких ИТ возможна только в случае применения *FDM, PDM* и *CDM* разделений, однако данные случаи применения требуют дополнительных каналов синхронизации и управления частотой (*FDM*), фазового смещения (*PDM*) или применения специальных алгоритмов формирования кодовых сигналов (*CDM*). В любом из перечисленных случаев необходимы также специальные алгоритмы выявления и устранения коллизий при одновременном использовании ИТ в нескольких ЭПП.

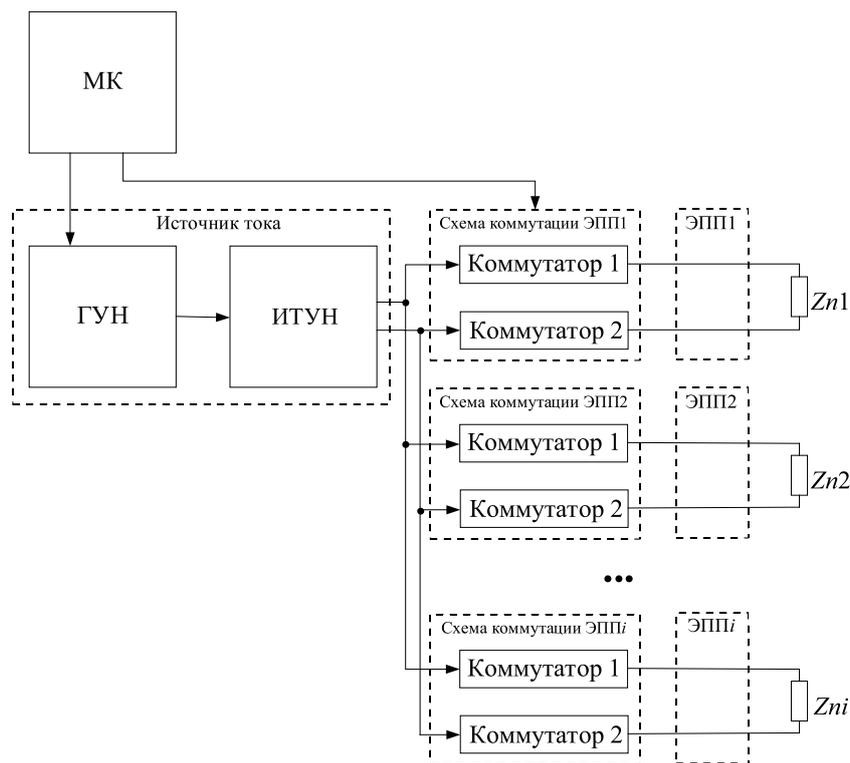


Рис. 3. Структурная схема блока инжектирования для трехмерной ЭИТ

Таким образом, только *TDM* гарантирует отсутствие взаимного влияния ИТ на результаты измерений в нескольких ЭП. Кроме того, временное разделение предполагает использование только одного ИТ, последовательно подключаемого к электродам ЭПП во время исследования методом трехмерной ЭИТ. Данное преимущество сопровождается очевидным недостатком в виде возникновения временных задержек между измерениями в разных ЭПП.

Кроме того, следует рассмотреть и такое явление, как возникновение нештатного режима работы ИТУН во время переключения каналов коммутаторов 1 и 2 различных ЭПП. В данном случае ИТУН оказывается не подключенным к Z_n , что приводит к резкому росту напряжения на его выходе до максимальных значений, что сказывается на стабильности работы ИТУН [7, 8]. Для предотвращения возникновения такого режима работы ИТУН возможна следующая реализация ИТ, при которой необходимо предусмотреть отключение ГУН от ИТУН и подключение входа ИТУН к общей точке во время переключения каналов коммутаторов ЭПП, как это показано на рис. 4. Таким образом, отсутствие управляющего напряжения на входе ИТУН предотвра-

тит возникновение выходного сигнала на его выходе.

Как видно из представленной на рис. 4 схемы, описанная реализация отключения ИТУН во время переключения каналов инжектирования требует ввода дополнительных каналов управления МК процессом исследования и, соответственно, внесения изменений в общий алгоритм функционирования ИТ.

Разработанная с учетом сформированных требований блок-схема алгоритма работы блока инжектирования представлена на рис. 5.

Таким образом, принятые меры позволят избежать возникновения нештатных режимов работы ИТУН и, как следствие, повысить стабильность работы всего ИТ.

В части обеспечения электрической безопасности персонала, обслуживающего ИИС ЭИТ, и в особенности исследуемых объектов, в том числе пациентов, следует отметить, что рядом государственных и международных стандартов [9], основанных на исследованиях Международной электрической комиссии (МЭК), налагаются самые строгие требования в отношении мер обеспечения безопасности при использовании медицинских аппаратов, к коим относится и рассматриваемая информационно-измерительная система.

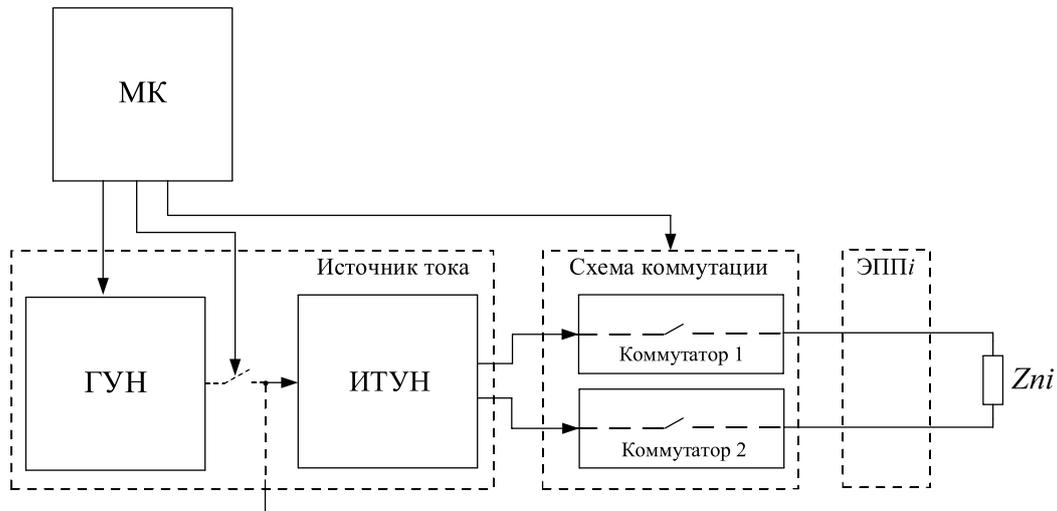


Рис. 4. Схема отключения ИТУН во время переключения каналов инъектирования

Так, согласно стандарту [9] гальваническая развязка цепи пациента, соединенного с медицинским изделием кабелем, не требуется. В то же время обязательно должна быть обеспечена изоляция цепи пациента от напряжения питающей сети. Таким образом, на основании данных указанного стандарта можно сформировать требования к обеспечению гальванической развязки всех линий питания, управления, передачи данных, которыми ИТ подключен к остальным компонентам ИИС ЭИТ.

Также амплитуда инъектируемого тока не должна превышать пределов, установленных вышеуказанным стандартом. При соблюдении соответствия конструкции ИТ указанным в стандарте требованиям гарантируется безопасность эксплуатации разрабатываемых устройств трехмерной ЭИТ как для исследуемых объектов, так и для обслуживающего персонала.

Вышеуказанным стандартом также регулируется электромагнитная совместимость медицинских изделий. Согласно требованиям, указанным в данном стандарте, испытания на электромагнитную эмиссию должны проводиться как для самого устройства, так и всех его соединительных кабелей. Таким образом, для обеспечения электромагнитной совместимости экранирование и другие средства уменьшения электромагнитных помех, возникающих при работе медицинского изделия, должны быть применены не только к самому ИТ, но и всему блоку инъектирования, включая ЭПП. С учетом использования высокочастотных цифровых линий управления ИТ фильтрации паразитной высокочастотной составляющей выходного сигнала ИТ должно быть уделено особое внимание.

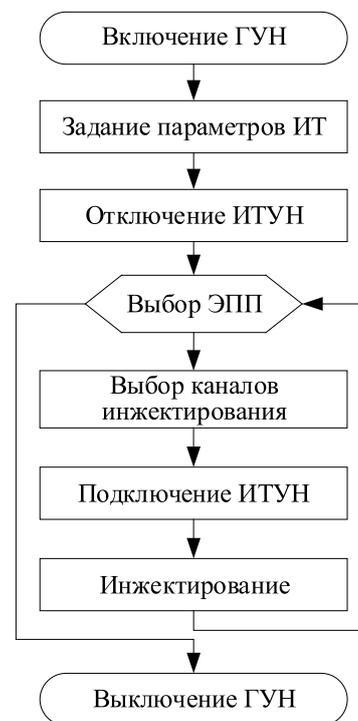


Рис. 5. Блок-схема работы блока инъектирования в составе ИИС трехмерной ЭИТ

Рассмотрим возможность соответствия разрабатываемых ИТ в составе ИИС трехмерной ЭИТ требованиям совместимости с иными приборами, например измеряющими электрофизиологические сигналы живого организма (электрокардиографами, электроэнцефалографами, реографами, электромиографами и др.). С учетом того, что применение ИТ на внутренних структурах исследуемого объекта создает падение

напряжения, амплитуда которого гораздо больше любого из регистрируемых электрофизиологических сигналов, обеспечить в полной мере помехозащищенность данных видов измерений во время проведения исследования методом ЭИТ невозможно. Одним из вариантов решения данной проблемы является введение дополнительного канала связи между ИИС ЭИТ и данными типами приборов для исключения возможности параллельной работы и взаимного влияния на результаты измерений.

Аналогично не допускается совместная работа ИТ и медицинских изделий, использующих в качестве воздействия на биологический объект высокие уровни электрической энергии: дефибрилляторов, аппаратов высокочастотной электрохирургии, коагуляторов и др. С учетом специфики работы ИТ, предполагающей только прямое подключение ИТ к поверхности объекта исследования с наименьшим возможным контактным сопротивлением, гальваническая развязка ИТ и цепи пациента в данном случае невозможна. Таким образом, совместное использование устройства ЭИТ и указанных ранее медицинских изделий может привести к выходу устройства из строя. Соответственно, во время использования данных изделий должно быть обеспечено отключение ИТ в составе устройства ЭИТ от цепи пациента.

Заключение

В работе рассмотрены функциональные требования к источникам инжектируемого тока при исследованиях внутренних структур биологических объектов методом трехмерной электроимпедансной томографии. Определен ряд требований, которые сформированы также для традиционного метода двухмерной электроимпедансной томографии. Указаны требования для выходных характеристик источников тока, влияющих на итоговые метрологические и эксплуатационные параметры всей информационно-измерительной системы. В работе также даны рекомендации по ряду существенных изменений, которые должны быть внесены в схемы источников инжектируемого тока и алгоритмы их работы для соответствия разработанным требованиям. Кроме того, рассмотрены

вопросы электробезопасности объекта исследования и обслуживающего персонала при использовании источника тока в составе устройства трехмерной электроимпедансной томографии. Также даны рекомендации по совместному применению рассматриваемых устройств и других видов электрических медицинских изделий, соединенных с пациентом кабелем.

Работы выполняются в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-196.2017.8 «Разработка теоретических основ и алгоритмов многоакурсной электроимпедансной томографии для систем неинвазивной трехмерной медицинской визуализации».

Список литературы

1. Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I. Feature Research of Using Current Source in 2-Dimensional and 3-Dimensional Multifrequency Electrical Impedance Tomography Devices. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. № 3. P. 587–592.
2. Алексанян Г.К., Щербаков И.Д., Кучер А.И. Компьютерное моделирование источников тока для исследования их применимости в устройствах многочастотной электроимпедансной томографии // Моделирование. Теория, методы и средства: материалы 16-ой Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: ООО «Лик», 2016. С. 383–385.
3. Фокин А.В., Бразовский К.С. Источник тока для электроимпедансной томографии // Известия ТПУ. 2008. № 4. 5 закон Ома. С. 99–101.
4. Aleksanyan G.K., Kucher A.I., Shcherbakov I.D. Research of the multi-frequency electrical impedance tomography using possibility for specific physiological processes monitoring tasks. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. T. 12. P. 4251.
5. Коломиец В.Я. Электроимпедансная томография – новый метод респираторного мониторинга // Поликлиника. 2013. № 1–3. С. 34–35.
6. Mohohlo Samuel Tsoeu, Michael Inggs. Fully parallel electrical impedance tomography using code division multiplexing. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*. 2015. № 10. P. 556–566.
7. Current Sources. Electronics Tutorials [Электронный ресурс]. URL: <https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/current-source.html> (дата обращения: 04.11.2019).
8. Rao B., Rajeswari K., Pantulu P. *Electronic Circuit Analysis*. India: Pearson Education India. 2012. P. 8.2–8.6, 8.11.
9. ГОСТ Р МЭК 60601-1-2-2014 Изделия медицинские электрические. Часть 1–2. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Параллельный стандарт. Электромагнитная совместимость. Требования и испытания. М.: Стандартинформ, 2014. 110 с.

СТАТЬЯ

УДК 621.372.8

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ
В ЦЕНТРЕ ПЛАНАРНЫХ СПИРАЛЕЙ****Глущенко А.А., Глущенко А.Г., Глущенко Е.П.***Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Самара, e-mail: gag646@yandex.ru*

Развитие технологии производства устройств телекоммуникации определило необходимость создания новой элементной базы микрочипов и устройств нанoeлектроники, позволяющих реализовать преимущества интегральной технологии. Тенденция к уменьшению геометрических размеров элементов интегральных микросхем породила задачу создания электронных элементов планарной конфигурации. В частности, уменьшению габаритов индуктивностей и емкостей, которые бы при малых размерах имели приемлемые значения электромагнитных параметров. Оценки параметров планарных элементов из-за сингулярностей в расчетных формулах широко известных моделей иногда приводят к ошибочным результатам. Это потребовало создания физико-математических моделей расчёта индукции магнитного поля в центре планарных конструкций, которые были бы ориентированы на планарную технологию. В работе на основе уравнений закона Био-Савара-Лапласа получены аналитические соотношения для расчета магнитной индукции в центре наиболее известных и применяемых на практике планарных спиралей различной конфигурации (архимедова, гиперболическая, Ферма, Галилея, логарифмическая, квадратичная, системы концентрических окружностей, многоугольников и др.). Установлено, что использование плоских спиралей позволяет получить высокие значения индукции магнитного поля, что позволяет использовать их, в частности, в качестве высокотехнологичных элементов индуктивностей в различных частотных диапазонах микро- и нанoeлектроники.

Ключевые слова: интегральные схемы, планарные спирали, индукция, магнитное поле

**ANALYTICAL CALCULATION OF THE MAGNETIC INDUCTION
IN THE CENTER OF PLANAR COILS****Glushchenko A.A., Glushchenko A.G., Glushchenko E.P.***Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: gag646@yandex.ru*

The development of the technology for the production of telecommunication devices has determined the need to create a new elemental base of microdevices and nanoelectronics devices, allowing to realize the advantages of integrated technology. The tendency to reduce the geometric dimensions of the elements of integrated circuits gave rise to the task of creating electronic elements of a planar configuration. In particular, reducing the dimensions of inductances and capacitors, which would have acceptable values of electromagnetic parameters at small sizes. Estimates of the parameters of planar elements due to singularities in the calculation formulas of widely known models sometimes lead to erroneous results. This required the creation of physical and mathematical models for calculating the magnetic field induction in the center of planar structures that would be oriented to planar technology. Based on the equations of the Bio-Savard-Laplace law, analytical relations are obtained for calculating magnetic induction at the center of the most famous and applied planar spirals of various configurations (Archimedean, hyperbolic, Fermat, Galileo, logarithmic, quadratic, systems of concentric circles, polygons, etc.). It has been established that the use of plane spirals makes it possible to obtain high values of magnetic field induction, which makes it possible to use them, in particular, as high-tech inductance elements in various frequency ranges of micro and nanoelectronics.

Keywords: integrated circuits, planar spiral, magnetic induction

Уменьшение геометрических размеров элементов интегральных микросхем породило фундаментальную проблему создания планарных элементов, которые бы в малых размерах имели приемлемые значения электромагнитных параметров для построения сложных функциональных блоков, работающих в микро- и наночипах различных частотных диапазонов [1; 2].

Расчет элементов на базе уравнений электро- и магнитостатики часто приводит к неустраняемым особенностям [3]. Этот недостаток теории потребовал создания новых физико-математических моделей [3; 4], которые были бы ориентированы на потребности планарной технологии.

Цель исследования: вывод аналитических соотношений для расчета магнитной индукции в центре наиболее распространенных планарных спиралей различной конфигурации используемых в микро- и нанoeлектронике (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Точный аналитический расчет магнитной индукции в планарных спиральных структурах высокой симметрии. Значение индукции магнитного поля B , которое создается ограниченными планарными спиралями в центре кольца, рассчитывается на основе закона Био-Савара-Лапласа [5] (рис. 2), где $d\mathbf{B}$ – элементарная магнитная

индукция поля, создаваемая элементом тока Idl , $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; dl – элементарный вектор длины, совпадающий по направлению с током (элемент проводника); I – сила тока; r – радиус-вектор, проведенный от элемента проводника к точке наблюдения, в которой определяется магнитная индукция (рис. 2).

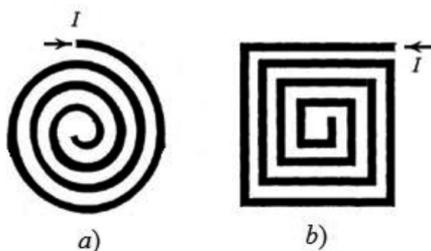


Рис. 1. Спиральные планарные структуры с плавным изменением радиуса витков

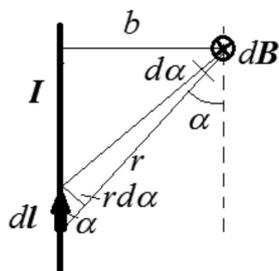


Рис. 2. Индукция магнитного поля dB , создаваемого элементом тока Idl

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим структуры двух типов.

1. Спирали из концентрических окружностей и многоугольников (рис. 3). Многие используемые на практике (рис. 1) конфигурации могут быть представлены как совокупность N кольцевых витков с током (рис. 4). Для расчета магнитной индукции в центре многоугольной структуры для

одного витка с током, представленной на рис. 3, закон Био-Савара-Лапласа можно записать в скалярном виде [4; 5]:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi R} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \cdot N. \quad (2)$$

Здесь R – радиус вписанной в многоугольник окружности, N – число сторон многоугольника, углы

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \beta = \pi \frac{N-2}{2N}, \quad \alpha_2 = \pi \frac{N+2}{2N}.$$

Подстановка в (2) дает аналитическое соотношение:

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 \mu I \cdot N}{4\pi R} \left(\cos \pi \frac{N-2}{2N} - \cos \pi \frac{N+2}{2N} \right) = \\ &= \frac{\mu_0 \mu I \cdot N}{2\pi R} \sin \frac{\pi}{N}, \end{aligned}$$

которое удобно представить в виде:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R} \frac{\sin \frac{\pi}{N}}{\frac{\pi}{N}}. \quad (3)$$

Здесь первый множитель – это поле, создаваемое в центре кругового тока, а второй показывает разницу полей, создаваемых круговым током и многоугольником с числом сторон N . В случае прямоугольника со сторонами b, d ($b \neq d$) магнитная индукция в центре определяется соотношением:

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 \mu I}{\pi} \left(\frac{1}{d} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{b}\right)^2}} + \frac{1}{b} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{b}{d}\right)^2}} \right) = \\ &= \frac{\mu_0 \mu I}{\pi b d} \sqrt{b^2 + d^2}. \end{aligned}$$

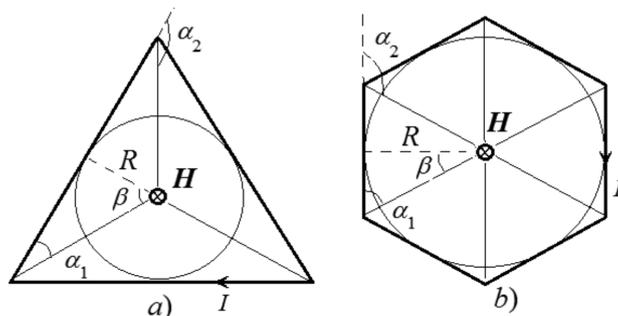


Рис. 3. Структура многоугольника с током (a – треугольник, b – шестиугольник)

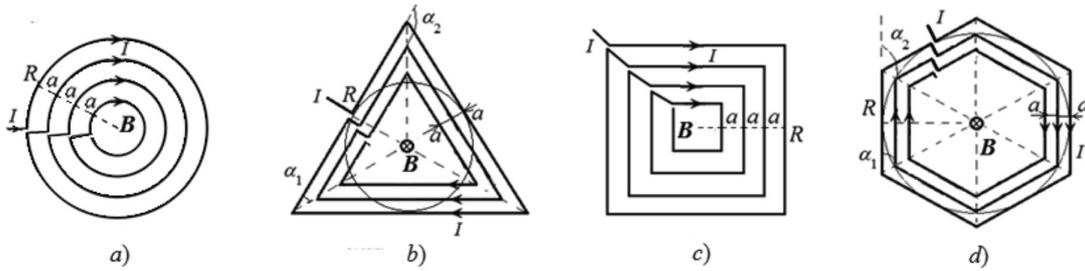


Рис. 4. Планарные спирали, сформированные круговыми витками (а) и многоугольниками (b, c, d)

На рис. 4 (b, c, d) показаны планарные многовитковые структуры (с $N = 3, 4, 6$), сформированные подобными многоугольниками с меняющимися размерами сторон. В этом случае магнитная индукция для частного случая трехвитковой структуры (рис. 4, b) с числом витков $k = 3$ определяется соотношением:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R} \frac{\sin \frac{\pi}{N}}{\frac{\pi}{N}} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R-a} + \frac{1}{R-2a} \right).$$

Для структуры из K – виткового многоугольника с числом сторон N (рис. 4, b, c, d)

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2} \frac{\sin \frac{\pi}{N}}{\frac{\pi}{N}} \sum_{k=0}^{K-1} \frac{1}{R-ka},$$

где a – расстояние между витками, причем ($Ka < R$).

Для K – виткового прямоугольника с внешними сторонами b, d и расстоянием между витками a

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{\pi} \sum_{k=0}^{K-1} \frac{\sqrt{(b-ka)^2 + (d-ka)^2}}{(b-ka)(d-ka)},$$

$$(Ka < b, d).$$

Для системы K – колец (рис. 4, a) магнитная индукция может быть рассчитана по формуле:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2} \sum_{k=0}^{K-1} \frac{1}{R-ka}.$$

2. Расчёт магнитного поля в центре спирали с плавно меняющимся радиусом (рис. 1) будем проводить, используя закон Био-Савара-Лапласа в полярной системе координат:

$$dB = \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)}.$$

Общая формула для расчёта индукции в начале координат для любых спиралей [6; 7], описываемых функцией $r(\varphi)$, представленной в полярных координатах, имеет вид:

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)}.$$

Для обобщённых спиралей вида [6; 7], описываемых функцией $r(\varphi) = b + a\varphi^{1/n}$

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi (b + a\varphi^{1/n})}.$$

В частности, для одной из наиболее часто встречающихся спиралей – спирали Архимеда ($n = 1$, $r(\varphi) = a\varphi$) имеем:

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi a\varphi} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \ln \frac{\varphi_2}{\varphi_1}.$$

Предположим, что начальное положение спирали Архимеда находится в точке $r = r_1$ и имеет угол $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$, $a \neq 0$. Это позволяет устранить особенность, возникающую в начале координат. Для гиперболической спирали ($r(\varphi) = a\varphi$) имеем:

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I \varphi d\varphi}{4\pi a} = \frac{\mu_0 \mu I}{8\pi a} (\varphi_2^2 - \varphi_1^2).$$

Для логарифмической спирали, описываемой функцией $r = a^\varphi$, $a > 0$.

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi a^\varphi} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} a^{-\varphi} d\varphi = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \frac{1}{a^\varphi \ln a} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2}.$$

Для спирали Ферма, $r(\varphi) = a\sqrt{\varphi}$

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi a \sqrt{\varphi}} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\sqrt{\varphi}} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} 2\sqrt{\varphi} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2}.$$

Спираль Литуус описывается функцией $r(\varphi) = a / \sqrt{\varphi}$, тогда

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I \sqrt{\varphi} d\varphi}{4\pi a} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sqrt{\varphi} d\varphi = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \frac{2}{3} \varphi^{3/2} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2}.$$

Спираль Галилея описывается функцией $r = a\varphi^2 - l, l > 0$, тогда

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi (a\varphi^2 - l)} = \frac{\mu_0 \mu I}{8\pi a} \frac{1}{\sqrt{l}} \ln \left| \frac{\varphi_2 - \sqrt{\frac{l}{a}}}{\varphi_2 + \sqrt{\frac{l}{a}}} \cdot \frac{\varphi_1 - \sqrt{\frac{l}{a}}}{\varphi_1 + \sqrt{\frac{l}{a}}} \right|.$$

Если в спирали Галилея параметр $l = 0$, то мы имеем квадратичную спираль. Магнитная индукция в центре такой спирали описывается функцией:

$$B = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi r(\varphi)} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi a\varphi^2} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\varphi^2} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \frac{1}{\varphi} \Big|_{\varphi_2}^{\varphi_1} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \left(\frac{1}{\varphi_1} - \frac{1}{\varphi_2} \right).$$

В таблице сведены формулы для расчета магнитной индукции в центре наиболее распространенных типов спиралей.

Магнитная индукция в центре различных спиралей

| Вид спирали | Уравнение спирали $r(\varphi)$ | Магнитная индукция B в центре спирали |
|--|---------------------------------------|--|
| Система К – концентрических колец, радиусами $R, R-a, \dots, R-ka$ | $r(\varphi) = \text{const}$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{2} \sum_{k=0}^K \frac{1}{R - ka}$ |
| Система К – концентрических правильных многоугольников | $r(\varphi) = \frac{R}{\cos \varphi}$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{2} \frac{\sin \frac{\pi}{N}}{\frac{\pi}{N}} \sum_{k=0}^K \frac{1}{R - ka}$ |
| Обобщённая спираль | $b + a\varphi^{1/n}$ | $\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0 \mu I d\varphi}{4\pi (b + a\varphi^{1/n})}$ |
| Спираль Архимеда | $a\varphi$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \ln \frac{\varphi_2}{\varphi_1}$ |
| Гиперболическая спираль | a/φ | $\frac{\mu_0 \mu I}{8\pi a} (\varphi_2^2 - \varphi_1^2)$ |
| Квадратичная спираль | a/φ^2 | $\frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} \left(\frac{1}{\varphi_1} - \frac{1}{\varphi_2} \right)$ |

| Окончание таблицы | | |
|-------------------------|--------------------------------|--|
| Вид спирали | Уравнение спирали $r(\varphi)$ | Магнитная индукция B в центре спирали |
| Спирали Галилея | $a\varphi^2 - l, l > 0$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{8\pi a} \frac{1}{\sqrt{\frac{l}{a}}} \ln \left \frac{\Phi_2 - \sqrt{\frac{l}{a}} \Phi_1 - \sqrt{\frac{l}{a}}}{\Phi_2 + \sqrt{\frac{l}{a}} \Phi_1 + \sqrt{\frac{l}{a}}} \right $ |
| Логарифмическая спираль | $a^\varphi, a > 0$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a \ln a} (a^{-\varphi_1} - a^{-\varphi_2})$ |
| Спирали Ферма | $a\sqrt{\varphi}$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{2\pi a} (\sqrt{\varphi_2} - \sqrt{\varphi_1})$ |
| Спирали Литууса | $a/\sqrt{\varphi}$ | $\frac{\mu_0 \mu I}{6\pi a} (\varphi_2^{3/2} - \varphi_1^{3/2})$ |

Отметим, что используемым методом аналогичные соотношения могут быть получены для других типов плоских и объемных многовитковых спиралей на поверхности магнитодиэлектриков, в том числе с ферромагнитными или ферритовыми пленками с высокой магнитной проницаемостью $\mu \gg 1$ [8; 9].

Заключение

Получены аналитические решения задачи расчета индукции магнитного поля в центре спиралей наиболее распространенных конфигураций, на основе которых возможно создание планарных элементов микро- и наноустройств. Увеличение числа витков в спирали по сравнению с одиночным витком тока позволяет увеличить индукцию магнитного поля в центре спиралей, что позволяет создать на их основе индуктивности микро- и нанотехники. Дополнительное нанесение токопроводящих спиралей на поверхности магнитодиэлектриков с ферромагнитными или ферритовыми пленками с высокой магнитной проницаемостью позволяет существенно увеличить магнитную индукцию в центре спиралей и создавать на их основе плоские элементы с высокой индуктивностью.

Список литературы

1. Shatz L.F., Christensen C.W. Numerical Inductance Calculations Based on First Principles. PLoS ONE. 2014. V. 9 (11). P. e111643. DOI: 10.1371/journal.pone.0111643.
2. Гормаков А.Н., Ульянов И.А. Расчет и моделирование магнитных полей, создаваемых системой «кольца Гельмгольца – соленоид» // Фундаментальные исследования. 2015. № 3. С. 40–45.
3. Сапогин В.Г., Прокопенко Н.Н., Манжула В.Г. О расчёте коэффициента увеличения планарной индуктивности спирального типа // Фундаментальные исследования. 2013. № 11–6. С. 1150–1153.
4. Glushchenko A.A., Glushchenko A.G., Glushchenko E.P. Analytical solution of the problem of calculating a magnetic field in the center of a correct polygon // Актуальные научные исследования в современном мире. IScience. 2019. В. 12(56). ч. 1. С. 6–12.
5. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Оникс 21 век, 2005. 463 с.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.И. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. СПб.: Лань, 2010. 608 с.
7. Блинова И.В., Попов И.Ю. Кривые, заданные параметрически и в полярных координатах. СПб.: Университет ИТМО, 2017. 56 с.
8. Носов А.П., Грибов И.В., Данилов С.Е., Дубинин С.С., Марченкова Е.Б., Немытова О.В., Обухов С.И., Логинов Б.А., Беспалов В.А. Магнитные и транспортные свойства тонких пленок Ni-Mn-Ga полученных магнетронным распылением // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 2–2. С. 175–178.
9. Ranzieri P., Fabbri S., Nasi L. Epitaxial Ni–Mn–Ga/MgO(100) thin films ranging in thickness from 10 to 100 nm. Acta Materialia. 2013. V. 61. P. 263–227.

СТАТЬЯ

УДК 004.93

**РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МИШЕНЕЙ И ИХ РАСПОЗНАВАНИЕ
В ФРЕЙМВОРКЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ VUFORIA**

Маслов А.С., Белов Ю.С.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, филиал, Калуга,
e-mail: maslow.tema@yandex.ru, fn1-kf@mail.ru*

Информационные технологии уже прочно вошли в жизнь современного человека. Появляются различные инновации, несущие в себе все новые и новые перспективы. Одна из них – это технология дополненной реальности. Дополненная реальность (AR) – это общий термин для интерактивной 3D-среды, которая смешивается с нашей физической реальностью, обычно через веб-камеру. AR по определению – это живое, прямое или косвенное представление физической, реальной среды, элементы которой дополняются компьютерным сенсорным вводом, таким как звук, видеографика или данные GPS. Существует множество платформ создания приложений дополненной реальности для разработчиков, предлагающих различный функционал. В данной статье рассматривается Vuforia – набор для разработки программного обеспечения. Изучаются общие возможности, которые предоставляет данный пакет. Приводится высокоуровневая структура рассматриваемого набора инструментов, а также определяются его ключевые компоненты. Дается демонстрация определения ключевых объектов на изображениях различного вида, чтобы показать, какие изображения (объекты) лучше всего использовать в качестве мишеней. Рассматривается процесс распознавания объектов на различных видах мишеней, таких как изображения, объекты реального мира и текст, для реализации приложений на основе маркеров.

Ключевые слова: vuforia, дополненная реальность, маркеры дополненной реальности, мишени дополненной реальности, отслеживание маркеров, отслеживание мишеней

**DIFFERENT TYPES OF TARGETS AND THEIR RECOGNITION
IN THE AUGMENTED REALITY FRAMEWORK VUFORIA**

Maslov A.S., Belov Yu.S.

*Bauman Moscow State Technical University, branch, Kaluga,
e-mail: maslow.tema@yandex.ru, iu4-kf@mail.ru*

Information technologies have already firmly entered the life of modern man. There are various innovations, which bears in itself all new and new perspectives. One of them is augmented reality technology. Augmented reality (AR) is a generic term for an interactive 3D environment that mixes with our physical reality, usually through a webcam. AR by definition is a live, direct or indirect representation of a physical, real-world environment, elements of which are augmented by computer touch input such as sound, video graphics, or GPS data. There are many platforms for creating augmented reality applications for developers, offering different functionality. This article discusses Vuforia, a software development kit. The General features that this package provides are discussed. The high-level structure of the considered set of tools, as well as its key components, is given. A demonstration of the definition of key objects in images of different types is given to show which images (objects) are best used as targets. The process of recognition of objects on different types of targets, such as images, real-world objects and text for the implementation of marker-based applications, is considered.

Keywords: vuforia, augmented reality, augmented reality markers, augmented reality targets, tracking markers, tracking targets

В современном мире набирают популярность приложения, использующие дополненную реальность. Они применяются почти во всех сферах жизни. Существует несколько готовых решений для разработчиков программного обеспечения, которые помогают достаточно просто реализовать приложения с подобным функционалом.

В данной статье будут рассмотрены Vuforia SDK и его возможности, которые предлагает данный пакет разработчикам для работы с маркерами отслеживания. Также рассмотрен процесс отслеживания различных видов мишеней, таких как мишень-изображение, мишень-объект и мишень-текст.

Цель исследования: рассмотреть Vuforia SDK и его возможности, которые предлага-

ет данный пакет разработчикам для работы с маркерами отслеживания, а также рассмотреть процесс отслеживания различных видов мишеней, таких как мишень-изображение, мишень-объект и мишень-текст.

Объект исследования

Платформа Vuforia является продуктом компании Qualcomm Technologies, Inc. Это одна из лучших и наиболее креативных фирменных программных платформ AR, которая использует технически эффективные и высококачественные технологии распознавания изображений на основе компьютерного зрения в устройствах для соединения физического мира с цифровой средой. Это в основном набор для разработки программного обеспечения (SDK), который

предоставляет инструменты для разработки приложений дополненной реальности.

Vuforia SDK предоставляет следующие возможности:

- 1) обратные вызовы для событий (пример: доступно новое изображение с камеры);
- 2) высокоуровневый доступ к аппаратным блокам (пример: запуск/остановка камеры);
- 3) несколько отслеживаемых объектов (типы отслеживания):
 - изображения [1];
 - множественные мишени [2];
 - цилиндрические мишени [3];
 - маркеры кадра;
 - объектная мишень [4];
- 4) взаимодействие с реальным миром: виртуальные кнопки.

Ключевые компоненты AR:

- 1) данные камеры;
- 2) данные о местоположении;
- 3) сенсорные данные;
- 4) наложения компьютерной графики.

Данные камеры – это данные отображения в реальном времени с камеры android.

Для некоторых приложений android требуются текущие данные о местоположении мобильного устройства, на основе которых будет отображаться соответствующая информация.

Данные датчиков являются одним из основных ключевых компонентов приложений AR. При использовании камеры устройства android для получения фокуса конкретного изображения или объекта важным фактором, который следует учитывать, будет ориентация устройства android.

Таким образом, объединение всех данных образует графическое наложение над каналом камеры [5].

Особенности отслеживания мишеней

Vuforia использует некоторые вариации отслеживания природных особенностей. Естественными чертами на изображениях обычно являются резкие детали, такие как высококонтрастные углы или кончики треугольника (рис. 1) [6, 7].

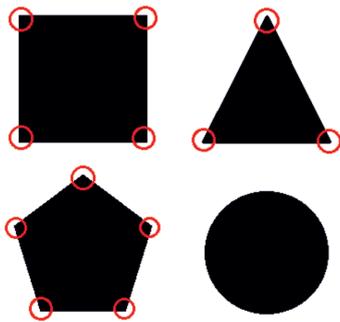


Рис. 1. Демонстрация определения объектов

Четыре фигуры демонстрируют то, что зарегистрировано как объект Vuforia. Объекты отмечены красными кругами. Обратите внимание на круг, не содержащий никаких элементов, так как нет углов, острых или заостренных деталей.

Данный метод был введен в начале 1980-х годов и основывается на разделении изображения на несколько разделов. Каждый участок смещается в нескольких направлениях, и измеряется изменение интенсивности изображения (значение RGB). Например, если участок изображения содержит прямую линию (или ребро, как его чаще называют), то сдвиг вдоль ребра приведет к небольшим общим изменениям интенсивности изображения. Однако сдвиг перпендикулярно краю вызовет большие изменения. Угол или пятно вызовут большие изменения при смещении в любом направлении. Рассматривая эти изменения интенсивности изображения, алгоритм отслеживания объектов может определить, что является объектом, и сопоставить положения этих объектов на изображении.

В результате алгоритм создает шаблон объектов. В базе платформы Vuforia эта модель особенностей – это то, что определяет цель. Когда цель обнаруживается приложением, объекты сопоставляются с предопределенными шаблонами объектов и оценивается положение этой цели. Поза – это общий термин, используемый в области компьютерного зрения. Это комбинация положения и ориентации, часто по отношению к 2D системе координат. В случае Vuforia система координат состоит из шаблона, созданного отслеживанием природных объектов.

Расширенное отслеживание

Расширенное отслеживание – это функция, которая позволяет Vuforia отслеживать цели, используя природные объекты, окружающие ее. С этими природными объектами Vuforia может построить карту объектов, окружающих цель и поддерживающих обнаружение, даже если маркер не находится в поле зрения камеры (рис. 2).

При включенном расширенном отслеживании Vuforia может отслеживать цели даже тогда, когда соответствующая цель находится вне поля зрения. На этом изображении назначенной целью является печатное изображение, прикрепленное к доске.

Создание и обновление карты могут потребовать очень больших вычислительных затрат.

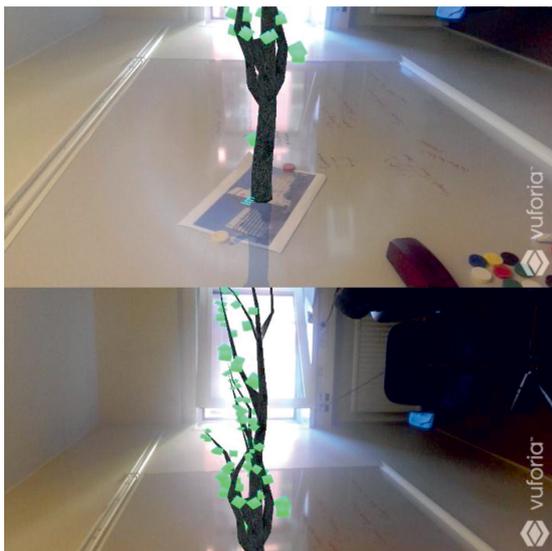


Рис. 2. Демонстрация расширенного отслеживания

Процесс распознавания различных видов мишеней. Распознавание изображений

С помощью Диспетчера целей можно определить цель изображения, используя любое изображение по выбору [8]. Является ли изображение хорошей мишенью – это другой вопрос. Целевые объекты изображения определяются на основе естественных объектов, которые извлекаются из целевого изображения и затем сравниваются во время выполнения с объектами в изображении камеры в реальном времени. Звездный рейтинг цели колеблется между 1 и 5 звездами, хотя цели с низким рейтингом (1 или 2 звезды) обычно могут обнаруживаться и отслеживаться хорошо. Для достижения наилучших результатов необходимо стремиться к целям с 4 или 5 звездами. Состав и количество объектов являются решающими факторами в том, насколько легко Vuforia может обнаружить цель изображения. Например, цели, показанные на рис. 3, демонстрируют, что Vuforia считает «хорошей» и «плохой» целью.



Рис. 3. Хорошая и плохая мишени

Мишень изображения машины скорой помощи с высокой степенью обнаруживаемости

мости указывает, что это легко отслеживается. Желтые крестики представляют обнаруженные объекты.

Более конкретно – хорошие цели содержат большое количество объектов, расположенных как можно более уникально. Изображение плотной 2D-сетки может содержать много объектов, но, поскольку шаблон повторяющийся, каждая секция этого изображения будет неразличима Vuforia. Это делает невозможным определение для программного обеспечения, что является верхом, низом и др. Следовательно, такие изображения станут плохими целями. Изображения круглых фигур без острых краев также будут плохими целями, просто потому, что нет никаких функций для обнаружения Vuforia. Обратите внимание на полное отсутствие обнаруженных объектов (нет желтых крестиков).

Изображение машины скорой помощи было сочтено Vuforia весьма заметным, поэтому его следует использовать в качестве мишени. Противоположное можно сказать об образе черного круга. Простой тест, показанный на рис. 4, демонстрирует обнаружение изображения этих двух целей.

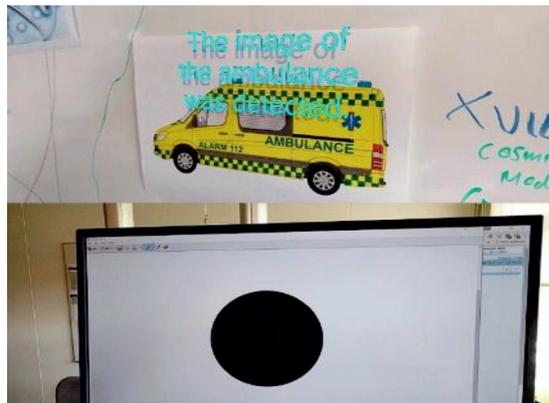


Рис. 4. Демонстрация обнаружения

Обе цели дополняются текстом, информирующим пользователя, если изображение было обнаружено. Текст появится только в том случае, если цель обнаружена. Цель машины скорой помощи обнаружена немедленно из-за ее высокой степени обнаруживаемости, тогда как черный круг не обнаружен вообще.

Распознавание объектов

В то время как Vuforia использует естественное отслеживание объектов в своей основе, процесс создания объектов-мишеней сильно отличается от создания мишеней-изображений [9]. Целевой объект

изображения отображает объекты в 2D путем анализа пикселей файла изображения, предоставленного целевому менеджеру. 3D-объект имеет третью ось для рассмотрения. Мишени объектов позволяют пользователям просматривать дополненный объект с нескольких ракурсов, в то время как объект поддерживает его увеличение. Прежде чем увеличивать 3D-объекты, их нужно как-то сканировать.

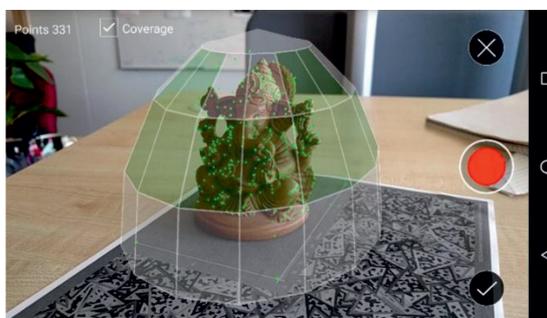
Компания Vuforia разработала приложение для сканирования, которое способно сканировать относительно небольшие объекты, используя определенную «плоскость сканирования», на которой расположен объект (рис. 5, а) [10]. Сканер объектов Vuforia – это приложение для android, используемое для сканирования физического 3D-объекта. Сканер объектов выдает объектные данные – файл, содержащий исходные данные, необходимые для определения целевого объекта в Диспетчере целевых объектов. Сканер позволяет создавать, тестировать и редактировать OD-файлы. Он обеспечивает визуализацию объектных особенностей, а также их покрытие по всему объекту. Объекты следует сканировать при умеренно ярком и рассеянном освещении. Необходимо избегать прямого попадания света. Сканирование объектов с отражающими поверхностями при прямом освещении может привести к появлению областей без точек слежения. Поверхности объекта должны быть равномерно освещены и не содержать теней, вызванных другими объектами или людьми. Использование световых коробов и диффузоров помогает устранить прямое освещение и свести к минимуму спектральные отражения. Следует сканировать модель в среде, свободной от фонового шума. Это предотвращает введение свойств, которые не являются частью модели. Сканирование в загроможденных средах может создать ложные точки отсле-

живания. Можно вращать объект на 360 градусов и сканировать его без необходимости физического перемещения устройства. Таким образом, приложение сканера способно определить ориентацию каждого обнаруженного объекта в 3D, поскольку плоскость сканера работает как пространственная привязка. На самом деле «сканирующая плоскость» (или цель распознавания объекта) – это цель изображения, которая при обнаружении предоставляет сканеру координаты XYZ обнаруженных объектов на 3D-объекте. Сканер объектов Vuforia показан на рис. 5.

Помещая сканируемый объект на цель изображения сканера, сканер Vuforia способен определить XYZ-координату обнаруженного объекта, представленную зеленой точкой [11]. Количество обнаруженных объектов можно просмотреть в верхнем левом углу.

После сканирования объекта его можно добавить в целевую базу данных и использовать для увеличения (рис. 5, б). Vuforia позволяет использовать 20 объектов-мишеней в базе данных одного устройства.

Хотя Vuforia не показала, как именно происходит отслеживание 3D-объектов, изучая предоставленное приложение сканера и их внимание на отслеживание обнаруженных объектов, можно предположить обнаружение точек интереса. Обнаружение точек интереса работает при наборе шаблонов изображений, захватывая внешний вид объекта и предопределенные шаблоны объектов. По мере обнаружения объектов трекером они сравниваются с объектами – точками интереса-изображений шаблона, благодаря чему можно рассчитать ориентацию в пространстве. Как видно на рис. 5, куполообразная сетка с зелеными и серыми прямоугольниками представляет собой покрытие шаблонных изображений и объектов, захваченных в каждом шаблонном изображении.



а)



б)

Рис. 5. а) Сканирование объектов Vuforia.
б) Отслеживание объекта без помощи дополнительных мишеней

Заключение

В статье представлены возможности Vuforia SDK. Приведены ключевые компоненты любого приложения дополненной реальности, примеры «хороших» и «плохих» видов маркеров. Дано представление об особенностях отслеживания мишеней на основе естественных природных черт. Подробно рассмотрен процесс распознавания маркеров следующих видов: маркер-изображение и маркер-объект, также приведены графические материалы, поясняющие работу распознавания различных видов целей.

Список литературы

1. Vuforia documentation. Image Targets. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide> (дата обращения: 12.12.2019).
2. Vuforia documentation. Multi-Targets. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Multi-Target-Guide.html> (дата обращения: 12.12.2019).
3. Vuforia documentation. Cylinder Targets. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Solution/Cylinder-Targets-Guide.html> (дата обращения: 12.12.2019).
4. Vuforia documentation. Model Targets. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/features/objects/model-targets.html> (дата обращения: 12.12.2019).
5. Жулин А.Г., Манжикова С.Ц. Структура и алгоритмы систем дополненной реальности на основе маркера // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2018. № 4. С. 58–62.
6. Sravan Ch, Shivanku Mahna, Nirbhay Kashyap. Optical Character Recognition on Handheld Devices. International Journal of Computer Applications. 2015. Vol. 115. No. 22. P. 10–13.
7. Шапиро Л., Стокман Д. Компьютерное зрение / Под ред. С.М. Соколова, пер. с англ. А.А. Богуславского. 3-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2015. 763 с.
8. Vuforia documentation. Natural Features and Image Ratings. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Optimizing-Target-Detection-and-Tracking-Stability#Natural-Features-and-Image-Ratings> (дата обращения: 12.12.2019).
9. Vuforia documentation. Object recognition. [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Object-Recognition> (дата обращения: 12.12.2019).
10. Vuforia documentation. Vuforia Object Scanner [Электронный ресурс]. URL: <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide.html> (дата обращения: 12.12.2019).
11. Daniel Wagner, Gerhard Reitmayr, Alessandro Mulloni, Tom Drummond, Dieter Schmalstieg. Pose tracking from natural features on mobile phones. Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE Computer Society. 2008. P. 125–134.

СТАТЬЯ

УДК 004:631.58:005.6

**ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МЕЛИОРАЦИИ****Сафронова Т.И.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Краснодар, e-mail: saf55555@yandex.ru*

Производство сельскохозяйственной продукции всегда было связано с рисками. Это связано со многими негативными факторами, которые сопутствуют производству сельскохозяйственной продукции. Прогнозирование урожайности с учетом как можно большего количества факторов является важнейшей задачей для безопасности экономики любого государства. В современных условиях развивающегося рынка фермеры сталкиваются с возрастающими требованиями к количеству, качеству, своевременности и надежности производимой продукции. Наряду с этим ужесточаются требования к технологиям земледелия, имеющие цель – снижение антропогенной нагрузки, сохранение плодородия почв и экологической ситуации на сельскохозяйственных территориях. Решение задачи заключается в разработке рекомендаций работникам агропромышленного комплекса по выполнению технологических операций для получения гарантированных урожаев без снижения агресурсного потенциала почв. Такие рекомендации невозможно разработать без использования прогнозных математических моделей, реализованных на опыте полевых исследований с учетом природно-климатических характеристик региона, эколого-ландшафтных факторов, мелиоративных показателей почв, материально-технических и экономических возможностей хозяйства. Для формирования вариантов технологий выращивания сельскохозяйственных культур мелиоративные мероприятия рассматриваются пуассоновским потоком определенной интенсивности. В статье вычислены основные вероятностные характеристики случайной величины – стоимости мелиоративных мероприятий, приводящих оросительную систему к благоприятному состоянию. Приведенная в статье математическая модель может рассматриваться как вариант обоснованного выбора повышения эффективности управления мелиораций.

Ключевые слова: мелиоративные мероприятия, управленческие решения, вероятностный подход

**A PROBABILISTIC APPROACH TO THE CHOICE
OF MANAGEMENT DECISIONS IN RECOVERY****Safronova T.I.***Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: saf55555@yandex.ru*

Agricultural production has always been associated with risks. This is due to many negative factors that accompany agricultural production. Predicting yield taking into account as many factors as possible is the most important task for the security of the economy of any state. In modern conditions of an emerging market, farmers are faced with increasing demands on the quantity, quality, timeliness and reliability of their products. Along with this, requirements for agricultural technologies are being tightened with the goal of reducing the anthropogenic load, preserving soil fertility and the ecological situation in agricultural territories. The solution to the problem is to develop recommendations for agricultural workers on the implementation of technological operations to obtain guaranteed crops without reducing the agricultural potential of soils. Such recommendations cannot be developed without the use of predictive mathematical models, implemented on the basis of field research experience, taking into account the climatic characteristics of the region, environmental and landscape factors, reclamation indicators of soils, material and technical and economic capabilities of the economy. For the formation of agricultural technology growing technology options, land reclamation measures are considered by a Poisson stream of a certain intensity. The article computes the main probabilistic characteristics of a random variable – the cost of land reclamation measures leading the irrigation system to a favorable state. The mathematical model presented in the article can be considered as an option of a reasonable choice to increase the effectiveness of land reclamation management.

Keywords: land reclamation measures, management decisions, probabilistic approach

Антропогенная деятельность – мощный фактор, влияющий на экологическое состояние агроландшафтов. Любая сельскохозяйственная деятельность заключается в получении гарантированно высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Для получения таких результатов необходимо использовать все имеющиеся материально-технические, энергетические, трудовые, почвенные и природные ресурсы с наибольшей эффективностью. В Краснодарском крае из-за интенсификации производства земли сельскохозяйственного назначения постоянно нуждаются в восстановлении

и сохранении плодородия. Усиление процессов деградации почв представляет реальную угрозу продовольственной, а значит и национальной безопасности страны [1; 2]. Деградация почв является прямым результатом деструктивной трансформации ландшафта, изменения направленности и интенсивности потоков веществ и энергии в процессе замещения природных фитоценозов агроценозами.

Цель исследования – разработка модели управления мелиоративными мероприятиями, не допускающими развития деградации почв. Внедрение высокоэффективных

информационных технологий управления – одно из основных направлений развития наукоемких производств.

К ведущим показателям гидрогеологического мелиоративного состояния земель относится глубина грунтовых вод и их минерализация. Грунтовые воды являются чувствительными индикаторами на все антропогенные воздействия, осуществляемые на мелиорируемых территориях. Накопление солей в зоне аэрации можно регулировать величиной водоподачи и интенсивностью дренажного стока. Следовательно, уровень грунтовых вод можно рассматривать как функцию этих двух факторов, которые, в свою очередь, определяются затратами на строительство и эксплуатацию оросительной и коллекторно-дренажной сетей, наличием водных ресурсов [3].

Оценка оптимальности уровня грунтовых вод и управление им в пределах каждой системы на мелиорированных землях – одна из основных задач гидрогеолога-мелиоративной службы и эксплуатации, решение которой требует всесторонней информации о состоянии объекта.

Причина снижения почвенного плодородия, проявления деградационных явлений объясняется перегрузкой дренажно-сбросной сети, ухудшением окислительного режима почвы, вымыванием гумуса и питательных веществ из корнеобитаемого слоя почвы, подтоплением прилегающих площадей как занятых рисом, так и с суходольными культурами рисового севооборота [3].

Оценка оптимальности уровня грунтовых вод и управление им в пределах каждой системы на мелиорированных землях – одна из основных задач гидрогеолога-мелиоративной службы и эксплуатации, решение которой требует всесторонней информации о состоянии объекта. Рассмотрим один из наиболее распространенных критериев на региональном уровне – минимум суммарных приведенных затрат на сельскохозяйственное производство.

$$\text{Найти } \min [C_Q Q + C_x X + C_y Y], \quad (1)$$

где X – площадь возделываемых культур (га), Y – площадь реконструкции (га), Q – объем используемых водных ресурсов, тыс. м³,

C_Q – удельные приведенные затраты на подачу воды, регулирование стока, руб./м³,

C_x – сельскохозяйственные издержки, руб./га, C_y – удельные приведенные затраты на реконструкцию, руб./га.

Минимум суммарных потерь ищется при условиях:

$$A_1^1 X + A_1^2 Y \geq B_1, \quad (2)$$

$$A_2^1 X + A_2^2 Y \leq B_2, \quad (3)$$

$$X, Y, Q \geq 0. \quad (4)$$

В неравенства (2), (3) матрицы $A_1^1, A_1^2, A_2^1, A_2^2$ включают технико-экономические нормативы: агротехнологические коэффициенты, оросительные нормы, трудовые затраты.

Наилучший вариант мелиоративного режима включает не только объем и качество урожая, но и затраты на стоимость ресурсов и ликвидацию отрицательных воздействий на окружающую среду.

1. Затраты на улучшение солевого режима (гипсование, промывки и т.п.), на поддержание определенного количества питательных веществ и гумуса.

2. Затраты на дренаж, на очистку дренажных вод, на защиту от подтопления соседних земель, штрафы за загрязнения вод (поверхностных и подземных).

3. Объем используемых ресурсов (сырьевых, энергетических).

4. Затраты на строительство и эксплуатацию мелиоративной системы с учетом конкретных (оптимальных) показателей мелиоративного режима.

Свойства почвы определяются набором показателей – физические, гидрохимические и другие характеристики. Оценки качества почв основываются на различных методах осреднения. Они полезны для сравнительной характеристики состояния почв, но по ряду критериев они неинформативны [4; 5]. Они не учитывают того, что на разных территориях и в различные периоды времени в системе контроля могут применяться неодинаковые перечни измеряемых приоритетных показателей свойств почв, а также различные методики измерений. Отсюда следует несопоставимость результатов осреднённых оценок. Кроме того, такие оценки не показывают, какая относительная часть территории должна рассматриваться как загрязнённая.

В развитии теории алгоритмов в области вычислительной техники предпочтительно использование векторного представления пространственных данных [6; 7]. Перечень параметров состояний и факторов, определяющих различие в проявлении экологических функций почв, должен совершенствоваться, а экологическое нормирование должно обеспечивать не только контроль состояния, но и предупреждения о наступлении самых первых признаков существенных изменений в почвах, ведущих к ее деградации. В расчетах необходимо учитывать затраты на компенсацию негативных воздействий на окружающую среду, а также стоимость ресурсов.

Основные принципы управления в мелиорации – системный подход; учет неопределенности целого ряда воздействующих факторов; бассейновый подход и опора на серьезные научные исследования и надежные данные; анализ современных водоресурсных систем [8]. Другой немаловажной предпосылкой применения системного подхода и математического моделирования служит резкое возрастание числа эколого-экономических параметров, которые необходимо учитывать при анализе и принятии решений по управлению.

Рассмотрим один из возможных вариантов процесса снижения цены намечаемого мероприятия [9–11].

Будем предполагать, что цена затрачиваемых мероприятий $S(t)$ изменяется непрерывно со временем t , $S(t)$ – монотонно убывающая функция с начальным значением $S_0 = S(0)$. Уравнение $S(t) = S$ можно однозначно разрешить относительно аргумента t и получить соотношение $t = t(S)$.

Считаем, что затрачиваемые мероприятия образуют пуассоновский поток постоянной интенсивности λ . Выполненное мероприятие доводит систему до

определенного состояния с вероятностью $R(S)$, зависящей от цены $S(t)$. Можно отметить, что $R(S)$ – монотонно убывающая функция, так что с уменьшением цены мероприятий вероятность достижения ущерба возрастает. Существует некоторая минимальная цена S_m , так что $R(S_m) = 1$, то есть по этой цене отмечается наступление ущерба окружающей среде всегда. Рассмотрим вероятностные характеристики цены.

Цена S_e , по которой состояние будет достигнуто, является случайной величиной.

За интервал времени $[t, t + \Delta t]$ могут произойти следующие события:

1) допустимое экологическое состояние системы не достигнуто. Вероятность этого события будет равна $1 - \lambda \Delta t$;

2) допустимое экологическое состояние не достигнуто при проведенном мероприятии. Вероятность этого события равна $\lambda \Delta t (1 - R(S))$;

3) мероприятие проведено, и допустимое экологическое состояние достигнуто. Вероятность этого события равна $\lambda \Delta t \cdot R(S)$.

Подготовим выражение для математического ожидания цены состояния объекта:

$$m_{1S}(S) = \lambda R(S) \Delta t \cdot S + (1 - \lambda R(S) \Delta t) m_{1S}(S + \Delta S). \quad (5)$$

Разложим $m_{1S}(S + \Delta S)$ в ряд Тейлора:

$$m_{1S}(S + \Delta S) = m_{1S}(S) + m'_{1S}(S) \Delta S + o(\Delta t).$$

Подставив это разложение в (5), получим

$$m_{1S}(S) = \lambda R(S) \Delta t \cdot S + (1 - \lambda R(S) \Delta t) [m_{1S}(S) + m'_{1S}(S) \Delta S] + o(\Delta t). \quad (6)$$

Выполнив преобразования, запишем:

$$0 = \lambda R(S) \cdot S - \lambda R(S) \cdot m_{1S}(S) + m'_{1S}(S) \frac{dS}{dt}. \quad (7)$$

И введем функцию

$$a(S) = - \left. \frac{dS}{dt} \right|_{t=t(S)}. \quad (8)$$

$a(S) > 0$, так как $S(t)$ – убывающая функция. Запишем уравнение (8) в виде

$$m'_{1S}(S) + \frac{\lambda R(S)}{a(S)} m_{1S}(S) = S \frac{\lambda R(S)}{a(S)}. \quad (9)$$

Выражение $\lambda R(S)/a(S)$ обозначим как $g(S)$, то есть $g(S) = \lambda R(S)/a(S)$. Уравнение для $m_{1S}(S)$ принимает вид

$$m'_{1S}(S) + g(S) m_{1S}(S) = S g(S). \quad (10)$$

Запишем общее решение уравнения (10):

$$m_{1S}(S) = C_0 \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S yg(y)\exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right)dy. \quad (11)$$

Константу C_0 будем находить из условия: при минимальной цене S_m экологическое состояние объекта, удовлетворяющее требованиям, регистрируется с вероятностью 1, и поэтому должно быть $m_{1S}(S_m) = S_m$. Теперь получаем окончательный вид для математического ожидания цены состояния объекта [12]:

$$m_{1S}(S) = S_m \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S yg(y)\exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right)dy. \quad (12)$$

Подготовим выражение для дисперсии цены состояния объекта, то есть подготовим второй начальный момент рассматриваемой случайной величины $m_{2S}(S) = M\{S_e^2 | S(t) = S\}$.

$$m_{2S}(S) = \lambda R(S)\Delta t \cdot S^2 + (1 - \lambda R(S)\Delta t)m_{2S}(S + \Delta S) + o(\Delta t). \quad (13)$$

После преобразований, аналогичных используемым при выводе выражения математического ожидания, приходим к уравнению

$$m'_{2S}(S) + g(S)m_{2S}(S) = S^2 g(S). \quad (14)$$

Решение уравнения (14) записываем в виде

$$m_{2S}(S) = S_m^2 \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S y^2 g(y)\exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right)dy \quad (15)$$

или

$$m_{2S}(S) = S^2 - 2 \int_{S_m}^S y \cdot \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right)dy. \quad (16)$$

Знание $m_{2S}(S)$ позволяет найти дисперсию цены состояния объекта $D\{S_e | S(t) = S\} = m_{2S}(S) - m_{1S}^2(S)$ [13; 14].

Рассмотрим распределение вероятностей цены состояния объекта. Найти плотность вероятностей цены можно, используя метод преобразования Лапласа. Найдем поэтому сначала преобразование Лапласа от плотности вероятностей цены, то есть функцию

$$G_S(q, S) = M\{\exp(-qS_e) | S(t) = S\}. \quad (17)$$

Рассуждения, аналогичные тем, которые производились при выводе уравнения для $m_{1S}(S)$, приводят к соотношению

$$G_S(q, S) = \lambda R(S)\Delta t \cdot e^{-qS} + (1 - \lambda R(S)\Delta t)G_S(q, S + \Delta S) + o(\Delta t).$$

Разлагая $G_S(q, S + \Delta S)$ в ряд Тейлора, получим

$$G_S(q, S) = \lambda R(S)\Delta t \cdot e^{-qS} + (1 - \lambda R(S)\Delta t)\left[G_S(q, S) + \frac{\partial G_S(q, S)}{\partial S}\Delta S\right] + o(\Delta t).$$

Раскрывая скобки, сокращая $G_S(q, S)$, деля на Δt и переходя к пределу $\Delta t \rightarrow 0$, получим уравнение для $G_S(q, S)$:

$$\frac{\partial G(q, S)}{\partial S} + g(S)G(q, S) = g(S)e^{-qS}. \quad (18)$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$G_S(q, S) = \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx - qS_m\right) + \int_{S_m}^S g(y) \exp\left(-\int_y^S g(x)dx - qy\right) dy. \quad (19)$$

Обратное преобразование Лапласа от функции $\exp(-qy)$ есть $\delta(S_e - y)$. Поэтому плотность вероятностей $p_S(S_e)$, являющаяся обратным преобразованием Лапласа от выражения (19), имеет вид

$$p_S(S_e) = \delta(S_e - S_m) \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S g(y) \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right) \delta(y - S_e) dy.$$

Используя свойства δ -функции, получаем

$$p_S(S_e) = \delta(S_e - S_m) \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + g(S_e) \exp\left(-\int_{S_e}^S g(x)dx\right), \quad (20)$$

что и дает явный вид плотности вероятностей цены состояния объекта. При этом надо иметь в виду, что S_e изменяется в пределах $S_m \leq S_e \leq S$.

В дальнейшем намечаем рассмотреть ступенчатое изменение цены мероприятий, длительность времени наступления удовлетворительного мелиоративного состояния и оптимизационную задачу.

Заключение

Управление технологическим процессом сельскохозяйственного производства необходимо строить на принципах адаптивно-ландшафтного земледелия с учетом складывающейся экологической ситуации, не допуская возникновения необратимых негативных процессов. Исследования должны быть ориентированы не только на получение заданных объемов продукции, но и на сохранение и повышение плодородия почв, поддержание благоприятного состояния агроландшафта.

Эффективное управление оросительной системой невозможно без привлечения математического моделирования функционирования водохозяйственного комплекса. В статье предлагается математическая модель количественной оценки мелиоративных мероприятий с учетом неопределенностей оцениваемых параметров (систем, функционирующих в условиях неопределенности) и с учетом стохастического характера воздействия природно-климатических факторов. Использование разработанной вероятностной модели процесса управления намечаемыми мероприятиями позволит работникам агропромышленного комплекса снизить риски неопределенностей при принятии управленческих решений, учесть

стохастический характер воздействия природно-климатических факторов.

Учет многофакторности природно-климатических, почвенных, водных показателей и критериев края является необходимой базой для разработки единой методологии по совершенствованию методов принятия решений с помощью математического аппарата, реализованного в математической модели и апробации результатов выполняемых исследований.

В рамках предложенной математической модели вычислены основные характеристики цены состояния объекта: ее математическое ожидание, дисперсия и плотность распределения вероятностей. Вероятностные модели процессов управления намечаемыми мероприятиями позволяют решить поставленные задачи и снизить риски неопределенностей при принятии управленческих решений.

Список литературы

1. Сафронова Т.И., Соколова И.В. Моделирование динамики органического вещества почв // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. 2017. С. 42–43.
2. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Управление мелиоративным состоянием почв для воспроизводства плодородия сельскохозяйственных земель Краснодарского края // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. В.А. Солопова. 2018. С. 279–282.
3. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Теоретическая модель оптимального проектирования агроландшафтов // Успехи современного естествознания. 2019. № 3–2. С. 204–209.
4. Третьякова Н.В. К вопросу о преемственности в образовании // Формирование личности будущего на основе психолого-педагогического анализа: сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 205–208.

5. Чеботарев М.И., Приходько И.А. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса // Патент 2471339 С1 Рос. Федерация: МПК7 А 01 G 16/00, А 01 В 79/02 / Патентообладатель ФГОУ ВПО «Куб ГАУ». 2013, Бюл. № 1.
6. Чеботарев М.И., Приходько И.А. К вопросу выбора оптимального рисового севооборота для повышения урожайности риса // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2012. С. 431–432.
7. Кондратенко Л.Н., Касьянова Е.В. Рациональное использование земли на основе экономико-статистического анализа показателей в ООО «АПФ «Рубин» // Научные исследования – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 431–437.
8. Подколзин О.А., Соколова И.В., Осипов А.В., Слюсарев В.Н. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 68. С. 117–124.
9. Лисуенко К.Э., Соколова И.В. Оценка состояния почв сельскохозяйственных районов Краснодарского края // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2016 год. 2017. С. 231–234.
10. Stepanova N.V. Price control in selling perishable goods. Scientific creativity of youth. Materials of XII all-Russian scientific-practical conference. (Anzhero-Sudzhensk, 18–19 April 2008). Publishing house of Tomsk University-University. Part1. 2008. P. 40–43.
11. Efrosinin D., Farkhadov M., Sztrik J., Stepanova N. Reliability analysis of an aging unit with a controllable repair facility activation. Springer proceedings in mathematics and statistics. 2018. P. 403–417.
12. Kitaeva A.V., Stepanova N.V. Linear On/Off Inventory Control. Proceedings, 15th Applied Stochastic Models and Data Analysis (ASMDA2013) International Conference (Barcelona, Spain, 25–28 June 2013). Mataro, 2013. P. 497–504.
13. Кондратенко Л.Н., Соловьева Н.А. Факторы, систематизирующие изучение математики в ВУЗе // Региональные особенности рыночных социально-экономических систем (структур) и их правовое обеспечение: материалы VIII-й Международной научно-практической конференции. 2017. С. 380–383.
14. Дегтярева О.Г., Сафронова Т.И., Дегтярев Г.В. Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды // Патент РФ № 2228998. Патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. 2002.

СТАТЬЯ

УДК 004.65

СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРОЛЯ ДЛЯ WEB-САЙТА

Старцева Е.К., Васева Е.С.

*Нишнетагильский государственный социальнопедагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессиональнопедагогический университет»,
Нижний Тагил, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru*

Рассматривается проблема восстановления утраченного пароля к веб-ресурсу. Описана технология процесса восстановления пароля на сайте с помощью подтверждения почты. В данном способе восстановления пароля пользователю предоставляется право на ввод нового пароля для записи его в базу данных. Технология восстановления пароля продемонстрирована на примере организации доступа к сайту «Шоу-группа Паприка». Представлена структура таблицы, в которой должны храниться учетные данные. Описан процесс создания стартовой страницы и страницы, на которой будет осуществляться ввод нового пароля. На странице ввода нового пароля пользователь вводит логин, пароль и повтор пароля, определены функции проверки совпадения введенных паролей, соответствия определенной сложности пароля. Показан код, в результате выполнения которого происходит отправка на электронный адрес письма со ссылкой для подтверждения адреса электронной почты. После подтверждения электронного адреса происходит запись нового пароля в зашифрованном виде методом md5 в базу данных. После смены пароля пользователь переадресовывается на главную страницу. Описанная технология может быть использована для реализации процедуры восстановления пароля с помощью электронной почты на других сайтах.

Ключевые слова: пароль, электронная почта, Javascript, token, md5, php

PASSWORD RECOVERY SYSTEM FOR WEB SITE

Startseva E.K., Vaseva E.S.

*Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Federal State Autonomous educational
institution «Russian state vocational pedagogical University, Nizhny Tagil, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru*

The article considers the problem of recovering a lost password to a web resource. The technology of the process of password recovery on the site using email confirmation is described. In this method of password recovery, the user is given the right to enter a new password to write it to the database. The password recovery technology is demonstrated by organizing access to the Paprika Show Group website. The table structure is presented in which credentials should be stored. The process of creating a start page and a page on which a new password will be entered is described. On the page for entering a new password, the user enters a username, password and re-enter the password, the functions of checking the coincidence of the entered passwords, matching certain complexity of the password are defined. A code is shown, as a result of which a message is sent to the email address with a link to confirm the email address. After confirming the email address, a new password is written in encrypted form using the md5 method to the database. After changing the password, the user is redirected to the main page. The described technology can be used to implement the password recovery procedure using e-mail on other sites.

Keywords: password, email, javascript, token, md5, php

Пароли – это неизменный атрибут информационной безопасности, особенно когда речь идет о сайтах и сервисах, хранящих персональные данные. Процедура аутентификации является обязательной для таких сайтов и сервисов. Современные пользователи, как правило, имеют большой набор учетных данных, и нередко сталкиваются с ситуацией, когда доступ к ресурсу невозможен, потому что учетные данные утеряны или забыты. Поэтому важно предусмотреть процедуру восстановления учетных данных. Восстановление учетных данных востребовано с помощью электронной почты. Существует несколько вариантов восстановления паролей с использованием электронной почты [1–3].

Одним из способов является отправка на почту, введенную ранее, уже сгенерированного пароля. Данный способ не является рациональным, т.к. не всегда удобно запоминать сгенерированный пароль. Кроме

того, такой способ восстановления пароля не является на 100% защищенным, т.к. пароли хранятся в открытом виде и при взломе почты пользователь злоумышленник получит доступ к аккаунту и информации, принадлежащей этому аккаунту.

Другой вариант – это предлагать пользователю самому задать новый пароль. При этом варианте либо изначально пользователь попадает на страницу с изменением пароля, либо после подтверждения почты. В любом случае в базу данных производится запись нового пароля только после подтверждения почты.

Второй способ является более защищенным – ввод пароля пользователем и запись его в базу данных после подтверждения почты пользователя.

Цель исследования: рассмотреть проблему восстановления утраченного пароля к сайту. Описать технологию процесса

восстановления пароля посредством подтверждения почты на примере существующего сайта.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим технологию реализации способа восстановления пароля с подтверждением электронной почты. Технологию восстановления пароля реализуем на примере организации доступа к сайту «Шоугруппа Паприка». Понадобится база данных, страница со ссылкой (от которой будет происходить адресация на изменение пароля), отдельная страница (для ввода нового пароля) и 2 файла с функциями обработки.

Результаты исследования и их обсуждение

В базе данных необходимо создать таблицу, в которой будут храниться следующие данные.

- Id (идентификатор/счетчик).
- E-mail – для записи почты пользователя.
- Password – для записи пароля пользователя.
- Reset_password_token – для записи ссылки.

Поле для записи пароля необходимо задать в формате varchar(32), т.к. для записи пароля в базу данных мы будем использовать функцию md5, которая возвращает хеш в виде 32-символьного шестнадцатеричного числа [4–5].

Далее переходим к созданию страницы, на которой будет расположена ссылка для

перехода на страницу изменения пароля (далее будем называть ее «стартовой»).

На этой странице нам понадобятся поля для ввода логина и пароля, для авторизации пользователя и ссылка для перехода на страницу смены пароля. Фрагмент кода представлен на рис. 1.

Как видно из фрагмента кода, который изображен на рис. 1, на форме нет ссылки для перехода на страницу. Эту ссылку имеет смысл вставить после формы. Код на эту ссылку представлен на рис. 2.

При нажатии на данную ссылку автоматически открывается следующая страница, в нашем случае у нее будет название new_password. На этой странице пользователь сможет ввести новый пароль.

Окончательный вид страницы авторизации изображен на рис. 3.

На странице смены пароля должны быть размещены следующие элементы (рис. 4).

- Поле для ввода логина.
- Поля для ввода пароля.
- Кнопка «Сохранить».

Поле для ввода логина нужно для идентификации пользователя. Полей для ввода пароля нужно 2, так как сначала пользователь вводит пароль, и далее для удостоверения, что пользователь ввел тот пароль, который хотел, нужно поле для повторения пароля. Для проверки на идентичность этих двух полей будем использовать язык программирования Javascript. Пример кода, выполняющего проверку на идентичность этих двух полей, представлен на рис. 5.

```
<form action="login.php" method="POST">
  <div class="md-form mb-1 mt-5">
    <div class="row justify-content-center white-text">
      <span style="font-size:42px; font-family:Neucha;">Авторизация</span>
    </div>
    <div class="row d-flex justify-content-center mt-4">
      <div class="col-sm-9">
        <div class="bg-white white-shadow">
          <input style="width: 80%;" type="text" name="login" placeholder="Логин" required>
          
        </div>
      </div>
    </div>
    <div class="row d-flex justify-content-center mt-4">
      <div class="col-sm-9">
        <div class="white-shadow bg-white">
          <input style="width: 80%;" type="password" name="password" placeholder="Пароль" maxlength="6" required>
          
        </div>
      </div>
    </div>
    <div class="row justify-content-center mt-4">
      <div class="col-sm-9">
        <button class="btn btn-outline-white btn-block">Войти</button>
      </div>
    </div>
  </div>
</form>
```

Рис. 1. Фрагмент кода для страницы авторизации

```
<a href="new_password.php" class="white-text">Забыли Пароль? Восстановите его!</a>
```

Рис. 2. Код на ссылку для смены пароля

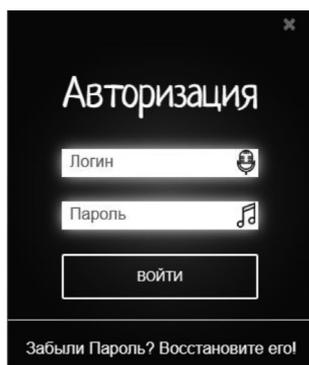


Рис. 3. Страница авторизации

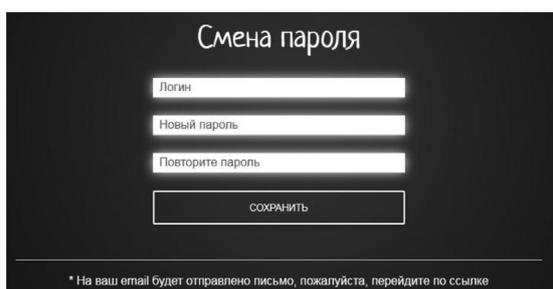


Рис. 4. Страница смены пароля

В этом фрагменте кода производится проверка на количество символов – мини-

мальное количество 6 символов, а максимальное 8. Если пароль не соответствует этому условию, то выводится ошибка. Если пароли не совпадают, то вводится сообщение об ошибке «Пароли не совпадают», и кнопка деактивируется.

Фрагмент кода, приведенный выше, выполняет обработку полей password и confirm_password. Эти поля выводятся на экран с помощью тега <input>. Код для страницы new_password представлен на рис. 6.

После заполнения полей и нажатия кнопки запускается файл edit_password.php, в котором происходит обработка запроса.

Для начала нужно записать адрес сайта, для этого используется встроенная функция php – \$_SERVER['SERVER_NAME'].

Далее производится проверка на наличие данного логина в базе данных, если такой логин есть, то код выполняется дальше, иначе выводится ошибка «Такого пользователя не существует». Фрагмент кода представлен на рис. 7.

Если такой пользователь существует – записываем пароль и выбираем из базы данных e-mail, который был ранее присвоен пользователю. Далее составляем токен, который будет отправлен в письме на почту пользователя, составляем все элементы для отправки письма на почту. Код для составления письма представлен на рис. 8.

```
var password = $('input[name=password]');
var confirm_password = $('input[name=confirm_password]');
password.blur(function(){
    //Если длина введенного пароля меньше шести символов, то выводим сообщение об ошибке
    if(password.val().length < 6){
        //Выводим сообщение об ошибке
        $('#valid_password_message').text('*Пароль должен быть от 6 до 8 символов');
        //проверяем, если пароли не совпадают, то выводим сообщение об ошибке
        if(password.val() !== confirm_password.val()){
            //Выводим сообщение об ошибке
            $('#valid_confirm_password_message').text('*Пароли не совпадают');
        }
        // Деактивируем кнопку отправки
        $('#button[type=submit]').attr('disabled', true);
    }
    else{
        //Иначе, если длина первого пароля больше шести символов, то мы также проверяем, если они совпадают.
        if(password.val() !== confirm_password.val()){
            //Выводим сообщение об ошибке
            $('#valid_confirm_password_message').text('*Пароли не совпадают');
            // Деактивируем кнопку отправки
            $('#button[type=submit]').attr('disabled', true);
        }
        else{
            // Убираем сообщение об ошибке у поля для ввода повторного пароля
            $('#valid_confirm_password_message').text('');
            //Активируем кнопку отправки
            $('#button[type=submit]').attr('disabled', false);
        }
        // Убираем сообщение об ошибке у поля для ввода пароля
        $('#valid_password_message').text('');
    }
});
```

Рис. 5. Проверка паролей на совпадение

```

        <input style="width: 100%;" type="text" name="login" placeholder=" Логин" required>
    </div>
</div>
<?php ?>
<div class="row justify-content-center mt-4">
    <div class="col-lg-6">
        <div class="bg-white white-shadow">
            <input style="width: 100%;" type="password" name="password" placeholder=" Новый пароль" maxlength="8" required>
        </div>

</div><div id="valid_password_message" class="message_error white-text text-center"></div>
<div class="row justify-content-center mt-4">
    <div class="col-lg-6">
        <div class="white-shadow bg-white">
            <input style="width: 100%;" type="password" name="confirm_password" placeholder=" Повторите пароль" maxlength="8" required>
        </div>
    </div>

</div><div id="valid_confirm_password_message" class="message_error white-text"></div>
<div class="row justify-content-center mt-4 mb-5">
    <div class="col-lg-6">
        <button id="submit" type="submit" class="btn btn-outline-white btn-block">Сохранить</button>
    </div>
</div>
</form>
<div class="modal-footer">
    <div class="justify-content-center ml-auto mr-auto mb-5">
        <div class="white-text">* На ваш email будет отправлено письмо, пожалуйста, перейдите по ссылке</div>
    </div>
</div>
</div>

```

Рис. 6. New_password

```

$site=$_SERVER['SERVER_NAME'];
if (isset($site) && !empty($site)){
    $address_site=trim($_POST['address_site']);
    if (isset($_POST['login']) && !empty($_POST['login'])){
        $login=trim($_POST['login']);//удаляем пробелы
        $query_kid="SELECT `surname_kid` FROM kids WHERE `surname_kid`='$login'";
        $result_kid=mysqli_query($link,$query_kid) or die ('Ошибка в подключении к базе'.mysqli_error($link));
        $count_kid=mysqli_num_rows($result_kid);
        $query_teacher="SELECT `surname_teacher` FROM teachers WHERE `surname_teacher`='$login'";
        $result_teacher=mysqli_query($link,$query_teacher) or die ('Ошибка в подключении к базе'.mysqli_error($link));
        $count_teacher=mysqli_num_rows($result_teacher);
        if ($count_kid==1){}
        elseif ($count_teacher==1){}
        else {
            echo 'Такого пользователя не существует';
        }
    }
    else {
        echo 'Упс, что-то пошло не так';
    }
}
else {
    echo 'Не известен адрес сайта';
}
}

```

Рис. 7. Фрагмент кода файла edit_password.php

После отправки письма пользователь переадресовывается на главную страницу сайта. Если письмо не было отправлено, скрипт останавливается, и происходит запись ошибки в сессию. Пользователь получает письмо на почту, в котором говорится о том, что с аккаунта на сайте группы запрошено изменение пароля. Вид этого письма представлен на рис. 9.

Для того чтобы изменить пароль на сайте, пользователю нужно перейти по ссылке, которая указана в письме. Это нужно для подтверждения почты.

В письме указана ссылка, которая ведет на файл, который подтвердит почту и обработает запрос на обновление пароля в базе данных. Фрагмент кода на этот запрос продемонстрирован на рис. 10.

```

if (isset($_POST['password']) && !empty($_POST['password'])){
    $password=trim($_POST['password']);
    $new_password=md5($password);
    $query_email_kid="SELECT `email` FROM kids WHERE `surname_kid`='$login'";
    $result_email_kid=mysqli_query($link,$query_email_kid) or die ('Ошибка в подключении к базе'.mysqli_error($link));
    $row_kid=mysqli_fetch_array($result_email_kid);
    $email = $row_kid['email'];
    $token=md5($email.time());//Составляем зашифрованный и уникальный token
    //сохраняем этот token в базу данных
    $query_token="UPDATE `kids` SET `reset_password_token`='$token' WHERE `kids`.`surname_kid`='$login'";
    $result_token=mysqli_query($link,$query_token) or die ('Ошибка в подключении к базе'.mysqli_error($link));
    //Составляем ссылку на страницу установки нового пароля.
    $link_reset_password = "http://".$_site."/set_new_password.php?email=$email&token=$token&password=$new_password";
    //Составляем заголовок письма
    $subject = "Изменение пароля от сайта шоу-группы 'Паприка'";
    //Устанавливаем кодировку заголовка письма и кодируем его
    $subject = "=?utf-8?B?".base64_encode($subject)."?=";
    //Составляем тело сообщения
    $message = 'Уважаемый пользователь!<br/> С вашего аккаунта было запрошено изменение пароля. <br/> Для изменения пароля от сайта <a href="http://'.
    $_site.'">'. $_site.'"</a>, перейдите по этой <a href="'. $link_reset_password.'">ссылке</a>.';
    //Составляем дополнительные заголовки для почтового сервиса mail.ru
    $headers = "FROM: шоу-группа Паприка\r\nReply-to: шоу-группа Паприка\r\nContent-type: text/html; charset=utf-8\r\n";
    $mail=mail($email, $subject, $message, $headers);
    //Отправляем сообщение с ссылкой на страницу установки нового пароля и проверяем отправлена ли она успешно или нет.
    if($mail==true){
        echo "Пароль не установлен";
    }
}

```

Рис. 8. Фрагмент кода для отправки письма

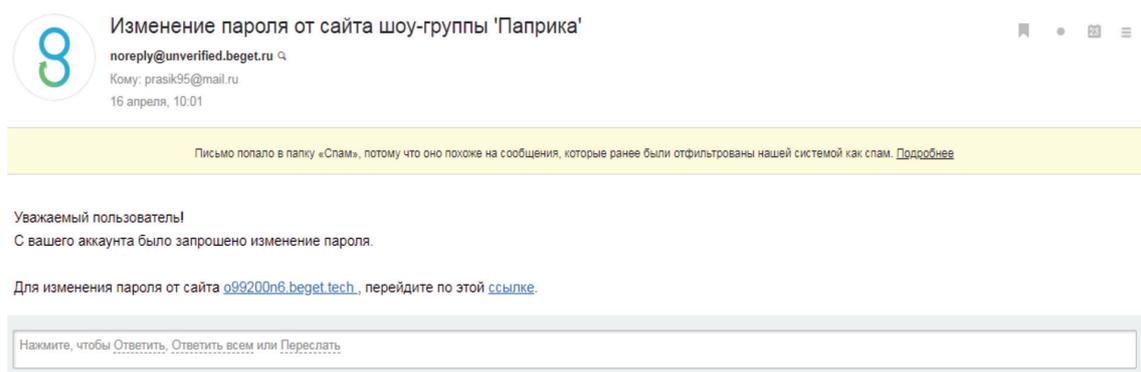


Рис. 9. Вид письма для изменения пароля

```

if(isset($_GET['token']) && !empty($_GET['token'])){
    $token = $_GET['token'];
}
else{
    exit("<p><strong>Ошибка!</strong> Отсутствует проверочный код.</p>");
}
//Проверяем, если существует переменная email в глобальном массиве GET
if(isset($_GET['email']) && !empty($_GET['email'])){
    $email = $_GET['email'];
}
else{
    exit("<p><strong>Ошибка!</strong> Отсутствует адрес электронной почты.</p>");
}
//Проверяем, если существует переменная password в глобальном массиве GET
if(isset($_GET['password']) && !empty($_GET['password'])){
    $password = $_GET['password'];
}
else{
    exit("<p><strong>Ошибка!</strong> Отсутствует пароль.</p>");
}

```

Рис. 10. Фрагмент кода на подтверждение почты пользователя

```

.....
$query_token_kid="SELECT reset_password_token FROM `kids` WHERE `email` = '$email'";
$result_token_kid=mysqli_query($link, $query_token_kid) or die ('Ошибка подключения к базе'.mysqli_error($link));
$count_token_kid=mysqli_fetch_array($result_token_kid);
$query_token_teacher="SELECT reset_password_token FROM `teachers` WHERE `email` = '$email'";
$result_token_teacher=mysqli_query($link, $query_token_teacher) or die ('Ошибка подключения к базе'.mysqli_error($link));
$count_token_teacher=mysqli_fetch_array($result_token_teacher);
if ($count_token_kid>1) {
    $row_token=$count_token_kid[0];
    if ($token==$row_token){
        //если токены совпадают то записываем таблицу новый пароль
        $query_paasword="UPDATE `kids` SET `password`='$password' WHERE `kids`.`reset_password_token`='$token'";
        $result_paasword=mysqli_query($link,$query_paasword) or die ('Ошибка в подключении к базе'.mysqli_error($link));
        header('location:index.php');
        exit("<p><strong>Пароль успешно изменен</strong></p>");
        //здесь нужно перенаправить на главную страницу и выдать сообщение "Ваш пароль успешно изменен"
    }
}

```

Рис. 11. Фрагмент кода на обновление пароля

Как видно на рис. 10, сначала нужно получить данные о токене, почте и пароле из глобального массива, проверить их на наличие и пустоту.

После того как данные успешно получены, их нужно идентифицировать с данными в базе данных, если же данные проходят проверку, то выполняется запрос на обновление пароля. Код на обновление пароля представлен на рис. 11.

После успешного обновления пароля пользователь автоматически попадает на главную страницу на сайте. И может авторизоваться уже с новым паролем.

Заключение

Каждый человек может забыть данные, необходимые для входа на какой-либо сайт. Для восстановления пароля способом, описанным в статье, необходимо иметь доступ к адресу электронной почты. Подтверждение электронной почты, указанной ранее

при регистрации, позволяет повысить надежность парольной защиты.

Список литературы

1. Носова Ю.С., Бурмистров А.В. Проблемы восстановления утраченных паролей // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2018. № 4 (22). С. 76–80.
2. Цыбикова Т.С. Менеджеры паролей // Инновационные технологии в науке и образовании: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 188–192.
3. Юлдашев Т.З., Шептунов С.А. Основы информационной безопасности при разработке сайтов // Инфокоммуникационные технологии. 2018. Т. 16. № 4. С. 430–437.
4. Максимова А.В., Стукалина Е.Ф. Анализ возможности восстановления хэшированного алгоритмом md5 пароля // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: сборник трудов Региональной научно-технической очно-заочной конференции. 2017. С. 66–71.
5. Чернова А.Я., Бобрышева Г.В. Алгоритмы формирования хэш-кода сообщения md5 и sha-1 // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: материалы I Всероссийской научной конференции: в 2 частях. Тольятти: Тольяттинский государственный университет. 2017. С. 477–482.

ОБЗОР

УДК 004.853

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ
И АНАЛИЗ ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ****Иванько А.Ф., Иванько М.А., Ибрагимов А.А.***Московский политехнический университет, Москва, e-mail: alekfed@mail.ru,
mihaleks@mail.ru, tima.kurkov7@mail.ru*

Удача интеллектуальных мобильных роботов, трудящихся, а также действующих совместно с людьми, находится в зависимости с их возможностями подводить итог и исследовать человеческие движения, а также извлекать единое представление наблюдаемой картинке. В данной статье мы постараемся исследовать человеческие движения, исполняемые в реальных обстоятельствах с непрерывного исследования мобильного робота. Для данной задачи человеческая деятельность обуславливается как модифицирующаяся пластическая структура туловища человека, взаимодействующая с основными предметами, обеспечивающими в таком случае работоспособность в границах сферы обитания. Для того чтобы сократить ограничения мобильного робота, которые возникают из-за его неполноценных воспринимающих модальностей, возможно зрительные исследования отразить в абстрактное высококачественное пространство. Для того чтобы подытожить стандарты, нежелательные к четким численным позициям в нашем обществе. Несколько высококачественных объемно-временных репрезентаций применяются с целью регистрации разных нюансов взаимоотношений между человеком и его обществом. Подобно поиску данных в каком-либо месте, генеративно-вероятностный способ применяется с целью возобновления тайных, семантически важных определений в закодированных наблюдениях абсолютно разными способами. Небольшое число раскрытых определений смотрятся ровно как типы человеческой деятельности, то, что предоставляет роботу зрительно наблюдаемые непростые действия человека. В конечном итоге заключение применяется с целью облегчения градиционного и постоянного обновления подобных определений, что дает возможность мобильному роботу результативно исследовать и со временем освежать собственные личные модификации деятельности людей, что приводит к результативной учебе в течение его существования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мобильные роботы, обучение, анализ человеческой деятельности, постоянное обучение

INTELLIGENT MOBILE ROBOTS AND ANALYSIS OF THEIR ACTIVITIES**Ivanko A.F., Ivanko M.A., Ibragimov A.A.***Moscow Polytechnic University, Moscow, e-mail: alekfed@mail.ru,
mihaleks@mail.ru, tima.kurkov7@mail.ru*

The success of intelligent mobile robots, working as well as working in conjunction with humans, depends on their ability to sum up and explore human movements, as well as extract a single representation of the observed image. In this article, we will try to explore human movements performed in real circumstances with the continuous study of a mobile robot. For this task, human activity is conditioned as a modifying plastic structure of the human body, interacting with the main objects that provide in this case, efficiency within the boundaries of the habitat. In order to reduce the limitations of the mobile robot, which arise from its defective perceiving modalities, it is possible to reflect visual research in an abstract high-quality space. In order to sum up the standards, we need clear numerical positions in our society. Several high-quality space-time representations are used to record various nuances of the relationship between a person and his society. Like searching for data in a place, the generative-probabilistic method is used to renew secret, semantically important definitions in coded observations in completely different ways. A small number of open definitions look exactly like the types of human activity that provides the robot visually observed complex human actions. In the end, the conclusion is used to facilitate the gradation and constant updating of such definitions, which allows the mobile robot to effectively explore and eventually refresh their own personal modifications of human activities, which leads to effective learning during its existence.

Keywords: artificial intelligence, mobile robots, training, analysis of human activity, continuous training

Автономные мобильные робототехнические платформы требуют непрерывного обновления своих собственных знаний о мире, которые они могут получить, прежде всего, благодаря многочисленным наблюдениям и взаимодействиям с людьми [1; 2]. Естественно, для того чтобы робот был полезен людям, ему нужно обучаться на протяжении всей своей жизни с человеком. Всяческие системы обучения, которые не требуют вмешательства людей в процесс обучения, в течение такого длительного пе-

риода могут помочь мобильным роботам стать более полезными, особенно при проживании интеллектуальных машин вместе с людьми. Если убрать человека из процесса обучения, то есть полностью довериться самообучению робота, то они, в принципе, могут недорого и быстро учиться с помощью огромного количества доступных данных, это позволяет им адаптироваться к окружающей среде, а также экономить время и усилия людей. Поддержание понимания динамической среды обитания чело-

века, то есть того, какие виды деятельности присутствуют в жизни людей, а какие уже «отмирают», позволяет машине корректировать свое собственное поведение, а также, когда она уже научится увиденному, помогать в выполнении наблюдаемой задачи.

Цели исследования:

1. Определить качественную пространственно-временную и векторную пространственную структуру для кодирования действий человека, наблюдаемых автономным мобильным роботом.

2. Разобрать методы изучения представлений, общих и повторяющихся моделей из нескольких закодированных визуальных наблюдений робота за действиями человека с использованием неконтролируемых вероятностных методов.

3. Рассмотреть работу человека с автономными мобильными роботами, которые запоминают непрерывные видеозаписи действий человека в процессе обучения на протяжении всей своей жизни совместно с людьми.

Материалы и методы исследования

Методология основана, во-первых, на обнаружении и отслеживании движений человеческого тела с помощью встроенных датчиков мобильного робота, во-вторых, на изучении местоположения объектов, которыми пользуется человек, в окружающей среде с использованием готовых методов. Каждое наблюдение, первоначально записанное как последовательность количественных положений тела, кодируется с использованием множественных качественных исчислений для преобразования точных пространственных и временных деталей наблюдения и, наконец, представляется в виде вектора появления дискретных качественных дескрипторов. Несколько скрытых тем извлекаются из наблюдений и рассматриваются как классы человеческой деятельности, каждый из которых определяется как полиномиальное распределение по автоматически сгенерированному «словарю» действий [3]. Представлены две методики для изучения представлений о человеческой деятельности. Первый – это вероятностный подход к аппроксимации низкого ранга, плохо работает с предварительно сегментированными видеорядами наблюдаемой человеческой деятельности. Второй – это более сложный вероятностный метод скрытого распределения Дирихле [4], несколько снимает требование ручной временной сегментации записанных наблюдений, позволяя роботу получить доступ к большим количествам данных, которые в противном случае потребовали

бы человеческого вмешательства. Метод Дирихле – это иерархическая модель, в которой каждое наблюдение моделируется как смесь по базовому набору тем, а каждая тема, в свою очередь, моделируется как смесь по дискретному словарю. Насколько известно, ранее этот подход не использовался, вероятностный подход, такой как метод Дирихле, с качественным пространственным представлением для восстановления представлений человеческой деятельности, наблюдаемых мобильным роботом. Эта работа переходит от использования стандартного набора данных, где каждый отдельный образец данных состоит из временно разделенного экземпляра отдельного действия человека, к более реалистичной настройке, где экземпляры расположены в более длинной последовательности наблюдений. Это совершенно спокойно расценивается как отрицание предположения о том, что люди непрерывно выполняют последовательность интересных действий, когда они находятся в поле зрения мобильного робота. Более разумное предположение состоит в том, что наблюдение за человеком моделируется как вероятностная смесь по основному числу скрытых тем, где некоторые темы можно считать «интересными» человеческими действиями.

Анализ человеческой деятельности с помощью мобильных роботов является недавней областью исследований, отчасти благодаря достижениям в области навигации, локализации и планирования с использованием вероятностных методов робототехники [5]. Это позволило мобильным роботам иметь более точные и надежные оценки своего собственного местоположения в окружающей среде и лучше выполнять действия, основанные на этих оценках.

В литературе существует общее различие между анализом человеческой деятельности на основе зрения, которое извлекает информацию из видеокamer с использованием методов компьютерного зрения, и сенсорами, носимыми вычислительными системами [6; 7]. Сенсорные системы часто полагаются на наличие небольших датчиков, а именно носимых датчиков, смартфонов или объектов с радиочастотной идентификацией (RFID), которые могут быть прикреплены к наблюдаемому человеку, чтобы получить представление о движениях этого человека. Мы, прежде всего, изучаем человеческую деятельность из визуальных данных, где понятие наблюдения ограничено полем зрения одной камеры, закрепленной на роботе. Это достаточно широкое подполе искусственного интеллекта, и читатель указывает на обзорные ста-

ты, которые подробно освещают эту тему, используя в основном статические камеры RGB [8] или 3D-камеры глубины [9; 10]. Тем не менее многие из распространенных методов в этих вопросах выполняют контролируемое обучение, где каждая обучающая ступень требует ручной сегментации и аннотирования с меткой основной истины. Это не является возможным решением для мобильного робота, который в идеале имеет минимальный контроль со стороны человека при использовании в реальном мире [11]. Методы неконтролируемого обучения считаются более подходящими для этой задачи, поскольку они не занимают много времени, вмешательства людей [12].

Многие работы в этой области использовали латентный семантический анализ (LSA) [13], вероятностный LSA и метод Дирихле для изучения категорий человеческой деятельности в неконтролируемой обстановке. Ученые объединили эти методы с низкоуровневыми пространственно-временными функциями точки интереса (STIP) для изучения категорий действий; локальные дескрипторы контекста формы на силуэтных изображениях [14]; сочетание семантических и структурных признаков для изучения действий, лиц и жестов рук; и путем слияния словаря локальных пространственно-временных объемов (кубоидов) со словарем спин-образов для фиксации деформации формы актера. Однако основной проблемой, упоминаемой в этих работах, является отсутствие пространственной информации о человеческом теле, захваченной низкокачественными изображениями, и отсутствие более долгосрочной временной информации, закодированной в признаках. Описательные пространственно-временные коррелограммы были использованы ранее для решения этой проблемы, однако этот подход все еще страдает от слабости обработки изображений, низкого уровня присвоения к человеку, который должен присутствовать в сцене в течение определенного времени обучения. Другой подход состоял в том, чтобы изучить временные отношения между действиями человека в неконтролируемой обстановке, чтобы точно представить человеческую деятельность [15]. Однако входные видео для этой техники требуют ручной временной сегментации перекрывающихся клипов фиксированной длины, что делает данную технику непомерно дорогой для обучения в течение всей жизни мобильного робота. Кроме того, каждая из этих техник была выполнена без вариативности системы отчета мобильного робота и ограничена обучением на временно сегментированных видеоданных во время

фазы обучения. Для решения этих проблем наблюдаемые действия человека и объекты преобразуются в качественное пространственное представление. Есть некоторые данные, позволяющие предположить, что существуют выделенные области мозга для выполнения таких преобразований. Поэтому, естественно, нужно попытаться встроить это в систему, чтобы понять поведение человека в видеоданных и в конечном счете встроить в роботизированные системы, чтобы представить поведение, выполняемое в среде, в которой они обитают. Существует много типов, выделенных в литературе. Некоторые из наиболее популярных типов: топологические, направленные и не топологические [16]. Обзор популярных типов приведен в качественные пространственные представления, которые часто используются для представления визуальных, количественных данных, наблюдений в малоразмерном и семантически более значимом качественном пространстве. Часто выполняется объектно-ориентированное преобразование видеопоследовательности, затем изучаются общие расположения преобразованных объектов с использованием различных ходов, например общие настройки места стола для приема пищи; простые действия для повседневной жизни из набора данных статической камеры [17]; удаление несогласованных визуальных наблюдений из видеопоследовательностей; и даже выполнение рассуждений о наблюдаемых пространственно-временных событиях [18]. Каждый из этих методов выполнялся в условиях контролируемого обучения, в отличие от упомянутых неконтролируемых методов. Кроме того, они широко используются для задач более глубокого рассуждения и применяются ко многим реальным областям, однако это выходит за рамки данной работы. Качественные пространственные положения могут быть заранее заданы вручную либо обнаружены на основе постоянно обновляемых наблюдений. Преимущество обучения положениям автоматически заключается в том, что они мгновенно становятся релевантными поведению наблюдаемой области. Однако общим ограничением является то, что часто все данные (или некоторая их выборка) должны существовать до того, как начинается обучение, в отличие от определения положения заранее.

Были изучены сложные пространственно-временные отношения между отслеживаемыми областями, представляющими движущиеся объекты в реальных областях жизни, например транспортные средства на участке автомагистрали, представленные в виде неких траекторий. Топологические

соотношения были также изучены путем создания относительного вектора признаков с использованием расстояния и скорости изменения расстояния между парами движущихся точечных объектов. Эти векторы признаков затем группируются для получения компонентных атомарных событий, которые используются для описания человеческой производственной деятельности с помощью эгоцентрической камеры. Этот подход основан на известном фиксированном наборе объектов, где распознаются взаимодействия между идентификаторами маркеров запястья и набором помеченных объектов. Каждый из этих подходов основан на анализе наблюдаемых данных в автономном процессе, где отношения изучаются путем взятия всего набора данных, взаимодействий между сущностями и изучения подходящих дискретизаций для наилучшего представления данных. Цель этой работы состоит в том, чтобы показать, что постепенное обучение на протяжении всей жизни робота может существовать, поэтому качественные представления определяются вручную заранее [19]. Объектно-ориентированный и качественный процессы преобразования наблюдаемых видеоданных частично снимают проблемы, связанные с особенностями низкокачественного изображения, которое использовалось с вероятностными подходами к обучению в предыдущих работах. Другие работы непосредственно сравнивали характеристики STIP с качественными характеристиками на трех сложных эгоцентрических камерах и продемонстрировали, что качественные представления могут превосходить традиционные характеристики изображения, когда доступны положения объектов [20]. То есть качественное представление может поддерживать семантически значимые реляционные последовательности и информацию, конкретно относящуюся к движениям. Качественные характеристики, возможно, кодируют более «долгосрочную временную информацию». Это связано с общим представлением набора слов (где порядок слов часто теряется с использованием функций изображения), временное перекрытие внутри наших функций поддерживает важную структуру в наблюдении, предлагая полное преимущество разреженных, дискретных представлений. Это позволяет данному подходу изучать латентные шаблоны обычно наблюдаемых качественных признаков. Неконтролируемый подход в сочетании с единым качественным пространственным исчислением ранее использовался для кодирования непрерывных видеопоследовательностей разворота самолета. Здесь грануляр-

ность классов деятельности, изучаемых с использованием неконтролируемой техники, ограничена проблемами восприятия, связанными с абстрактными входными сценами. Тут используется одна локация камеры, но наблюдаются медленно движущиеся объекты, которым недостает изменчивости динамических движений человека. Эгоцентрическая камера используется для изучения аналогичного качественного представления движений позы человеческого тела. Однако оба эти подхода изучают деятельность в автономном и пакетном процессах, где целью работы является использование приближенных вариационных методов для решения практических вопросов, связанных с мобильной робототехникой, выполняющей пожизненное обучение человеческой деятельности.

Цель исследования также состоит в том, чтобы изучить человеческую деятельность, за которой наблюдает мобильный робот на протяжении всего времени нахождения среди людей. Сейчас опишем количественные входные данные, которые получает мобильный робот. Сначала определим, что вообще рассматривается под человеческой деятельностью, а также конкретные области деятельности, в которых должен работать робот. Затем будут представлены детали того, как робот кодирует каждое человеческое движение в виде количественной последовательности поз человеческого тела. Наконец, узнаем, как робот интерпретирует свою среду и узнает местоположения объектов, которые помогают человеку в работе.

Виды человеческой деятельности

Введем термин «активность», чтобы связать динамическую конфигурацию с несколькими «агентами», где последние могут существовать в реальности или же могут быть онлайн-агентами. В этом исследовании главное:

1) изучение человеческой деятельности как паттернов, выполняемых людьми в реальности;

2) масштабирование системы, для обеспечения непрерывного обучения мобильного робота. В этом случае будут рассматриваться только отдельные виды человеческой деятельности. Для этого вначале нужно выяснить взаимодействие между человеком и окружающей средой, а именно, между человеком и некоторыми объектами, которые обеспечивают его деятельность.

Одной из главных проблем является разрешение человеческой деятельности, которая может быть в некоторой степени ограничена имеющимся восприятием или сенсорами робота. Эта проблема является

основной для мобильного робота, поэтому его восприятие человеческой деятельности может быть ограничено его собственными сенсорами и возможностями поля зрения. Также это является самой главной проблемой, потому что современное восприятие окружающей среды роботами все еще далеко от восприятия человека. Это влияет на способность машины замечать объекты (статические или динамические) в среде, где они находятся, и изучать только паттерны активности на определенном уровне детализации. В недавних работах по изучению плана деятельности использовались обнаруженные роботом движения рук и точки их соприкосновения с объектами окружающей среды [21], для обучения робота человеческой деятельности по многочисленным видео из Интернета [22]. Однако они опираются на гораздо более узкую точку зрения, чем рассматриваемый автономный мобильный робот, в них обычно используют предварительно обученные ручные или нейронные сети для классификации.

Оценка положений человека

Мобильный робот замечает людей и сразу может сделать вывод об их 3D-позе (15 положений суставов тела), когда они появляются в поле зрения его датчика RGBD. Общепринятым подходом является использование трекера OpenNI (Open Natural Interaction) для обнаружения нескольких людей и определения их 3D-позы в онлайн-режиме. Особенно важно получить достоверные данные позы в случаях взаимодействия человека и объектов из труднодоступных мест расположения робота. К сожалению, это вызывает множество ошибок распознавания позы из OpenNI, где объект случайно может быть рассмотрен как часть человека. Чтобы решить эту проблему, можно использовать данные о цвете RGB, чтобы помочь отличать объект от человека. В этом случае система распознавания позы человека работает в двухфазном подходе. В первой фазе эффективность OpenNI используется для производства ограничительных коробок человека на кадр. Во второй фазе ограничительные рамки человека и рамка RGB подаются в качестве входных данных в современную сверточную сеть (ConvNet) двухмерного (2D) распознавания позы человека [23]. В итоге координаты положения тела OpenNI заменяются двухмерными координатами тела, предоставленными ConvNet. Используя оцененное местоположение автономного мобильного робота, представим распознавание позы человека в виде сообщения, в котором обнаруженное роботом местоположение части

тела человека представлено трехмерными декартовыми координатами в представленной роботом системе отчета вместе с соответствующим положением человека, преобразованным в глобальную систему отсчета. Тогда человеческое местоположение включает в себя набор положений суставов тела, то есть используется реализация OpenNI или ConvNet.

Для каждого человека, обнаруженного роботом, получается определенная последовательность человеческих поз, полученных в течение определенного времени работы камеры робота. Определяется последовательность человеческих поз, где каждая является обнаруженной в определенный момент времени позой, и никакие ограничения не могут быть наложены на длину записанных последовательностей. Это изменение длины является основной трудностью при использовании существующих данных для изучения деятельности человека на мобильном роботе.

Представление роботом объектов окружающей среды

Вторым важным компонентом в среде, где находится мобильный робот, являются объекты, с которыми взаимодействует человек. Здесь сфокусируемся на объектах, с которыми люди взаимодействуют в повседневной жизни и которые обеспечивают определенную работу в сфере человеческой деятельности. Например, человек может подойти к стоящему на столе компьютеру, остановиться перед ним, чтобы выполнить какое-то определенное действие (возможно, ввести на клавиатуре пароль, для того чтобы войти в систему), и при этом его части тела пространственно взаимодействуют с объектом. По этой причине представление о человеческой деятельности может включать в себя положения людей относительно объектов, с которыми они взаимодействуют, в среде работы мобильного робота. Однако обнаружение и отслеживание произвольных объектов в реальном времени с роботизированной платформы может быть сложной и не решаемой задачей. Поэтому, чтобы узнать положение интересующих человека объектов в окружающей среде, робот сначала предварительно строит 3D-модель помещения или пространства, где он сейчас находится (улица, квартира, лаборатория и т.д.), путем слияния нескольких изображений RGBD. При этом робот перемещает свой угол наклона несколько раз, тем самым захватывая изображение RGB и соответствующее облако точек глубины для каждого положения и обозначая каждый пиксель в облаке точек глубины со значени-

ем RGB из соответствующего изображения RGB. Вышеописанный процесс называют зачисткой. Для создания большого зарегистрированного облака точек представления всей среды робота проводится сразу несколько зачисток. Как только робот получает трехмерное представление облака точек местоположения его нахождения, он извлекает местоположения потенциальных объектов путем рендеринга поверхности с использованием поверхностных элементов и извлечения кластеров. Современная производительность в извлечении семантически значимых сегментов может быть достигнута с помощью алгоритма сегментации без вмешательства человека. Это показано в источнике [24], и был описан метод, аналогичный тому, который представлен в источнике [25]. Эти сегменты были рассмотрены как потенциально важные объекты в среде работы мобильного робота.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, была освещена новая структура, в которой изучаются мало-размерные представления наблюдений за человеческой деятельностью с помощью мобильного робота. Было показано, что, преобразуя наблюдения с использованием качественных пространственных отношений между отслеживаемыми объектами в визуальной сцене и выполняя вероятностные методы неконтролируемого обучения, можно узнать эффективные тематические распределения, представляющие человеческую деятельность. В качестве главного аспекта представлено формальное представление наблюдений за человеком, полученных мобильным роботом, качественные преобразования для их обобщения и методы извлечения дискретных признаков в виде последовательностей наблюдаемых качественных отношений. Наконец, было показано, что эта структура может хорошо работать, учитывая реальные существующие практические проблемы мобильной робототехники, о которых в настоящее время очень мало говорится. Видно, что из многочисленных наблюдений за человеком в реальных условиях мобильный робот может узнать последовательные и значимые шаблоны подробных 3D-последовательностей поз человеческого тела, используя неконтролируемые методы обучения, применяемые к новому качественному представлению человеческих наблюдений. Модели человеческой деятельности изучаются при наличии динамических объектов в наборе данных поэтапной установки статической камеры, а также в более сложной, реальной

среде с автоматическим изучением местоположения объектов с помощью трекеров OpenNI. Была рассмотрена осуществляющаяся двухфазным подходом система распознавания положения частей тела человека, а также некоторые виды деятельности человека и проблемы в распознавании мобильным роботом важнейших объектов, с которыми взаимодействует человек. Наконец, были предложены одни из возможных решений интересных и пока еще не решенных практических задач в области анализа деятельности человека и его взаимодействия с объектами окружающей среды с помощью мобильного робота, работающего в реальных условиях. Выяснено, что с помощью более сложных методов обучения можно устранить некоторые практические ограничения, связанные с обучением мобильного робота человеческой деятельности на протяжении всей жизни. А именно то, что ручная временная сегментация не требуется и что вариационный метод Байеса может быть применен для инкрементных и пожизненных настроек обучения. Одним из возможных направлений исследований в будущем могло бы стать распространение этих данных на многомесячные данные наблюдений. Это позволило бы обнаружить совершенно новые темы, возможно, от робота, входящего в совершенно новые среды, возможно, и за пределами Земли. Кроме того, параметр «скорости обучения» мог бы обновляться в режиме онлайн, учитывая новые среды, исследуемые роботом, чтобы быстрее сходиться на новых наблюдаемых действиях человека.

Список литературы

1. E. Marder-Eppstein, Berger E., Foote T., Gerkey B., Konolige K. The office marathon. IEEE Conference on Robotics and Automation. 2010. P. 1–8.
2. Hawes N., Duckworth P., Burbridge C., Jovan F., Kunze L., Lacerda B., Mudrova L., Young J., Wyatt J., Hebesberger D., Kortner T., Ambrus R., Bore N., Folkesson J., Jensfelt P., Beyer L., Hermans A., Leibe B., Aldoma A., Faulhammer T., Zillich M., Vincze M., Chinellato E., Al-Omari M., Gatsoulis Y., Hogg D.C., Cohn A.G., Dondrup C., Fentanes J.P., Krajnik T. The strands project: long-term autonomy in everyday environments. IEEE Robotic & Automation Magazine. 2017. vol. 24. no. 3. P. 146–156.
3. Duckworth P., Alomari M., Bore N., Hawasly M., Hogg D.C., Cohn A.G. Grounding of human environments and activities for autonomous robot. Proceedings of 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence. 2017. P. 1395–1402.
4. Duckworth P., Alomari M., Charles J., Hogg D.C., Cohn A.G. Latent Dirichlet allocation for unsupervised activity analysis on an autonomous mobile robot. Proceedings of Thirty-first Association for the Advancement of Artificial Intelligence. 2017. P. 3819–3826.
5. Duckworth P., Hogg D.C., Cohn A.G. Unsupervised Human Activity Analysis for Intelligent Mobile Robots. Artificial Intelligence. 2019. no. 270. P. 67–92.

6. Chen L., Hoey J., Nugent C.D., Cook D.J., Yu Z. Sensor-based activity recognition. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C Applications and Reviews*. 2012. vol. 42. no. 6. P. 790–808.
7. Lara O.D., Labrador M.A. A survey on human activity recognition using wearable sensors. *IEEE Communication Surveys & Tutorials*. 2012. vol. 15. no. 3. P. 1192–1209.
8. Weinland D., Ronfard R., Boyer E. A survey of vision-based methods for action representation, segmentation and recognition. *Computer Vision and Image Understanding*. 2011. vol. 115. no. 2. P. 224–241.
9. Ye M., Zhang Q., Wang L., Zhu J., Yang R., Gall J. A survey on human motion analysis from depth data. *Time-of-Flight and Depth Imaging: Sensors, Algorithms, and Applications*. 2013. P. 149–187.
10. Aggarwal J., Xia L. Human activity recognition from 3D data: a review. *Pattern Recognition Letters*. 2014. vol. 48. P. 70–80.
11. Duckworth P., Gatsoulis Y., Jovan F., Hawes N., Hogg D.C., Cohn A.G. Unsupervised learning of qualitative motion behaviours by a mobile robot. *Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems*. 2016. P. 1043–1051.
12. Duckworth P., Alomari M., Gatsoulis Y., Hogg D.C., Cohn A.G. Unsupervised activity recognition using latent semantic analysis on a mobile robot. *Proceedings of 22nd European Conference on Artificial Intelligence*. 2016. P. 1062–1070.
13. Gatsoulis Y., Alomari M., Burbridge C., Dondrup C., Duckworth P., Lightbody P., Hanheide M., Hawes N., Hogg D.C., Cohn A.G. QSRLib: a software library for online acquisition of qualitative spatial relations from video. *Workshop on Qualitative Reasoning*, at IJCAI. 2016. P. 1–6.
14. Zhang J., Gong S. Action categorization by structural probabilistic latent semantic analysis. *Computer Vision and Image Understanding*. 2010. vol. 114. no. 8. P. 857–864.
15. Wu C., Zhang J., Savarese S., Saxena A. Watch-n-patch: unsupervised understanding of actions and relations. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015. P. 4362–4370.
16. Chen J., Cohn A., Liu D., Wang S., Ouyang J., Yu Q. A survey of qualitative spatial representations. *Knowledge Engineering Review*. 2015. vol. 30, no. 1. P. 106–136.
17. Tayyub J., Tavanai A., Gatsoulis Y., Cohn A.G., Hogg D.C. Qualitative and quantitative spatio-temporal relations in daily living activity recognition. *Proceedings of the 12th Asian Conference on Computer Vision*. 2015. P. 115–130.
18. Crouse M., Forbus K.D. Elementary school science as a cognitive system domain: how much qualitative reasoning is required. *Proceedings of Fourth Annual Conference on Advances in Cognitive Systems*. 2016. P. 1–12.
19. Alomari M., Duckworth P., Hogg D.C., Cohn A.G. Semi-supervised natural language acquisition and grounding for robotic systems. *Proceedings of Thirty-first Association for the Advancement of Artificial Intelligence*. 2017. P. 4349–4356.
20. Bleser G., Damen D., Behera A., Hendeby G., Mura K., Miezal M., Gee A., Petersen N., Macaes G., Domingues H., Gorcecky D., Almeida L., W. Mayol-Cuevas, Calway A., Cohn A.G., Hogg D.C., Stricker D. Cognitive learning, monitoring and assistance of industrial workflows using egocentric sensor networks. *PLoS ONE*. 2015. vol. 10. no. 6. Article e0127769. P. 1–41. [Electronic resource]. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0127769> (date of access: 25.12.2019).
21. Fermüller C., Wang F., Yang Y., Zampogiannis K., Zhang Y., Barranco F., Pfeiffer M. Prediction of manipulation actions. *International Journal of Computer Vision*. 2018. no. 126. P. 358–374.
22. Yang Y., Li Y., Fermüller C., Aloimonos Y. Robot learning manipulation action plans by «watching» unconstrained videos from the world wide web. *Proceedings of 29th Conference AAAI on Artificial Intelligence*. 2015. P. 3686–3693.
23. Wei S., Ramakrishna V., Kanade T., Sheikh Y. Convolutional pose Machines. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2016. P. 4724–4732.
24. Schoeler M., Papon J., Worgotter F. Constrained planar cuts-object partitioning for point clouds. *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015. P. 5207–5215.
25. Bore N., Ambrus R., Jensfelt P., Folkesson J. Efficient retrieval of arbitrary objects from long-term robot observations. *Robotic and Autonomous Systems*. 2017. no. 91. P. 139–150.

СТАТЬЯ

УДК 004.65

**РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ОДНОСТРАНИЧНОГО
WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ REACT**

Потовиченко М.А., Шатилов Ю.Ю.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: art-web@mail.ru

В настоящее время сеть Интернет прочно вошла в жизнь почти каждого человека, стала неотъемлемой средой поддержки бизнес-процессов. С каждым годом технологии развиваются, и возникает необходимость в web-приложениях, которые имеют быстрый отклик на действия в пользовательском интерфейсе и отлично работают на всех устройствах (как на стационарных, так и мобильных). Одновременно с увеличением скорости разработки инфраструктурных веб-приложений поднимается вопрос о выборе программных продуктов для воплощения в жизнь эффективной, современной и отказоустойчивой системы. Поэтому обрели популярность Single Page Application, особенностью реализации которых является модульная структура. В статье рассматривается разработка архитектуры клиентской части одностраничного приложения, его особенности и реализация с помощью современной JavaScript-библиотеки React, приведен сравнительный анализ использования и производительности библиотек для разработки клиентской части приложения React и AngularJS. React позволяет разработчикам моделировать состояние интерфейсов и декларативно описывать их. React – это всего лишь JavaScript, у библиотеки очень маленький API для изучения, всего несколько функций и способы их использования, что позволяет быстро изучить эту библиотеку.

Ключевые слова: одностраничное приложение, JavaScript, ReactJS, SPA, Frontend, архитектура, модульность, компонент, HTML, DOM

**DEVELOPMENT OF A CLIENT PART OF SINGLE-PAGE
WEB APPLICATION USING REACT**

Potovichenko M.A., Shatilov Yu. Yu.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: art-web@mail.ru

Currently, the Internet has become an integral part of almost every person's life and has become an integral environment for supporting business processes. Every year, technologies are developing, and there is a need for web applications that have a quick response to actions in the user interface and work perfectly on all devices (both stationary and mobile). Simultaneously with the increase in the speed of development of infrastructure web applications, the question of choosing software products for implementing an effective, modern and fault-tolerant system is raised. This is why Single Page Application has become popular, with its modular structure being a feature of its implementation. The article describes the architecture development client side single page application, its features and implementation using modern JavaScript libraries like React, given the comparative invalid usage and performance libraries for developing client side and React.

Keywords: single-page application, JavaScript, ReactJS, SPA, Frontend, architecture, modularity, component, HTML, DOM

В настоящее время сеть Интернет прочно вошла в жизнь почти каждого человека, стала неотъемлемой средой поддержки бизнес-процессов [1]. С каждым годом технологии развиваются, и возникает необходимость в web-приложениях, которые имеют быстрый отклик на действия в пользовательском интерфейсе и отлично работают на всех устройствах (как на стационарных, так и мобильных). Одновременно с увеличением количества таких систем в корпоративной инфраструктуре поднимается вопрос о выборе программных продуктов для воплощения в жизнь эффективной, современной и отказоустойчивой системы [2]. Поэтому обрели популярность Single Page Application (далее SPA).

SPA-приложения – web-приложения, которые используют HTML-документ как оболочку для всех веб-страниц и организуют обмен информацией с пользова-

телем через динамически подгружаемые HTML, CSS, JavaScript.

Целью работы является проанализировать существующие фреймворки для создания веб-приложений, определить их особенности, плюсы и недостатки по различным характеристикам, выбрать подходящий фреймворк для реализации клиентской части приложения.

Материалы и методы исследования

Главным SPA-архитектуры является представление (View) – именно с этим взаимодействует пользователь системы. Зачастую представления основаны вокруг шаблонов (Template) – заготовок, которые преобразуются в HTML. Чтобы хранить информацию, необходима модель (Model). Моделью является набор данных и функций, необходимых для работы с событиями и данными. Вся информация модели

полностью сохраняется в памяти (Storage). Для сохранения целостности информации представление отслеживает любые изменения данных в модели. Аналогично модель откликается на оповещение представления и предоставляет непрерывное взаимодействие WEB-сервиса с сервером, исполняя запросы на передачу информации (в том числе с использованием REST) (рис. 1) [3; 4].

Особенностью реализации SPA является модульная структура. Это необходимо для того, чтобы упростить рефакторинг и тестирование, также улучшить и упростить обслуживание приложения.

Модульная архитектура подразумевает разделение приложения на отдельные пакеты с явными зависимостями. Каждый пакет – файл и модуль [4].

JavaScript – это язык Всемирной паутины. Изначально он представлял собой средство управления определенными типами элементов веб-страниц (например, изображения и поля форм), но с тех пор этот язык быстро развивается. На данный момент по-

мимо создания клиентских сценариев, выполняемых браузером, JavaScript применяется для разработки кроссплатформенных программ [5]. JavaScript входит в список основных технологий современностей, которые необходимо знать и уметь применять веб-программистам: HTML (язык разметки), CSS (язык стилей) и язык программирования JavaScript, определяющий поведение веб-страниц [6].

Для реализации клиентской части программы используется JavaScript-библиотека ReactJS. ReactJS – мощный инструмент для реализации интерфейсов для пользователей. Цель данного инструмента – предоставить легкость и масштабируемость приложения, обеспечение вывода на экран всего того, что свойственно веб-страницам с высокой скоростью [7]. React позволяет разработчикам моделировать состояние интерфейсов и декларативно описывать их. React – это всего лишь JavaScript, у библиотеки очень маленький API для изучения, всего несколько функций и способы их использования, что позволяет быстро изучить ее [8].

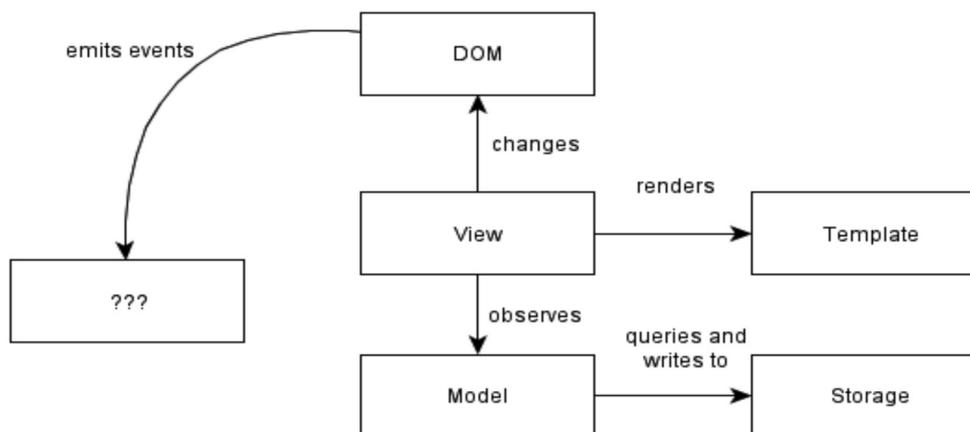


Рис. 1. Архитектура SPA-приложения

Таблица 1

Разница между модульным и немодульным приложением

| Немодульное приложение | Модульное приложение |
|---|--|
| Каждый участок кода является глобальным | Пакеты предоставляют единственный публичный интерфейс |
| Переменные являются глобальными | Переменные локальные в каждом пакете |
| Очередность загрузки имеет значение, потому что что-либо может перезаписать или изменить что-то | Очередность загрузки не имеет значения благодаря разделению по пакетам |
| Неявные зависимости от чего-либо глобального | Детали реализации недоступны за пределами пакета |
| Файлы и модули не имеют связи по смыслу | Каждый файл соответствует одному модулю |
| | Явно объявленные зависимости |

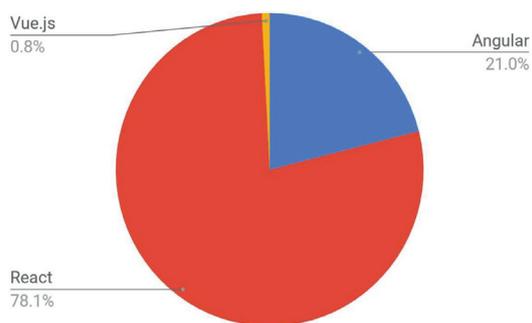


Рис. 2. Соотношение React и AngularJS

Основные концепции:

Элементы – объекты JavaScript, которые представляют HTML-элементы.

Компоненты – элементы React, разработанные программистом приложения. Зачастую являются частями интерфейса пользователя, содержащими функциональность и структуру. React значительно облегчает создание интерфейсов благодаря компонентам.

JSX – метод реализации элементов и компонентов React. Например, это React-элемент, написанный на JSX:

```
<h1>Hello World</h1>
```

Реализация аналогичного элемента возможна и на JavaScript:

```
React.DOM.h1(null, 'Hello World');
```

С JSX необходимо намного меньше усилий, он преобразовывается в JavaScript перед запуском в браузере.

Сравним производительность. Создаётся ассоциация между данными домена и элементом DOM, назначая «ключ». При изменении данных элемент DOM с соответствующим ключом будет обновлен. Любые изменения элемента в массиве данных вызывает соответствующее изменение в DOM (табл. 2) [9]. Также одним из ключевых показателей является выделение памяти (табл. 3).

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим плюсы и минусы React и Angular 5 в табл. 4 и 5 [9].

Таблица 2

Сравнение производительности

| Наименование | angular-v4.1.2-keyed | react-v15.5.4-mobX-v3.1.9 | vue-v2.3.3-keyed |
|---|----------------------|---------------------------|---------------------|
| Создавать строки. Продолжительность создания 1000 строк после загрузки страницы | 193.17.9 (1.2) | 243.99.4 (1.5) | 166.78.6 (1.0) |
| Заменить все строки. Продолжительность обновления всех 1000 строк таблицы (с 5 итерациями прогрева) | 197.45.3 (1.2) | 229.212.2 (1.4) | 168.55.0 (1.0) |
| Частичное обновление. Время обновлять текст каждой 10-й строки (с 5 итерациями разминки) | 13.04.5 (1.0) | 16.01.8 (1.0) | 17.32.9 (1.1) |
| Выберите строку. Длительность выделения строки в ответ на щелчок по строке (с 5 итерациями разминки) | 3.42.3 (1.0) | 10.13.8 (1.0) | 9.31.7 (1.0) |
| Поменять строки. Время поменять местами 2 строки в таблице 1К (с 5 итерациями разминки) | 13.41.0 (1.0) | 18.01.2 (1.1) | 18.31.5 (1.1) |
| Удалить строку. Продолжительность удаления строки (с 5 итерациями разминки) | 46.13.2 (1.0) | 53.72.1 (1.2) | 52.62.7 (1.1) |
| Создать много строк. Продолжительность создания 10 000 строк | 1946.041.8 (1.2) | 2217.371.5 (1.4) | 1587.533.9 (1.0) |
| Добавить строки в большую таблицу. Продолжительность добавления 1000 строк в таблицу из 10 000 строк | 324.610.1 (1.0) | 459.847.2 (1.4) | 399.511.0 (1.2) |
| Очистить строки. Продолжительность очистки таблицы, заполненной 10 000 строк | 379.911.3 (1.5) | 495.128.8 (1.9) | 254.55.0 (1.0) |

Таблица 3

Использование памяти приложений

| Наименование | angular-v4.1.2-keyed | react-v15.5.4-mobX-v3.1.9 | vue-v2.3.3-keyed |
|--|----------------------|---------------------------|------------------|
| Использование памяти после загрузки страницы | 4.80.0 (1.3) | 5.40.1 (1.4) | 3.80.0 (1.0) |
| Использование памяти после добавления 1000 строк | 10.90.1 (1.4) | 14.30.1 (1.9) | 7.50.1 (1.0) |

Таблица 4

Плюсы Angular 5 и React

| Angular 5 | React |
|--|--|
| Современные функции, доработанный RXJS, более быстрая компиляция, запуск HttpClient | Проще в изучении из-за его простоты с точки зрения синтаксиса. Нет необходимости глубоко обучаться TypeScript, по сравнению с Angular |
| Доступная документация, предоставляющая актуальную информацию | Максимальная гибкость и отзывчивость |
| Двусторонняя привязка данных. Это позволяет уменьшить риск потенциальных ошибок | Виртуальный DOM, который позволяет упорядочивать документы в форматах HTML, XHTML или XML в дерево, из которого лучше подходят веб-браузеры при анализе различных элементов веб-приложения |
| MVVM (Model-View-ViewModel), позволяет программистам разрабатывать одновременно один и тот же раздел программного продукта с помощью одинакового набора данных | В совмещении с ES6 / 7 ReactJS система имеет возможность работать под высокой нагрузкой |
| Внедрение зависимостей от компонентов, связанных с модулями и модульностью в целом | Нисходящая привязка данных, что означает, что с этим типом потока данных дочерние элементы не могут влиять на родительские данные |

Таблица 5

Минусы Angular 5 и React

| Angular 5 | React |
|--|--|
| Достаточно сложный синтаксис, в основу которого положена первая версия Angular | Нет легкодоступной документации, т.к. разрабатывался ReactJS очень быстро |
| Могут возникнуть проблемы при переходе от старой версии к более новой | Долгое время обучения. React JS требует глубоких знаний о том, как использовать инфраструктуру MVC |

Заключение

Исходя из сравнения производительности AngularJS и React, можно сделать вывод о том, что React не уступает AngularJS по скорости выполнения операций с DOM-узлами, и основное отличие заключается в архитектуре приложения. AngularJS представляет собой реализацию паттерна MVVM, React же ставит View на первое место, его основная цель – это рендеринг данных, а остальные компоненты он оставляет на усмотрение разработчика. В силу такого подхода вполне можно объединить

в одном приложении AngularJS и React для повышения производительности проблемных компонентов.

Список литературы

1. Натальченко И.А. Анализ механизмов передачи крупных массивов данных через сеть интернет с помощью технологии веб-сервиса // Инженерный вестник Дона. 2008. № 4 [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2008/98 (дата обращения: 17.01.2020).
2. Прошчаева А.А., Синелобова С.В. Обзор программного обеспечения для построения распределенных веб систем // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_130_proshchaeva_sinelobova.pdf. (дата обращения: 17.01.2020).

3. Разработка одностраничных клиентских приложений для CRM-систем. 1 часть. [Электронный ресурс]. URL: habr.com/companu/qbs/blog/243545 (дата обращения: 17.01.2020).
4. Бондаренко С.О. Современные интерактивные веб-приложения – построение пользовательского интерфейса с React // Вестник науки и образования. 2018. № 5 (41). С. 46-48.
5. Карышев А.А., Афанасьев В.Р. Разработка web-сервиса для авто-матизированной генерации документов на основе досх-шаблонов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. № 5. С. 47–54.
6. Клочков Д.В. Общие компоненты при кроссплатформенной разработке для web-и мобильных приложений с использованием react и react-native // Молодой ученый. 2018. № 36. С. 1–5.
7. Скороходов И.С., Тихомирова А.Н. Исследование и сравнение современных реализаций Flux-архитектур разработки веб-приложений // Наука, техника и образование. 2016. № 6 (24). С. 290–297.
8. ReactJS vs Angular5 vs Vue.js-What to choose in 2018? [Электронный ресурс]. URL: medium.com/@TechMagic/reactjs-vs-angular5-vs-vue-js-what-to-choose-in-2018-b91e-028fa91d (дата обращения: 17.01.2020).
9. Results for js web frameworks benchmark – round 6. [Электронный ресурс]. URL: stefankrause.net/js-frameworks-benchmark6/webdriver-ts-results/table.html (дата обращения: 17.01.2020).