

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет электронно-информационных систем**

**ЦИФРОВАЯ СРЕДА:
ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

ДЕТР 2022

**Сборник материалов
международной научно-практической конференции**

Брест 2022

УДК 681.5:004(08)

ББК 16

Ц 75

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Шалобыта Н. Н. – проректор по научной работе, к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора:

Лебедь С.Ф. – декан факультета электронно-информационных систем, к.ф.-м.н., доцент

Члены редколлегии:

Разумейчик В.С. – заместитель декана факультета электронно-информационных систем, к.т.н.

Дереченник С.С. – заведующий кафедрой электронных вычислительных машин и систем, к.т.н., доцент

Емельянов В.А. – д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси

Петров Д.О. – доцент кафедры электронных вычислительных машин и систем, к.т.н.

Ц 75

Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября 2022 г. / Редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2022. –156 с. :

ISBN 978-985-493-570-6.

В сборнике опубликованы материалы докладов, представленных на Международной научно-практической конференции «Цифровая среда: технологии и перспективы». Авторами рассматриваются вопросы моделирования сложных систем и физических процессов, биометрические технологии и средства человеко-машинного взаимодействия, интеллектуальные технологии обработки данных и прогнозирования, интеллектуальные встроенные системы, а также информационные технологии в системах дистанционного обучения и поддержки учебного процесса.

Материалы одобрены оргкомитетом и публикуются с учетом того, что авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены при соблюдении требований к оформлению материалов.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области электронных систем и технологий. Представленные материалы могут представлять интерес для ученых, инженеров, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей. Сборник индексируется в РИНЦ.

УДК 681.5:004(08)

ББК 16

ISBN 978-985-493-570-6

© Издательство БрГТУ, 2022

**Секция 1. Интеллектуальные технологии обработки данных
и прогнозирования. Анализ и моделирование сложных систем
и физических процессов**

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРЯДКОВЫХ СТАТИСТИК В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	
С.С. Дереченник.....	7
УПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТЬЮ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР ШУМОВЫХ ДИОДОВ	
В.В. Буслюк, В.А. Емельянов, С.С. Дереченник.....	13
РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ	
С.Ф. Лебедь.....	17
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ СИГМОИДАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ В АРХИТЕКТУРЕ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	
Ю.В. Савицкий.....	24
ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТО- СПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ	
Г.Д. Какальева.....	28
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	
Х.Д. Язханова.....	32
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСА ВАЛЮТ СРЕДСТВАМИ БИБЛИОТЕКИ PROPHET ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ R	
Н.В. Семенчук, И.А. Пугач, Е.В. Банюкевич.....	36
РАСПРАЦОЎКА МЕТОДЫКІ ВЪЗНАЧЭННЯ ЎЗРОЎНЮ ПАЖАРНАЙ НЕБЯСПЕКІ ЛЯСОЎ З ВЫКАРЫСТАННЕМ АЭРАКАСМІЧНЫХ ЗДЫМКАЎ	
А.К. Лабоха.....	40
МОДИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА	
Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть.....	44
ПАДЫХОД ДА АЦЭНКІ САЦЫЯЛЬНА-ЭКАНАМІЧНЫХ РЫЗЫК, ПРЫЧЫНАЙ ЯКІХ З'ЯЎЛЯЕЦЦА РАЧНАЯ ПАВОДКА	
А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, Д.А. Пятроў, М.М. Шэшка.....	47
КЛЕТКАВЫ АЎТАМАТ ДЛЯ МАДЭЛЯВАННЯ ДАЖДЖАВОГА СЦЁКУ	
А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, Д.А. Пятроў, М.М. Шэшка.....	51
АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ ХВОСТОВЫХ ЧАСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН НАГРУЗКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ	
С.С. Дереченник, Н.Н. Мешечек.....	57
ПРЕИМУЩЕСТВА ФРЕЙМВОРКА PLAYWRIGHT ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ	
Д.С. Жукович.....	60

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Л.Михняев, А.В.Пархоць, И.В.Абоимов, Д.А.Дворанинович..... 62

A COMPARISON OF THE COVID-19 MACHINE LEARNING AUTOMATION MODEL AND SPSS TIME SERIES

Hongxu Zhu, D.O. Petrov 65

Секция 2. Инновационные средства представления информационного контента. Электронные информационные технологии в системах дистанционного обучения и поддержки учебного процесса

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ ЗАКУПОК ДЛЯ ИТ-КОМПАНИИ

С.А. Зайкова..... 72

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЕМ

Б.М. Иванов, О.Г. Атдаева 74

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Н. Купо, С.А. Лукашевич..... 77

О РАЗРАБОТКЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ

С.В.Мухов, Г.Л.Муравьев, С.И.Парфомук, Ю.В.Савицкий..... 80

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Н.Н. Ворсин, Т.Л. Кушнер 83

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ CRM SALESFORCE ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВХОДЯЩИХ ЗАПИСЕЙ СРЕДИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

И.О. Семинский, А.О. Семинский..... 87

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

В.И. Зеброва 91

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АНАЛИЗЕ РАБОТ ХУДОЖНИКОВ ПОРТРЕТИСТОВ

К.А. Екимова, И.В. Акиншева 93

ПРЕПОДАВАНИЕ КОНТЕЙНЕРНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ И ОСНОВ ОРКЕСТРАТОРА КОНТЕЙНЕРОВ KUBERNETES: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Д.А. Костюк..... 97

ТЕХНИКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Ю. Савицкая 100

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.А. Муха, В.М. Горбач, Е.Г. Беликова 103

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ERP-СИСТЕМ В ВУЗЕ

И.Н. Аверина, П.А. Федосюк..... 107

RESEARCH ON DIGITAL CAMPUS INFORMATION SERVICE SYSTEM BASED ON CRM CONCEPT	
Hongxu Zhu, V.S. Razumeichik	111
СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО КОНТЕНТА	
И.В. Черноокий.....	115

Секция 3. Интеллектуальные встроенные системы и робототехника, средства компьютерного зрения, биометрические технологии. Системное и прикладное программное обеспечение, технологии и средства человеко-машинного взаимодействия

«HomeMODE» – МОДУЛЬНАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»	
И.В. Шанюкевич, Е.Д. Курганов.....	120
DEVELOPMENT OF A BIOMETRIC VERIFICATION SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF AIRPORT PASSENGERS	
Y.H.N. AL-Ajeely.....	124
О ПРИМЕНИМОСТИ АЙТРЕКЕРОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СЕГМЕНТА В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧАХ	
Л.И. Давыдюк, Д.А. Костюк, А.А. Маркина	127
КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТИПА «ПЕРЧАТКА» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КИСТИ РУКИ В ПРОСТРАНСТВЕ	
И.Д. Козик, Ю.В. Савицкий	131
СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
А.В. Лютыч	136
APPLYING KALMAN FILTER FOR THE TASK OF THE BIOMETRIC DATA TIME SERIES UNIFICATION	
А.А. Shulgan	140
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕИНВАЗИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ГЛЮКОМЕТРИИ	
А.И. Дыдик, В.С. Разумейчик.....	143
BALANCE THERAPY GAMIFICATION BASED ON STABILOTRAINER WITH MOBILE ACCESS	
А.V. Lyutyich	148
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПОСРЕДСТВОМ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА	
Е.В. Швецова, В.Н. Шуть, Е.Е. Пролиско.....	150

Секция 1

**Интеллектуальные технологии обработки данных
и прогнозирования. Анализ и моделирование сложных
систем и физических процессов**

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРЯДКОВЫХ СТАТИСТИК В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С.С. Дереченник

Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, sm@brest.by

The problems of analytical calculation of the technical objects reliability by the limit state method at all stages of the object's life cycle (design, creation, operation) are considered. The fundamental shortcomings of the statistical analysis traditional (parametric) methods are shown for the problems of estimating extremely high values of an external load random variable and small values of element resistance from the empirical data of small or extremely small volume samples. They come from the discrepancy between the random physical quantities empirical distributions and the generally accepted distribution models: the normal (Gaussian) and related (lognormal, Gumbel) ones. As an alternative, the use of order (non-parametric) statistics with the robustness property is proposed. Their use is known in the tasks of processing telemetry data or radio signals, for example, in navigation; however, the position and scale parameters of a random variable are usually estimated in terms of average values and standard deviations. However, for reliability problems, it is necessary to estimate the distribution quantiles of a very low or, conversely, high order, and for this, original procedures for data approximation and dependence extrapolation have been created. Examples of the order statistics effective usage are given as applied to problems of controlling the strength of building materials (concrete) and predicting climatic loads on buildings and structures.

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 27.301-95, исходными данными для расчета надежности технического объекта могут быть [1]:

– оценки показателей надежности (параметры законов распределения характеристик надежности) и параметров примененных в объекте материалов, полученные экспериментальным или расчетным способом непосредственно в процессе разработки (изготовления, эксплуатации) объекта и его составных частей;

– расчетные и/или экспериментальные оценки параметров нагруженности примененных в объекте составных частей и элементов конструкции.

Известно, что надежность объектов при внезапных механических отказах определяется риском потери несущей способности элементов технических систем. Причиной внезапного квазистатического разрушения элемента являются механические напряжения, возникающие в элементе при его кратковременном экстремальном нагружении.

Функционирование реальных физических объектов содержит в себе элементы случайности. С одной стороны, она проявляется в локальных неоднородностях структуры и состава материалов, изменчивости технологических условий обработки, разбросе размеров изделий. С другой стороны, наблюдается стоха-

стичность условий функционирования объекта, связанная со случайными проявлениями воздействий окружающей среды.

Одна из наиболее распространенных моделей надежности основана на методе предельного состояния, в которой на элементы объекта со случайными, но фиксированными во времени, значениями несущей способности (сопротивления) воздействует поток независимых случайных нагрузок. Вероятность внезапного разрушения в такой модели определяется вероятностью отрицательных значений функции состояния, определяемой как разность между случайными величинами сопротивления элемента и действующей нагрузки. Характеристики прочности примененных в конструкции материалов, а также параметры нагруженности (собственный вес конструкции, а также внешние нагрузки, в том числе обусловленные климатическими воздействиями) являются основными базисными переменными функции состояния.

Задачи аналитического расчета, а также прогнозирования надежности объектов, как частного случая расчета на основе статистических моделей, решают на всех стадиях жизненного цикла объекта, а именно – при проектировании, создании, а также в процессе эксплуатации.

Возможности аналитического решения задач надежности с применением указанной выше модели ограничены, в первую очередь, заданием вполне определенных (параметрических) законов распределения входящих базисных переменных, как случайных величин. Как правило, для описания переменных сопротивления элементов используют нормальное и логнормальное вероятностные распределения, а для переменных нагружения – нормальное (для основной, постоянно действующей нагрузки, определяемой, в первую очередь, весом элементов конструкции) и распределение Гумбеля (для экстремальных значений переменной нагрузка). Такой подход отчасти оправдан *на стадии проектирования* объектов, когда не существует ни объекта, ни его элементов, следовательно, несущие свойства элементов могут быть описаны лишь гипотетически. Модель может быть адекватной при условии изготовления элементов по заданной технологии из материалов с необходимыми свойствами, а правильно возведенные конструкции будут подвергаться экстремальным воздействиям в соответствии со статистически заданными условиями.

Однако уже *на стадии создания (возведения)* конкретного объекта несущие свойства каждого из его элементов определяются фактическими характеристиками прочности материала, произведенного конкретным производителем в некоторых условиях. Эти характеристики принадлежат лишь некоторой ограниченной выборке из генеральной (гипотетически бесконечной) совокупности, поэтому их описание может быть исключительно статистическим, но не вероятностным.

На *стадии эксплуатации* реально существующего объекта возникают дополнительные проблемы оценивания надежности, связанные как с очень малым объемом выборки данных прямых измерений прочности (менее пяти результатов), так и с изменением статистики экстремальных внешних (климатических) нагрузок при длительных сроках эксплуатации.

Таким образом, задачи прогнозирования надежности на стадиях возведения и эксплуатации, а также отчасти и на стадии проектирования, следует решать на основе статистических моделей.

Большинство характеристик материала, например, прочность, следует рассматривать как непрерывную случайную величину. В настоящее время в теории и практике анализа прочности материалов наибольшее распространение получил подход, основанный на принятии, для описания генеральной совокупности случайной величины, параметрической вероятностной модели, в первую очередь нормальной или логарифмически нормальной (логнормальной). Конечно, это обусловлено тем, что именно для нормального распределения случайной величины (или ее логарифма – в случае логнормального распределения) построены наиболее полные теории статистического анализа и статистического вывода.

Однако, как утверждал английский статистик Ф.Анскомб (1918-2001): «Единственным основанием для повсеместного использования процедур нормальной теории является убежденность некоторых статистиков в том, что предположение нормальности слишком удобно, чтобы не быть правильным». Многие исследователи в самых различных технических областях давно отмечали, что реальные инженерные данные далеко не всегда можно рассматривать как выборки из абстрактной генеральной совокупности с нормальным распределением. В частности, реальные выборки могут оказаться смесью нескольких распределений, иметь распределения с т.н. «утяжеленными» хвостами (в области экстремально малых и/или экстремально больших значений) и т.д. Стало уже популярным приводить в пример великого математика А.Пуанкаре, который в своем труде «Исчисление вероятностей» (Париж, 1912 г.) цитирует ироничное высказывание статистика Липмана: «Каждый уверен в справедливости нормального закона: экспериментаторы – потому, что они думают, что это математическая теорема; математики – потому, что они думают, что это экспериментальный факт».

Действительно, именно центральные предельные теоремы (ЦПТ) теории вероятностей утверждают, что сумма достаточно большого количества слабо зависящих случайных величин, имеющих примерно одинаковые масштабы (ни одно из слагаемых не доминирует, не вносит в сумму определяющего вклада), распределена асимптотически нормально. При этом классическая ЦПТ подразумевает также и одинаковость распределений слагаемых (но «взамен» не налагает требования одинаковости их масштаба). Однако применительно, по крайней мере, к характеристикам, рассматриваемым при проектировании строительных конструкций, практически выполняется разве что требование ЦПТ о независимости переменных. Так, например, при расчете несущей способности простейшего типового элемента конструкции – железобетонной колонны используется соотношение с одной детерминированной и четырьмя случайными базовыми переменными: $R = bh \cdot f_c + \rho \cdot bh \cdot f_y$, где b и h – соответственно, ширина и высота поперечного сечения колонны; f_c и f_y – прочность на сжатие, соответственно, бетона и металла арматуры; ρ – коэффициент армирования колонны (детерминированная переменная). В данном примере число случайных переменных невелико, операций произведения больше, чем операций суммирования, а масштаб двух слагаемых весьма различен (например, $f_y = (10 \div 15)f_c$ при $\rho < 0.01$). При определении базовых переменных обычно принимают различные исходные распределения: нормальное – для геометрических характеристик, нормальное либо логнормальное – для прочности бетона, логнормальное – для

прочности арматуры. На каком основании следует ожидать, что итоговая случайная величина несущей способности R будет нормально распределенной?

В большинстве случаев анализа эмпирических данных вид функции распределения случайной величины априори неизвестен. Насколько правомерно «принудительно» назначать переменным прочности конкретные вероятностные распределения?

Определение фактических характеристик прочности применительно к некоторым строительным материалам имеет важные особенности. Так, непосредственное определение прочности бетона возможно с использованием прямых (разрушающих) измерений: образцов-спутников на стадии производства, либо образцов, выбуренных из существующей конструкции. При этом объем реальных эмпирических данных (выборка измерений) ограничен, и его следует считать *малым* (менее 10-15 результатов в условиях начального производства бетона, характерных для действующего состояния отечественной строительной отрасли) либо *очень малым* (менее 5 результатов при обследовании существующей конструкции). Следует также отметить, что на стадии производства прочность образцов-спутников измеряют лишь после их твердения (через 28 суток), т.е. уже после применения материала для изготовления элементов конструкции, что не соответствует классическим представлениям о входном контроле качества материалов (а именно: отбраковка некачественного материала в прямом смысле этого слова невозможна). Достаточно ли адекватны известные процедуры проверки гипотез о вероятностных распределениях, основанные на известных критериях согласия, применительно к эмпирическим данным с объемом выборки $N=3\dots 10$? Насколько значимым будет такой статистический вывод?

Даже если выборки будут иметь большой объем, в теории проверки гипотез имеется одно важное обстоятельство, на которое обычно не обращают должного внимания: любые известные критерии согласия не в состоянии *подтвердить* никакую основную гипотезу! С точки зрения грамотного статистического вывода, они позволяют, на заданном уровне значимости, только лишь отвергнуть основную гипотезу (в пользу альтернативной) либо ее *не отвергать* (что отнюдь не тождественно «подтверждению»). Строго говоря, получив результат «гипотеза не может быть отвергнута», следует переходить к проверке следующих основных гипотез – о согласии эмпирических данных – также и с другими известными распределениями. Какое из распределений выбрать, если результат «гипотеза не может быть отвергнута» будет получен в отношении нескольких различных основных гипотез?

Помимо того, что искомая функция распределения необязательно принадлежит известным классическим видам, неочевидна сама необходимость ее идентификации. Во-первых, любая известная функция распределения вероятности относится к генеральной совокупности, т.е. гипотетически бесконечной выборке, а потому является лишь математической моделью, в той или иной степени приближенная к реальности – выборке данных ограниченного объема. Во-вторых, проектирование конструкций осуществляется в том или ином формате безопасности, исходя из достижения некоторой заданной надежности при эксплуатации. Современные требования безопасности подразумевают очень малые величины расчетной вероятности отказа (например, 10^{-6} за 50 лет экс-

плуатации), которым соответствуют малые величины несущей способности конструкции, а, следовательно – и низкие (минимально обеспеченные на некотором уровне значимости) значения прочности материалов. Такие значения прочности, как известно, образуют «левый хвост» любого распределения. Если типичные (например, средние) α , тем более, высокие значения прочности заведомо соответствуют безотказному состоянию конструкции, то для чего вообще определять вид и параметры функции распределения этих величин в самом вероятном диапазоне (области среднего или моды) и на «правом хвосте» распределения? Насколько эффективны вообще методы параметрической статистики в такой постановке задачи?

И наконец, возвращаясь ко второй части цитаты А.Пуанкаре: реальные эмпирические данные физических измерений чаще всего весьма заметно отличаются от пресловутой «нормальности» (уместно упомянуть также и о конечной точности измерительных приборов, и об округлении результатов). Вряд ли корректно в такой ситуации изменять уровень значимости (в сторону снижения доверительной вероятности) с целью получить «подтверждение (?)» (см. выше) нормальности. Существует, однако, статистическая процедура «проверки на выбросы» с целью возможного отбрасывания сильно отличающихся (как правило, в меньшую сторону) значений прочности. Не говоря уже о том, что общеизвестный (классический) вариант такой процедуры относится опять же к нормальному закону распределения, насколько правомерно отбрасывать «плохие» результаты, которые вполне могут оказаться принадлежащими как раз «левому хвосту» неизвестного, фактически имеющего место (но не нормального) распределения?

Поставленные в последних шести абзацах вопросы не являются исчерпывающими (можно упомянуть, например, также и часто встречающееся смешение интервальных и точечных процедур статистических оценивания), однако и они слишком серьезны, чтобы игнорировать их в условиях современных требований к надежности и безопасности конструкций и сооружений. Однако большинство как отечественных, так и зарубежных нормативных документов в области проектирования и обследования конструкций практически безальтернативно базируются на методах параметрической статистики и на процедурах, прямо вытекающих из априорных предположений о нормальном (в крайнем случае, логнормальном) распределении базовых переменных прочности материалов.

Конечно, подобные вопросы и сомнения существовали практически с самого начала развития статистики, и наши утверждения о некорректности непосредственного использования теорем теории вероятности (например, класса ЦПТ), относящихся к гипотетически бесконечным совокупностям, применительно к математической статистике ограниченных выборок эмпирических данных, не так уж и оригинальны. Уже в середине XX века возникла непараметрическая (порядковая) статистика [2], которая отказывается от всяких предположений о конкретном виде закона распределения и может быть эффективно использована в ряде задач взамен классических моделей. Часть исследователей, однако, считала неприемлемым полное игнорирование параметрических моделей, в связи с этим ими были предложены, как некое компромиссное решение, робастные методы обработки данных [3] (*англ.* robust – грубый, сильный, крепкий), обладающие малой чувствительностью к различным отклонениям дей-

ствительных вероятностных характеристик от идеальных моделей. Бурно развивающиеся робастные статистики, однако, в значительной мере базируются на использовании тех же непараметрических схем анализа данных.

Непараметрические и порядковые статистики давно и успешно применяются в ряде высокотехнологичных отраслей, в частности радиотехнике, электросвязи, электронике и вычислительной технике. Оценки, основанные на линейных комбинациях порядковых статистик, использовались для обработки (сжатия объема) больших потоков телеметрических данных, передаваемых на Землю с борта космических кораблей [4]. Робастные процедуры, включая и непараметрические, использованы при обработке радиосигналов (сглаживание информации, калибровка аппаратуры) в условиях помех для решения задач навигационного обеспечения морских и воздушных объектов [5].

В приведенных примерах используются эффективные, но и весьма трудоемкие алгоритмы обработки больших потоков данных в режиме реального времени, которые реализуются на быстродействующих ЭВМ. Однако большинство известных успешных примеров применения непараметрических методов статистики относятся опять-таки к оцениванию некоторых типичных значений случайной величины (например, медианы и интерквартильного размаха как оценок, соответственно, параметров положения и масштаба распределения). Обратим внимание, что названные оценки аналогичны классическим: среднему (как оценке математического ожидания) и стандартному отклонению (как оценке среднеквадратического отклонения).

Такие алгоритмы вряд ли применимы в инженерной практике обеспечения надежности технических объектов, например, проектирования новых и обследования существующих строительных конструкций. При неизвестном (произвольном) распределении эмпирических данных ни среднее и стандартное отклонение, ни медиана и интерквартильный размах не позволят адекватно оценить «хвосты» распределений, т.е. определить квантили низкого/высокого и очень низкого/высокого уровней с необходимой обеспеченностью (доверительной вероятностью). В связи с этим созданы новые, основанные на непараметрических статистиках, методы и процедуры статистического оценивания прочности материалов на «левых хвостах» эмпирических распределений случайной величины, а также прогнозирования экстремальных переменных нагрузок, соответственно, на «правых хвостах» эмпирических распределений случайной величины. Такие процедуры весьма просты в вычислительном отношении и эффективны в смысле обеспечения качества материалов и надежности элементов конструкций.

Ранее нами успешно применялся основанный на порядковых статистиках подход в задаче оценивания экстремальных значений климатических факторов непосредственно (т.е. без вычисления средних и стандартных отклонений) на «правых хвостах» т.н. «степенных» распределений. Исходными данными выступали эмпирические ряды климатических наблюдений ежегодных максимумов снеговой нагрузки на поверхности Земли, а в качестве порядковых статистик принимались сравнительно редкие экстремальные значения [6]. Эффективность непараметрических процедур с порядковыми статистиками показана также применительно к оцениванию характеристической (гарантированной) прочности бетона на сжатие в случае малого (не более 15) количества результа-

тов эмпирических испытаний как в задачах контроля качества выпускаемого бетона [7], так и в задачах оценивания его фактической прочности в уже существующих и эксплуатируемых конструкциях [8]. Получаемые при этом результаты имеют известную (и заранее назначаемую) статистическую обеспеченность (достоверность, доверительную вероятность). Эта важная особенность позволила, например, в задаче анализа надежности эксплуатируемых строительных конструкций предложить новый, основанный на понятии «средней конструкционной надежности», подход к определению требуемого уровня достоверности [9].

Список использованных источников

1. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения : ГОСТ 27.301-95. – Взамен ГОСТ 27.410-87; введ. 01.01.1997. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. – 19 с.
2. David, H.A. Order statistics, 2nd ed. – John Wiley & Sons, New York, 1981. – 360 p.
3. Робастность в статистике. Подход на основе функций влияния: пер. с англ. / Ф.Хампель, [и др.]. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
4. Микро-ЭВМ в информационно-измерительных системах / С.М.Переверткин, [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 248 с.
5. Робастные методы статистического анализа навигационной информации / ред.: А.К.Крытова. – Ленинград: ЦНИИ «Румб», 1985. – 205 с. – (Отраслевая система НТИ).
6. Тур, В.В. Нормирование снеговых нагрузок для территории Республики Беларусь / В.В.Тур, [и др.] // Строительная наука и техника. – 2008, № 2 (17). – С. 27-45.
7. Тур, В.В. Новый критерий для оценивания прочности бетона в условиях ограниченной выборки результатов испытаний / В.В.Тур, С.С.Дереченник // Строительство и реконструкция. – 2016, № 6 (68). – С. 71-84.
8. Tur, V.V. Assessment of the Concrete Compressive Strength in Existing Structures Based on Core Test Results / V.V.Tur, S.S.Derechennik // Solid State Phenomena. – 2018. – Vol. 272. – P. 238-243.
9. Tur, V.V. Non-Parametric Evaluation of the Characteristic In-Situ Concrete Compressive Strength of Concrete / V.V.Tur, S.S.Derechennik // Journal of Building Engineering 27 (2020) 100938. – P. 1-11.

УДК 621.382.2:[621.315.592.3+620.192.63]

УПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТЬЮ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР ШУМОВЫХ ДИОДОВ

В.В. Буслюк¹, В.А. Емельянов², С.С. Дереченник¹

¹ Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, b_viktor@tut.by, cm@bstu.by

² ОАО «Интеграл», Минск, Беларусь, emeljanov@bk.ru

The types of defects in noise diode (ND) structures have been experimentally established, which mainly affect their noise properties. The determined energy values allow one to establish the presence of background impurities (copper and iron) and state that one of the causes of noise is the ionization of technological impurities that form the basis of microplasmas. It was found that the highest yield of suitable ND can be achieved by purposefully creating dislocations in the substrate by making parallel

reflow zones on the back side of the plate by a laser, followed by annealing the structures. It has been shown that annealing of ND, combined with sealing in the presence of nitrogen and oxygen, reduces the concentration of electrically active impurity atoms, which increases the concentration of thermal donors and leads to the formation of stable precipitates of silicon with oxygen. As a result, the spectral density of noise increases with a significant (more than 1,7 times) reduces its unevenness. In addition, the variation of the basic electrophysical parameters of ND is 1,3–2 times smaller.

Современный уровень развития систем защиты информации характеризуется постоянным совершенствованием технических методов и программных алгоритмов и не представляется без применения источников физического шума для аппаратно-программных средств формирования случайных числовых последовательностей (СПЧ). СПЧ используются в криптографии, а также находят применение в бурно развивающемся игровой индустрии (игровые автоматы, компьютерные игры, онлайн-казино). Состоятельность СЧП, а значит и случайность результата игры или криптостойкость системы определяется, в том числе, энтропией сигнала. Таким образом, для всех этих задач качество физического источника шума имеет определяющее значение.

Используемые в таких системах твердотельные приборы, в частности, кремниевые шумовые диоды (ШД), должны обеспечивать получение шумового сигнала, оптимального по амплитудным, частотным и статистическим характеристикам. В связи с тем, что шумовые свойства полупроводниковых приборов зависят от состава и постоянства дефектно-примесной структуры, инженерия дефектов позволяет управлять их электрическими параметрами в некотором диапазоне [1]. Поэтому актуальными представляются исследования методов управления дефектностью высоколегированных кремниевых структур и разработка на этой основе способов управления уровнем структурных дефектов этих структур для улучшения электрических и статистических свойств ШД.

Объектом исследования выбраны высоколегированные кремниевые слои, *p-n*-переходы и структуры ШД (диодов-генераторов шума ND102–ND201 и шумовых модулей, разработанных на их основе).

Современные ШД, как правило, производятся по планарной технологии с легированием методом диффузии. Топология типовой структуры близка к топологии низковольтных стабилитронов, работающих в режиме лавинного пробоя, однако имеет ряд отличий, главные из которых – малая (до 500 мкм²) площадь *p-n*-перехода, а также низкое (0,015–0,005 Ом·см) удельное сопротивление сильнолегированных ($N_A \sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$, $N_D \sim 10^{20} \text{ см}^{-3}$) слоев. Основу структуры образует подложка типа КДБ, в которую последовательно проводятся две селективные диффузии фосфора для формирования *p-n*-переходов: кольцевого (защитного) глубиной 6–8 мкм с напряжением пробоя 12 В, и центрального (рабочего) глубиной 1–2 мкм с напряжением пробоя около 9 В. К рабочей области формируется планарный пленочный контакт Si-V/Ag. Особенности технологии формирования исследуемой структуры являются: длительные высокотемпературные (1050°C и 900°C) воздействия при диффузии, низкотемпературное (320°C) напыление пленки планарного контакта, среднетемпературное (450...600°C) воздействие при герметизации кристалла в корпус.

В ходе исследований установлены основные технологические операции, преимущественно влияющие на уровень дефектности структур, которые представлены на рисунке 1. Выполнено моделирование диффузии для основного и охрannого p - n -переходов, а также экспериментальные исследования поверхностной плотности дислокаций в подложке, температурных зависимостей электрических характеристик p - n -перехода и параметров шумового сигнала диода в различных токовых режимах [2, 3], в ходе которых установлена зависимость электрофизических параметров от дефектности структур.

Поэтому предметом исследования явились дефекты, включая примеси, в слоях p - n -перехода шумовых диодов, электрофизические свойства структур и электрические параметры диодов, а также статистические свойства шумового сигнала. Целью исследования является установление закономерностей влияния дефектов в высоколегированных кремниевых структурах на электрофизические параметры шумовых полупроводниковых диодов и создание технологии формирования и стабилизации дефектно-примесного ансамбля для улучшения этих параметров.

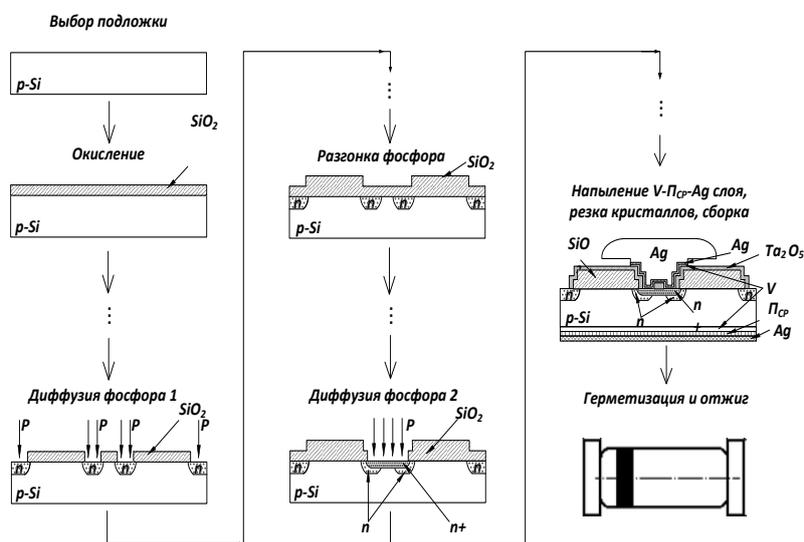


Рисунок 1 – Основные технологические операции, преимущественно влияющие на уровень дефектности структур

Низкое удельное сопротивление кремниевых подложек обусловлено высокой концентрацией легирующих примесей, что определяет существование дислокаций с поверхностной плотностью до 100 см^{-2} . На основе анализа ВФХ и ВАХ в режимах прямого и обратного включения, при положительных и отрицательных температурах, с учетом масс-спектров вторичных ионов, установлены виды дефектов в структуре ШД, преимущественно влияющих на их шумовые свойства. Для кремниевых ШД с цилиндрическими p - n -переходами малого (около 15 мкм) диаметра на подложках p -типа с ориентацией (111) и удельным электрическим сопротивлением $0,03 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ (ШД ND102–ND104) и $0,0035 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ (ШД ND201), энергии активации дефектов лежат в интервале $(0,45 \pm 0,03) \text{ эВ}$. Эти значения энергии позволяют идентифицировать наличие фоновых технологических примесей меди и железа, ионизация которых, в том числе, приводит к возникновению микроплазменного шума [2, 3]. Равномерное и устойчивое распределение технологических примесей по объему p - n -перехода кристалла ШД является необходимым условием квазистационарности шума.

В связи с этим предложена технология создания дефектов в полупроводниковых кремниевых пластинах оптимальной кристаллографической ориентации, используемых для ШД [4]. Сущность данной технологии состоит в том, что стабильная дислокационная структура в зоне p - n -перехода достигается эффективным управлением распределения неконтролируемых примесей. Процесс оплавления локальных зон производится с обратной стороны пластин кремния (111) или (001) в азотной среде с помощью лазерного пучка с длиной волны 1,064 мкм и мощностью порядка 100 Вт с последующим высокотемпературным отжигом при окислении и прорастанием дислокаций на планарную сторону пластины. Равномерное их распределение по объему p - n -перехода кристалла обеспечивается за счет сформированных дефектов структуры с образованием Si_3N_4 . Установлено, что наибольшего выхода годных ШД можно достичь при выполнении параллельных зон оплавления шириной 10–100 мкм с шагом в 1,5...5 раз большим диаметра, с последующей делокализацией дислокационной структуры в активную область при температуре 1200°C в течение не менее 2,5 ч. Обеспечение стабильности и равномерности дефектов в зоне p - n -перехода ШД за счет предложенной технологии позволяет увеличить на 3–5 % выход годных изделий по сравнению с образцами, не подвергнутыми воздействию лазера [5].

Для стабилизации достигнутого уровня дефектов разработана совмещенная технология герметизации и отжига готовых полупроводниковых структур и кристаллов ШД. Схема совмещения герметизации и отжига диодов представлена на рисунке 2. Технологический маршрут изготовления шумового диода включает три стадии: нагрев до температуры 600°C, изотермическую стадию и охлаждение до температуры 250°C с общим временем герметизации 170–200 мин, обеспечивающий совмещенный отжиг высоко-легированной структуры диода при температуре 450–600°C в течение (80±3) мин с нагревом со скоростью 4–7°C/мин, изотермической стадией при температуре (598±2)°C в течение (19±1) мин и охлаждением со скоростью 3,8–5,0°C/мин.



Рисунок 2 – Схема совмещения герметизации и отжига ШД

В сильнолегированных структурах при отжиге в диапазоне температур 450–600°C, как известно, происходит рост концентрации термодоноров кислорода, азота и межузельных атомов кремния. Значительное содержание ионов кислорода в области p - n -перехода кристалла позволяет констатировать, что в результате отжига происходит внутреннее геттерирование остаточных точечных дефектов и дислокаций на преципитатах SiO_x . Нами показано, что отжиг кристаллов и готовых ШД на финишных операциях в предложенном температурно-временном режиме является эффективным методом стабилизации шумовых параметров и обеспечивает повышение спектральной плотности шума и значительное (более чем в 1,7 раза) снижение ее неравномерности. Важнейшим результатом такого отжига является снижение разброса значений исследуемых параметров шума: по $U_{эф}$ – на 61,2 %, по S_U – на 34,2 %, по $f_{гр}$ – на 34,9 %, по

δS_U – на 25,9 % [6]. Это позволяет улучшить качество случайных числовых последовательностей в программно-аппаратных комплексах защиты информации.

Предложенная технология апробирована и внедрена в производство ШД. Для оценки качества ШД были разработаны и реализованы измерительные схемы и алгоритмы цифровой обработки шумовых сигналов. Это подтвердило состоятельность разработанных технологических методов как для дискретных ШД, так и для аналого-цифровых шумовых модулей [7].

Список использованных источников

1. Грехов И. В., Сержкин Ю. Н. Лавинный пробой p - n -перехода в полупроводниках. – Л., 1980.
2. Электрофизические параметры генераторных диодов для создания широкополосного шума / В. В. Буслюк, И. Ю. Нерода, А. Н. Петлицкий, В. С. Просолович, Ю. Н. Янковский, Р. А. Лановский // Журнал Белорус. гос. ун-та. Физика. – 2017. – № 1. – С. 95–99.
3. Physical Parameters of the Broadband Noise-Generator Diodes / V. V. Buslyuk, V. B. Odzhayev, A. K. Panfilenko, A. N. Petlitsky, V. S. Prosolovich, V. A. Filipyenyay, Yu. N. Yankovsky // Russian Microelectronics. – 2020. – Vol. 49, № 4. – P. 295–301.
4. Буслюк, В. В. Технология кремниевых диодов генераторов шума / В. В. Буслюк // Электроника НТБ. – 2021. – № 4. – С. 136–138.
5. Формирование стабильной дефектной структуры в кремниевых диодах генераторов шума / В. В. Емельянов, В. А. Емельянов, В. В. Баранов, В. В. Буслюк // Весці НАН Беларусі. Сер. Фізіка-тэхнічных навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 145–153.
6. Стабилизация шумовых параметров при отжиге высоколегированных структур диодов-генераторов шума / В. В. Буслюк, В. А. Емельянов, В. В. Баранов, С. С. Дереченник, В. С. Просолович // Доклады БГУИР. – 2021. – Т. 19, № 6. – С. 32–41.
7. Особенности формирования и факторы качества случайных сигналов специализированного шумового модуля / В. В. Буслюк, С. С. Дереченник, И. В. Лешкевич, В. С. Разумейчик, И. А. Пешко // Электроника инфо. – 2015. – № 6 (120). – С. 46–49.

УДК 519.6

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ

С.Ф. Лебедь

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

Reliability theory establishes the patterns of failures and restoration of the system and its elements, considers the influence of external and internal influences on the processes in systems, creates the basis for calculating reliability and predicting failures, seeks ways to improve reliability in the design and manufacture of systems and elements, as well as ways to maintain reliability during operation.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность функционирования технических систем (ТС) в значительной степени зависит от надежности как отдельных устройств, входящих в системы, так и элементов, обеспечивающих взаимодействие между этими устройствами.

Следует отметить, что, несмотря на значительные усилия в области повышения надежности ТС, уровень их надежности остается недостаточно высоким и не удовлетворяет все возрастающим требованиям производства. Недостаточ-

ная надежность элементов и устройств не только приводит к значительным простоям систем, но и к удорожанию стоимости их эксплуатации. Кроме того, отказы технических устройств могут привести к аварийным ситуациям (например, к отказу работы склада), последствия которых трудно представить.

Теория надёжности устанавливает закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности системы и ее элементов, рассматривает влияние внешних и внутренних воздействий на процессы в системах, создает основы расчета надежности и предсказания отказов, изыскивает способы повышения надежности при конструировании и изготовлении систем и элементов, а также способы сохранения надежности при эксплуатации [1].

Базовыми понятиями в теории надежности являются понятия *элемента, системы, компонента*.

Элемент, объект: любая часть, компонент, устройство, подсистема, функциональный модуль, оборудование или система, которая может быть рассмотрена как самостоятельная единица. Под элементом понимают часть системы, которая имеет самостоятельную характеристику надежности, используемую при расчетах надежности, и выполняет определенную частную функцию в интересах системы.

Примечание: элемент может представлять собой аппаратное средство, программное обеспечение или то, и другое. Он может, в отдельных случаях, включать людей.

Система: совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов.

С точки зрения надежности система должна иметь: определенную цель, выраженную в виде требований к функционированию системы; заданные условия эксплуатации; иерархическую структуру.

Компонент: элемент, рассматриваемый на самом низком иерархическом уровне при анализе системы.

Понятие «система» является в определенной степени условным. В зависимости от объектов исследования, от тех задач, которые поставлены перед специалистами, в понятие «система» могут попадать различные совокупности объектов. Например, в качестве систем могут рассматриваться система управления робота, мехатронный модуль, двигатель, редуктор, микросхема, резистор и т. д. В нашем случае под системой понимаем автоматизированный склад хранения сырья и готовой продукции.

Элементы, используемые в системах, можно разделить на первичные элементы и элементы, состоящие из первичных элементов.

Как правило, либо путем анализа физических процессов в элементах, либо путем проведения испытаний, либо из опыта эксплуатации определяют характеристики надежности первичных элементов. Для остальных элементов, в том числе и для систем, характеристики надежности определяются с учетом характеристик надежности первичных элементов различными расчетными методами.

Каждая группа элементов имеет свои особенности относительно надежности, что приводит к необходимости учитывать эти особенности при проведении расчетов показателей надежности.

Только в двух состояниях, исправном и работоспособном, система может выполнять свои функции. Поэтому, с позиций теории надежности все элементы и системы могут находиться в двух состояниях: работоспособном и неработо-

способном. Понятие работоспособности является одним из основных понятий теории надежности. Переход из одного состояния в другое происходит в результате событий, называемых отказом и повреждением. **Повреждение** – это событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении его работоспособного состояния. **Отказ** – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния системы.

1. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность является комплексным свойством, которое, в зависимости от назначения объекта и условий его применения, может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств. Например, для неремонтируемых объектов основным свойством является **безотказность**.

Показатель надежности (Reliability measure) – это количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

Поскольку отказы и сбои элементов являются случайными событиями, то теория вероятностей и математическая статистика являются основным аппаратом, используемым при исследовании надежности, а сами характеристики надежности должны выбираться из числа показателей, принятых в теории вероятностей.

Все показатели надежности могут определяться аналитически по формулам, полученным на основе теории вероятности, и по результатам испытаний или наблюдений, т. е. в виде статистических оценок показателей надежности, полученным на основе методов математической статистики.

Рассмотрим показатели надежности, позволяющие оценить безотказность элементов или систем. Основными показателями безотказности являются: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ.

2. ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ

Вероятность безотказной работы (Reliability function, survival function) – вероятность того, что в пределах заданной наработки на отказ (в заданном интервале времени t) отказ объекта не возникнет.

Эта характеристика связана с функцией распределения времени безотказной работы следующим соотношением:

$$P(t) = 1 - Q(t),$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы объекта;

$Q(t)$ – функция распределения времени безотказной работы, которая представляет собой вероятность появления отказа в течение времени t .

Очевидно, что $0 \leq P(t) \leq 1$, $P(0) = 1$, $P(\infty) = 0$.

Следует отметить, что функция $P(t)$ является монотонно убывающей функцией (надежность в процессе эксплуатации может только уменьшаться), а функция $Q(t)$ – монотонно возрастающей функцией.

Интенсивность отказов (Failure rate) – это условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

Иначе говоря, это условная плотность распределения времени безотказной работы для момента времени t при условии, что до момента времени t отказ объекта не произошел.

Вероятность $\lambda(t)dt$ характеризует вероятность отказа системы или элемента за интервал $(t, t+dt)$, взятых из группы элементов или систем, которые остались работоспособными к моменту времени t .

Связь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов определяется следующим равенством:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}.$$

Эта зависимость, устанавливающая связь между вероятностью безотказной работы объекта и его интенсивностью отказов, в общем виде может рассматриваться как основной закон надёжности.

Например, если $\lambda(t) = \lambda = const$, то

$$P(t) = e^{-\lambda t}.$$

Рассмотренный случай достаточно широко встречается на практике, а приведенное соотношение характеризует экспоненциальное распределение времени безотказной работы.

Средняя наработка на отказ (наработка до отказа) T представляет собой математическое ожидание наработки до первого отказа.

Таким образом, проведя элементарные расчеты, получаем, что

$$T = \frac{1}{\lambda}.$$

Для некоторых компонентов производители выкладывают данные по надежности оборудования прямо на своих сайтах, но чаще всего там вы найдете не интенсивность отказов, а наработку на отказ, известную за рубежом как MTBF - Mean time between failures. λ задается в размерности 10 в минус 6 степени отказов в час (отказов на миллион часов работы).

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

Вероятность безотказного выполнения операций при последовательном соединении элементов определяется по формуле

$$P(t) = e^{-t \cdot \sum \lambda_i n_i},$$

где $P(t)$ – вероятность безотказного выполнения операций;

λ_i – интенсивность отказов i -го элемента;

n_i – количество однотипных элементов;

t – длительность операций, ч.

Вероятность безотказного выполнения операций при параллельном соединении элементов определяется по формуле

$$P(t) = 1 - [1 - P(t_1)] \cdot \dots \cdot [1 - P(t_n)],$$

где $P(t_i), i = 1, \dots, n$ – вероятность безотказного выполнения операции отдельной цепочкой или элементом, входящими в параллельную цепь, t – длительность операций, ч.

$$\lambda = \sum \frac{n_i}{T_i},$$

где n_i – количество однотипных компонент; T_i – наработка до отказа i -го компонента.

4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для расчетов вероятности выхода из строя приняты следующие гипотезы на основе опроса экспертов со стороны заказчика.

Рассматриваемая система является невозстановливаемой, т.к. восстановление работоспособности любого элемента невозможно ввиду отсутствия возможности заменить компоненты и внести изменения в исходный код системы управления.

1. Выход из строя одного из компонентов системы приводит к существенным потерям для заказчика, поэтому для расчета вероятности выхода из строя всего склада рассматривается худший случай - последовательное соединение всех элементов.

2. В оценках и расчетах не применяются данные выхода из строя механических узлов и компонентов, так как они являются восстанавливаемыми.

Данные о надежности работы элементов и компонент системы взяты из открытых источников: порталов производителей, каталогов продукции.

В результате анализа представленной топологии сети, было выделено 79 элементов системы 11 типов (см. таблицу 1). Для каждого типа оборудования был произведен расчет среднего времени наработки на отказ на основе данных из каталогов производителя.

Таблица 1 – Структура системы

№ п/п	Название элемента	Количество, шт.	T (MTBF), ч.
1	Шкаф управления 1	1	составной элемент
2	Шкаф управления 2	6	составной элемент
3	Шкаф управления 3	6	составной элемент
4	Шкаф управления 4	6	50 000
5	Шкаф управления 5	6	составной элемент
6	Оптическая система	28	100 000
7	Шкаф управления 6	6	50 000
8	Сканер штрихкода	2	963 600
9	Шкаф управления 7	2	составной элемент
10	Серверопреобразователь	2	595 680

Элемент состоит из компонентов. Считаем, что компоненты элемента включены в цепь последовательно, т.к. отказ хотя бы одного из компонент приводит к отказу элемента. Интенсивность отказа элемента вычисляется по формуле:

$$\lambda = \sum \frac{n_i}{T_i},$$

где n_i – количество однотипных компонент;
 T_i – наработка до отказа i - го компонента.

Для наглядности приведем расчет интенсивности отказа Шкафа управления 1:

№ п/п	Название компонента	Количество, шт.	T (MTBF), ч.
1	Компонет 1	1	481 800
2	Компонет 2	1	525 600
3	Компонет 3	1	1 492 537
4	Модуль интерфейса	2	490 560
Интенсивность отказа (λ) Шкафа управления 1			$8,72 \cdot 10^{-6}$

Аналогично рассчитываем интенсивности отказов всех составных элементов системы.

5. ВЕРОЯТНОСТЬ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ СИСТЕМЫ

Для расчета отказа работы склада необходимо найти вероятность безотказной работы склада, т.е., что на протяжении времени t все 79 элементов склада будут работать безотказно. Для этого найдем интенсивности отказа λ всех элементов

№ п/п	Название элемента	Кол-во, шт.	T (MTBF), ч.	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/ч.	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/ч. без учета панели
1	Шкаф управления 1	1	-	8,73	8,73
2	Шкаф управления 2	6	-	26,82	6,82
3	Шкаф управления 3	6	-	26,75	6,75
4	Шкаф управления 4	6	50 000	20,00	0
5	Шкаф управления 5	6	-	5,40	5,40
6	Оптическая система	28	100 000	10,00	10,00
7	Шкаф управления 6	6	50 000	20,00	0
8	Сканер штрихкода	2	963 600	1,04	1,04
9	Шкаф управления 7	2	-	3,40	3,40
10	Серверопреобразователь	2	595 680	1,68	1,68
11	Датчик расстояния	14	100 000	10,00	10,00

В ходе вычисления интенсивности отказа системы было выявлено три элемента: панель управления, датчик расстояния и оптическая система передачи данных, наработка на отказ которых в разы меньше, чем у других элементов и, соответственно, надежность которых в 10 раз меньше остальных элементов. В связи с этим, расчет надежности проведен с учетом работоспособности панели и без учета работоспособности панели.

Вычисления, полученные в ходе исследования, показали, что предположения в постановке задачи слишком жесткие, а именно последовательное соединение всех элементов. Было принято решение распараллелить процессы согласно производственным процессам.

Был произведен расчет интенсивности отказа системы с несколькими параллельными элементами. Расчет одного из таких элементов приведен ниже.

Рассчитаем вероятность отказа работы одного из объектов системы, состоящего из 10 элементов, при условии, что отказ любого элемента приводит к отказу работы этого объекта. Для этого найдем интенсивности отказа λ всех элементов

№ п/п	Название элемента	Кол-во, шт.	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/ч.	$\lambda_i \cdot 10^{-6}$, 1/ч. без учета панели
1	Шкаф управления 2	1	26,82	6,82
2	Шкаф управления 3	1	26,75	6,75
3	Шкаф управления 4	1	20,00	0
4	Шкаф управления 5	1	5,40	5,40
5	Оптическая система передачи данных	4	10,00	10,00
6	Датчик расстояния	2	10,00	10,00
Интенсивность отказа объекта			0,00013897	0,00007897

Вероятность выхода из строя объекта по годам с шагом в 6 месяцев приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Вероятность выхода из строя объекта

	на 31.12.2022 t=19710 ч.	на 30.06.2023 t=24090 ч.	на 31.12.2023 t=28470 ч.	на 30.06.2024 t=32850 ч.	на 31.12.2024 t=37230 ч.
С учетом всех элементов					
$P(t) = e^{-\sum \lambda_i t}$	0,064628	0,035162	0,019130	0,010408	0,005662
$Q(t) = 1 - P(t)$	0,935371	0,964837	0,980869	0,989591	0,994337
Без учета панели управления					
$P(t) = e^{-\sum \lambda_i t}$	0,210873	0,149212	0,105581	0,074708	0,052862
$Q(t) = 1 - P(t)$	0,78912	0,85078	0,89441	0,92529	0,947137

В результате аналогичных приведенных расчетов были выявлены ненадежные элементы системы и рассчитаны вероятности отказа работы объектов системы.

Список использованных источников

- Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. Основы теории надежности автоматических систем управления: учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, Л.О., 1984. – 208 с.
- ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
- ГОСТ 27.001–95. Межгосударственный стандарт. Система стандартов «Надежность в технике». Основные положения.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ СИГМОИДАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ В АРХИТЕКТУРЕ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Ю.В. Савицкий

Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, yury.savitsky@tut.by

The article formulates and mathematically substantiates a modification of the Back Propagation Error (BPE) algorithm for accurate training of neural elements with a sigmoid activation function in the architecture of a multilayer neural network. The proposed training rules for modifying the synaptic connections of neurons in the output and hidden layers can be used to construct efficient algorithms that reduce the time and computational complexity of the learning process for multilayer architectures.

Введение

В последнее время в мире активизировались исследования в области глубокого обучения многослойных нейронных сетей. Это связано с определенными успехами в данной области, достигнутыми рядом исследователей [1, 2], а также высокой практической значимостью сильно-многослойных нейронных сетей (СМНС). Так, ряд разработчиков интеллектуального программного обеспечения (корпорации Google, Microsoft и др.) с успехом применяют технологии глубоких нейронных сетей в различных своих приложениях. При этом перспективным считается подход к предобучению (pre-training) СМНС не только с помощью ограниченной машины Больцмана (RBM), но и с применением нейросетевых автоэнкодеров (Autoencoder). Каждый такой нейросетевой автоэнкодер представляет собой трехслойный персептрон архитектуры $N \rightarrow M \rightarrow N$, где параметр N соответствует количеству входов текущего предобучаемого слоя, M – количеству нейронов указанного слоя сильно-многослойной нейросетевой архитектуры. Последовательное (начиная с входного слоя СМНС) обучение совокупности таких автоэнкодеров на входной обучающей выборке позволяет получить наборы весовых коэффициентов для финальной настройки синаптических связей всей СМНС (fine-tuning). При этом, для обучения как нейросетевых автоэнкодеров, так и СМНС, как правило, применяется алгоритм обратного распространения ошибки (Back Propagation Error, BPE) [3-5]. Очевидно, что эффективность алгоритма BPE напрямую определяет эффективность (точность обучения, обобщающие свойства) результирующей модели СМНС в целом.

В данной работе предлагается методика точного обучения нейронных элементов (НЭ) сигмоидального типа в составе многослойной нейронной сети; выполняется анализ особенностей предложенных решений.

1. Обобщенная архитектура нейронной сети

На рисунке 1 приведена обобщенная архитектура многослойной нейронной сети, являющаяся объектом исследования, а также введены обозначения параметров сети.

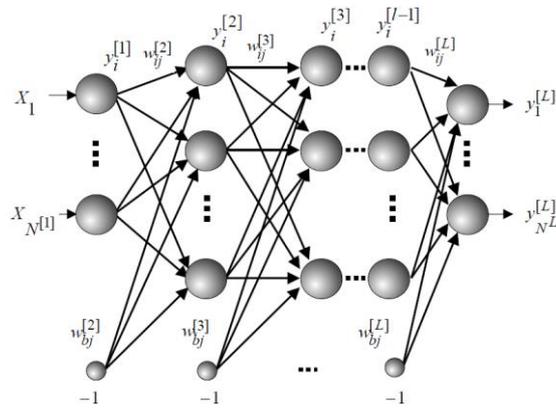


Рисунок 1 – Архитектура многослойной нейронной сети

Нейронный элемент слоя l осуществляет функцию преобразования некоторого вектора входных сигналов $Y^{[l-1]}$ в выходную активность $y_j^{[l]}$ по следующему правилу:

$$\begin{cases} S_j^{[l]} = \sum_{i=1}^{N^{[l-1]}} y_i^{[l-1]} w_{ij}^{[l]} - w_{bj}^{[l]}, \\ y_j^{[l]} = g^{[l]}(S_j^{[l]}), j = 1, \dots, N^{[l]}, \end{cases} \quad (1)$$

где $S_j^{[l]}$ - взвешенная сумма входных активностей НЭ j , находящегося в слое l ;

$w_{ij}^{[l]}$ - значение синаптического веса i -го входа НЭ;

$w_{bj}^{[l]}$ - значение порога активационной функции $g^{[l]}(S_j^{[l]})$ НЭ;

$N^{[l-1]}, N^{[l]}$ - соответственно количество входов НЭ слоя l и количество НЭ данного слоя.

2. Алгоритм ВРЕ

Как было сказано выше, точность решения практических задач в большой степени определяется параметрами обучающих процедур. Наиболее распространенным методом обучения базовых архитектур многослойных нейронных сетей является алгоритм ВРЕ. Он же является базисом для предлагаемого в работе альтернативного подхода к обучению НЭ. Поэтому рассмотрим детали применения алгоритма ВРЕ для обучения многослойной нейронной сети.

Согласно методу градиентного спуска, итерационное изменение весовых коэффициентов и порогов НЭ для каждого слоя нейронной сети происходит по следующим правилам:

$$\begin{cases} \Delta w_{ij}^{[l,p]}(t+1) = -\alpha \frac{\partial E^p(t)}{\partial w_{ij}^{[l,p]}(t)} = -\alpha \cdot \gamma_j^{[l,p]}(t) (g^{[l]})'(S_j^{[l,p]}(t)) y_i^{[l-1,p]}(t), \\ \Delta w_{bj}^{[l,p]}(t+1) = -\alpha \frac{\partial E^p(t)}{\partial w_{bj}^{[l,p]}(t)} = \alpha \cdot \gamma_j^{[l,p]}(t) (g^{[l]})'(S_j^{[l,p]}(t)), \end{cases} \quad (2)$$

где α - константа, определяющая шаг обучения;

$(g^{[l]})'(S_j^{[l,p]}(t))$ - производная активационной функции НЭ;

$\partial E^p(t)/\partial w_{ij}^{[l,p]}(t)$, $\partial E^p(t)/\partial w_{bj}^{[l,p]}(t)$ - частные производные функции ошибки нейронных связей, вычисляемые на каждой итерации обучения для каждого эталона p , $p = \{1, \dots, P\}$;

$\gamma_j^{[l,p]}(t)$ - ошибка НЭ j , определяемая как:

$$\gamma_j^{[L],p}(t) = y_j^{[L],p}(t) - D_j^p \quad (3)$$

для нейронов выходного слоя, либо:

$$\gamma_j^{[L],p}(t) = \sum_{j=1}^{N^{[L]}} y_j^{[L],p}(t) (g^{[L]})'(S_j^{[L],p}(t)) w_{ij}^{[L],p}(t) \quad (4)$$

для нейронов скрытых слоев сети;

$E^p(t)$ - среднеквадратичная ошибка нейронной сети для эталона p определяемая как:

$$E^p(t) = \sum_{j=1}^{N^{[L]}} E_j^p(t), \quad (5)$$

$$E_j^p(t) = \frac{1}{2} (y_j^{[L],p}(t) - D_j^p)^2 \quad (6)$$

где D_j^p — эталонное выходное значение j -го нейрона.

В результате выполнения каждой новой итерации обучения происходит минимизация общей ошибки сети, определяемой как:

$$E(t) = \sum_{p=1}^P E^p(t). \quad (7)$$

Таким образом, задача вычисления градиентов функции ошибки для элементов сети и модификации значений синаптических связей сводится к послойному определению ошибок нейронов в направлении от выходного слоя сети по правилам (3), (4) и использовании выражений (2).

3. Альтернативный подход к обучению НЭ с сигмоидной функцией активации

Следующая теорема, приводимая в рамках данной работы без доказательства, определяет альтернативный подход к обучению НЭ с сигмоидной функцией активации.

Теорема 1. Правила модификации синаптических связей НЭ j , находящегося в слое L , с сигмоидной функцией активации $g^{[L]}$, минимизирующие среднеквадратичную ошибку (6) данного НЭ для эталона p на итерации обучения t , определяются следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_{ij}^{[L],p}(t+1) = w_{ij}^{[L],p}(t) - \frac{S_j^{[L],p}(t) - \ln\left(\frac{D_j^p}{1-D_j^p}\right)}{1 + \sum_{k=1}^{N^{[L-1]}} (y_k^{[L-1],p})^2} y_i^{[L-1],p}(t), \\ w_{bj}^{[L],p}(t+1) = w_{bj}^{[L],p}(t) + \frac{S_j^{[L],p}(t) - \ln\left(\frac{D_j^p}{1-D_j^p}\right)}{1 + \sum_{k=1}^{N^{[L-1]}} (y_k^{[L-1],p})^2}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Результаты Теоремы 1 (с учетом алгоритма ВРЕ) можно обобщить на НЭ последующих слоев многослойной нейронной сети.

Утверждение 1. Правила модификации синаптических связей НЭ^{*j*}, находящегося в скрытом слое *l*, с сигмоидной функцией активации $g^{[L]}$, минимизирующие ошибку данного НЭ для эталона *P* на итерации обучения *t*, можно определить следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_{ij}^{[l],P}(t+1) = w_{ij}^{[l],P}(t) - \frac{S_j^{[L],P}(t) - \ln\left(\frac{y_j^{[l],P}(t) - \gamma_j^{[l],P}(t)}{1 - y_j^{[l],P}(t) + \gamma_j^{[l],P}(t)}\right)}{1 + \sum_{k=1}^{N^{[l-1]}} (y_k^{[l-1],P})^2} y_i^{[l-1],P}(t), \\ w_{bj}^{[l],P}(t+1) = w_{bj}^{[l],P}(t) + \frac{S_j^{[L],P}(t) - \ln\left(\frac{y_j^{[l],P}(t) - \gamma_j^{[l],P}(t)}{1 - y_j^{[l],P}(t) + \gamma_j^{[l],P}(t)}\right)}{1 + \sum_{k=1}^{N^{[l-1]}} (y_k^{[l-1],P})^2}, \end{array} \right. \quad (9)$$

где $\gamma_j^{[l],P}(t)$ — ошибка *j*-го НЭ.

Утверждение 1 вытекает из Теоремы 1, а также из допущения, что ошибку НЭ скрытого слоя $\gamma_j^{[l],P}(t)$ можно интерпретировать как разность между текущим значением выходной активности $y_j^{[l],P}(t)$ и желаемым значением выходной активности данного НЭ.

4. Анализ результатов

Анализ ряда вычислительных экспериментов показал, что наибольшую эффективность полученных результатов (Теоремы 1 и Утверждения 1) продемонстрировал алгоритм последовательного послойного (по ходу распространения активностей) обучения. В частности, для индивидуальных эталонов различного вида (в том числе из открытых баз MNIST и NIST), нормализованных в диапазон значений сигмоидной функции активации, данный алгоритм продемонстрировал сходимость процесса обучения многослойной НС до нулевой ошибки E^P за одну итерацию обучения.

Однако следует отметить, что более перспективным автор считает применение полученных результатов в алгоритме группового обучения (batch training); именно в этом направлении в настоящий момент проводятся экспериментальные исследования.

Список использованных источников

1. Hinton G. E., Osindero S., Teh Y. A fast learning algorithm for deep belief nets // Neural computation. – 2006. – № 18. – P. 1527–1554.

2. Головки, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. – Минск : БГУ, 2017. – 263 с. – (Классическое университетское издание).

3. Rumelhart D., Hinton G., Williams R. Learning representation by backpropagation errors // Nature. – 1986. – № 323. – P. 533–536.
4. Rumelhart D., Hinton G., Williams R. Learning internal representations by errors propagation // Parallel distributed processing. – Cambridge, 1986.
5. Golovko V., Savitsky Yu., Maniakov N. Neural networks for signal processing in measurement analysis and industrial applications: the case of chaotic signal processing // Neural networks for instrumentation, measurement analysis and related industrial applications. – Amsterdam, 2003. – P. 119–143.

УДК 339.137.22

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Г.Д. Какалыева

Туркменский государственный институт экономики и управления,
Ашхабад, Туркменистан, oguljan65@mail.ru

The processes for implementing a strategy to improve the competitiveness of an organization are complex, because are innovative, individual, cover all aspects from the problems of improving the quality of goods to personnel management. The main approaches to ensure the competitiveness of the organization are: benchmarking; reengineering of business processes; coordinating-stabilizing approach, etc.

In this paper, the benchmarking method is considered. The benchmarking method is based on the analysis of the best practices of the most innovatively active enterprises and copying this experience by inefficient enterprises. It is used to study the experience of leading competitors and apply it to the enterprise under study. In its simplest form, benchmarking can be viewed as a system of beliefs for solving problems of improving competitiveness, based on “comparison with a sample”.

Благодаря последовательным и целенаправленным усилиям уважаемого Президента Туркменистана в стране осуществляется инновационная индустриализация и цифровизация всех сфер жизни общества и государства. Одним из ярких примеров приверженности страны к дальнейшему инновационному развитию является Концепция развития цифровой экономики в Туркменистане на 2019-2025 г.г.

Процессы по реализации стратегии повышения конкурентоспособности организации в условиях цифровизации экономики сложны, т.к. носят инновационный характер, индивидуальны, охватывают все аспекты от проблем повышения качества товара до управления персоналом [1, с. 31].

Основными подходами для обеспечения конкурентоспособности организации являются:

- бенчмаркинг;
- реинжиниринг бизнес-процессов;
- координирующе-стабилизирующий подход и др. [1, с. 34];

В этой статье рассматривается метод бенчмаркинга.

Метод бенчмаркинга основан на анализе передового опыта наиболее иннова-

ционно-активных предприятий и копировании этого опыта малоэффективными предприятиями [1, с. 36]. Применяется для изучения опыта конкурентов-лидеров и наложения его на исследуемое предприятие. В простейшем представлении бенчмаркинг можно рассматривать как систему взглядов для решения задач повышения конкурентоспособности, основанную на «сравнении с образцом».

Американские предприниматели утверждают, что успех их компаний зависит от умения изучать деятельность лучших предприятий в области производства, маркетинга, менеджмента и внедрять лучшие разработки в собственный бизнес.

Бенчмаркинг – это процесс:

- сравнения исследуемого предприятия с лучшими предприятиями, независимо от отраслевой принадлежности;
- проектирования модели научно-технического, трудового, финансово-экономического и других системных элементов потенциала на основе изученного опыта;
- внедрения изменений и исследование их влияния на результаты деятельности предприятия.

Понятие бенчмаркинга было известно в Китае еще в IV в. до н.э. На протяжении веков человечество оценивало силу и слабость других, чтобы вынести решение о том, как избежать ситуаций, которые могут привести к нежелательным результатам.

Бенчмарк - термин, употреблявшийся землемерами, которые пользовались «бенчмарками», т.е. исходными отметками для начала отсчета расстояний, в качестве отправных точек отсчета, положение которых было определено раньше и которые использовались для определения границ участков.

В качестве эталона для оценки уровня конкурентоспособности продукта бенчмаркинг использовался с начала 1900-х гг. При этом исследовались технологии изготовления и уровень качества продукции наиболее значимого конкурента и проводился сравнительный анализ. В Японии бенчмаркинг использовался на более высоком уровне. Впервые исследовался не продукт, а процесс управления и производства. Изучались лучшие методы, методики, механизмы менеджмента, маркетинга, бизнес-планирования, аудита и т.д.

Этапы выполнения работ по планированию бенчмаркинга-проекта.

Этап 1. Выбор предмета бенчмаркинга и проведение внутреннего исследования.

На данном этапе ставятся следующие вопросы: Какова цель? Какова ситуация на сегодняшний день? Что нужно делать, чтобы достичь цели?

Начинают процесс бенчмаркинга с важных для устойчивого развития организации областей деятельности, для этого составляют список целей для выбора первоочередных улучшений.

К первоочередным улучшениям обычно относят:

- удовлетворимость покупателя;
- необходимость снижения производственных издержек (переход к низкозатратным производственным операциям) и т.д.

Затем проводят детальное структурирование первоочередных улучшений путём сбора данных.

Объект бенчмаркинга – уровень запасов, незавершенное производство, уровень брака и т.д. Необходимо иметь полную информацию об уровне издержек по каждому процессу и причинам их возникновения.

Этап 2. Выбор организации для сравнения.

На данном этапе работ следует учитывать, что выделяют различные типы бенчмаркинга, при выборе которого необходимо учитывать следующие факторы:

- предприятие-лидер рынка должен рассматривать только лучших представителей рынка (бизнеса);
- небольшая организация может выбрать любую успешно работающую организацию;
- выбирая вид бенчмаркинга, надо учитывать уровень затрат на исследования, например, для малых предприятий организацию для сравнения целесообразно брать внутри отрасли.

На предприятиях можно воспользоваться несколькими типами бенчмаркинга: внутренним, внешним конкурентным, внешним отраслевым, внешним межотраслевым, комбинированным.

Этап 3. Сбор данных.

При сборе данных, получаемых от организации для сравнения, необходимо использовать также и косвенные источники информации (отчеты, имеющиеся в базах данных, Internet; информация исследовательских общественных и государственных организаций).

Этап 4. Анализ данных и выявление улучшений.

Полученные данные делятся на две группы:

Группа 1. Показатели деятельности компании (для сравнения), т.е. что достигнуто;

Группа 2. Сведения о том, как и посредством каких методов (технологий) эти показатели достигнуты.

Каждый показатель Группы 1 сравнивается с показателем своей организации. В ходе анализа данных необходимо искать ответы на вопросы: о мерах достижения к результатам, о первостепенных действиях по улучшению, о сроках времени, о стоимости; о специалистах, которых нужно задействовать, о возможностях применения новых технологий.

Этап 5. Внедрение улучшений.

На основе результатов, полученных при анализе данных, формируется группа сотрудников для внедрения улучшений. При формировании состава группы учитывается: профессионализм в областях, связанных с улучшением в организации, ответственность за планирование стратегии организации, полномочия.

Для осуществления работы по развитию предприятия с использованием метода бенчмаркинга необходима разработка плана, т.е. документа, используемого для определения процесса проведения бенчмаркинга для конкретной подсистемы организации. По содержанию план может состоять из мониторинга состояния подсистем, списка внешних и внутренних потенциальных партнеров, планово-контрольных графиков выполнения работ, списка внешних и внутренних объектов, которые подлежат исследованию, плана управления изменениями элементной структуры потенциала, все потенциальные решения и план их внедрения для будущих периодов.

Главная туристская составляющая в каждом государстве - гостиничный бизнес. Любой приезжающий на отдых или в командировку в другой город или

страну имеет потребность в обеспечении себя местом проживания, соответствующим его нуждам и представлениям о комфортном размещении.

Согласно первому этапу разработанной методики выполнения работ по планированию бенчмаркинга-проекта была выбрана актуальная на сегодняшний день сфера деятельности – гостеприимство и туризм, так как в индустрии гостеприимства и путешествий происходят динамичные изменения. Отрасль гостеприимства – одна из важнейших бизнесов в мире [2, с. 9].

Объект бенчмаркинга – уровень обслуживания в отелях страны.

Согласно второму этапу выбрана организация для сравнения - предприятия-лидеры рынка гостиничного бизнеса - Дашогуз отель, расположенный в Дашогузском регионе Туркменистана и Хасыл отель, расположенный в Балканском регионе Туркменистана. Это лучшие представители рынка, успешно работающие организации.

Был выбран тип бенчмаркинга – внешний конкурентный бенчмаркинг. Он эффективен в отраслях с высоким уровнем конкуренции, а также где у конкурентов разные подходы к менеджменту и в отраслях, широко использующих новые технологии и процессы. Этот тип бенчмаркинга основан на изучении опыта предприятий-конкурентов. Длительность цикла 6-12 месяцев. Отели, работающие на рынке: Ашхабад отель, Спорт отель и другие (г.Ашхабат), Арзув отель, Беркарар отель, Небитчи отель, Хасыл отель, Сейрана отель и другие (Балканский регион Туркменистана), Дашогуз отель (Дашогузский регион Туркменистана) и др.

Согласно третьему этапу сбора данных, как было показано выше, к первоочередному улучшению относится удовлетворенность клиента. Конкурентоспособность гостиничного предприятия связана с конкурентоспособностью его услуг. Таким образом, было проведено внутреннее исследование - деятельность «Дашогуз отеля» была проанализирована с точки зрения клиента по следующим показателям:

- 1) обслуживание номеров;
- 2) доступность телевизионных каналов;
- 3) качество работы ресторана и культура обслуживания;
- 4) качество работы и компетентность персонала и горничных;
- 5) уровень менеджмента отеля;
- 6) обратная связь и др.

Согласно четвёртому этапу анализ данных и выявления улучшений на основе результатов, полученных при анализе данных секрет успеха в индустрии гостеприимства, позитивная составляющая «Дашогуз отеля» определилась функциональными операциями, а именно, отличным обслуживанием, великолепной едой и другими показателями.

Для гостиничного предприятия применяются специфические показатели оценки экономической эффективности, которые связаны, как правило, с загрузкой номерного фонда. Этот показатель для гостиниц является важным, так как основной доход они получают от услуг по размещению гостей. А поскольку в гостиничных предприятиях доля постоянных затрат высока, то чем ближе этот показатель к единице (гостиница полностью заполнена), тем больше прибыли она получает.

Согласно пятому этапу внедрению улучшений необходима разработка плана, используемого для совершенствования обслуживания путешественников отелей данной отрасли страны. Эти отели могут провести ребрендинг, расширить бизнес, сделать реновацию, внедрить новые технологии и т.д.

Удовлетворение запросов потребителей зависят от того оправдал ли полученный продукт его ожидания как покупателя. Если да, то покупатель будет доволен. Дальновидные компании стараются вызвать у потребителя повышенные позитивные эмоции.

На кафедре «Маркетинг» Туркменского государственного института экономики и управления готовят специалистов-маркетологов. Соответственно учебному плану они изучают Основы маркетинга, Управление маркетингом, Маркетинговые исследования и товарная политика, Этика, эстетика и психология в маркетинге и другие дисциплины по маркетингу. Всё это формирует у будущих маркетологов навыки привлечения и удержания потребителей путём создания наивысшей потребительской ценности.

Список использованных источников

1. Рябова А.И. Управление конкурентоспособностью организации. ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. – 42 с.
2. Котлер Ф., Боуэн Д., Мейкенз Д. «Маркетинг. Гостеприимство и туризм». Москва, 2007 г.

УДК 338.004.8

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Х.Д. Язханова

Туркменский государственный институт экономики и управления,
Ашхабад, Республика Туркменистан, yazhanowahesel@gmail.com

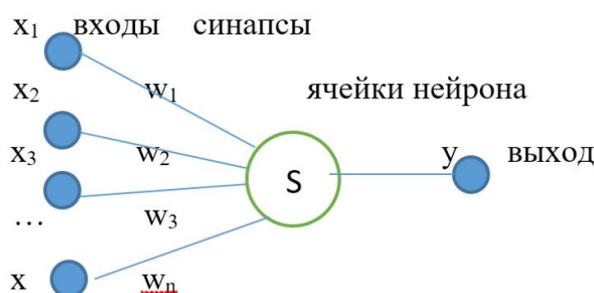
This article describes the development of optimal methods for the implementation of innovative technologies, the effective use of Internet services, the management of multimedia, interactive and neurotechnologies. The main purpose of this article is to determine the purpose and features of the use of neural networks in economic sectors, forecasting and optimizing the solution of economic problems, as well as developing methods for obtaining optimal prices based on the analysis of economic problems.

Внедрение инновационных технологий, использование новейших и наиболее эффективных сервисов сети Интернет, разработка оптимальных методов организации и управления мультимедийными, интерактивными и нейротехнологиями является одной из важнейших задач [1]. Также основной целью управленческих решений является определение цели и особенностей использования нейронных сетей в отраслях экономики, прогнозирование и оптимизация решения экономических задач, получение оптимальных значений на основе экономических анализа.

Цифровые трансформации широко внедряются в экономических системах, опирающиеся на новые технологии. Цифровые технологии и устройства внедряются в торговли, финансы, банковских системах и других отраслях народного хозяйства [2]. В рамках внедрения цифровой экономики применяется следующее:

- возможность подключения к Интернету, его наличие, услуги и скорость;
- использование возможностей локальной корпоративной сети;
- предоставление серверов на основе современных технологий;
- обслуживание крупного дата-центра;
- использование цифровых интеллектуальных технологий;
- внедрение облачных, блокчейн, биткойн, квантовых, нейро, робототехнических технологий;
- достижение таких целей, как надежная защита данных и надежность, которые являются обязательными условиями.

Среди упомянутых выше технологий нейротехнологиями считаются уже внедренные и эффективно используемые в мировой практике. Нейронные сети состоят из простых элементов, а именно нейронов. Математическая модель нейрона состоит из трех элементов: синапсов, агрегатов и нелинейных преобразователей. Синапсы осуществляют связь между нейронами и каждый синапс характеризуется величиной связи или «весом» w_n .



$$S = \sum X_i W_i$$

$$Y = F(S)$$

Рисунок 1 – Модель искусственного нейрона

Как показано на рисунке 1, имеются входные элементы X_1, X_2, X_3 и X_n и соответствующие «веса», такие как W_1, W_2, W_3 и W_n . Это происходит на основе двух переменных, линейной и нелинейной, внутри нейрона:

- 1) вычисляется сумма входных значений и добавляется некоторый параметр b ;
- 2) путем интегрирования нелинейной функции f , полученной (вычисленной) на предыдущем шаге (называемом активацией).

Таким образом, h -вход нейрона рассчитывается по следующей формуле:

$$h = f(\sum w_i x_i + b_i).$$

Выход каждого предыдущего слоя служит входом следующего слоя, а слой смещения рассчитывается по следующей формуле:

$$x_k = f(w_k x_{k-1} + b_k), \quad x_n = G_w(x_0).$$

Здесь b_i – функция, зависящая от параметров модели.

Нейрон можно рассматривать как одну клетку. Эта ячейка имеет несколько входов и один выход. Соответствующий вычислительный алгоритм решает

вопрос формирования выходного сигнала на основе входных сигналов. Нейроны связаны друг с другом синапсами, и каждый синапс имеет «вес». С его помощью информация изменяется при переходе от нейрона к нейрону.

Алгоритмы на основе нейронных сетей автоматически считывают штрих-коды, распознают тексты, проверяют подписи, проверяют и переобрабатывают сигналы (сегментация, идентификация, локализация, интерпретация и т. д.), управляют манипуляторами и автоматизированными производственными процессами и т. д. С развитием современной цифровой системы одной из важнейших задач является проведение оптимального управления торговлей на основе нейронных сетей.

Сегодня, с быстрым ростом электронной коммерции, создаются виртуальные магазины, предприятия и организации [3]. Среди них более широкий размах получили возможности предлагать и продавать товары на конкурсной основе. Основные направления электронной коммерции связаны с продуктами питания, промышленными товарами и информационными продуктами. Одним из основных преимуществ электронной коммерции является то, что она экономит время людей при выборе и выборе продуктов.

Использование нейросетевой технологии позволяет поддерживать взаимодействие между участниками электронной коммерции, прогнозировать ход торговли и планировать оптимальную систему управления.

Эффективный анализ запасов, прием заказов, складирование, сокращение времени и затрат и т. д. можно использовать для решения задач. Среди автоматизированных и компьютерных программ в настоящее время реализована на основе языка программирования Python. Эта программа может быть полностью использована пользователем путем настройки ее на компьютере.

Рыночный спрос рассчитывается по следующей формуле:

$$C = C_r + C_n ,$$

где C_r – реализованный спрос на покупку (удовлетворенный спрос);

C_n - неудовлетворенный спрос (неудовлетворенный спрос).

Такой подход можно использовать на практике для формирования спроса на предприятиях оптовой и розничной торговли, а затем прогнозировать его с помощью электронно-вычислительной и автоматизированной системы управления. Это, в свою очередь, дает возможность прогнозировать уровень и объем бизнеса для решения задачи оперативного прогнозирования спроса, получения товаров, формулирования требований, заключения договоров.

Необходимо разработать модель прогнозирования размещения товаров с целью оптимизации товарооборота на будущий период. Для этого можно построить нейронную сеть, которая объем реализации зависит от выбранной позиции, от нескольких факторов, а именно сезонности качества товара, его подлинности, местонахождения торгового центра и др [4]. Если каждый из этих факторов равен 1, то полиномиальная функция q записывается как:

$$q_{iaj} = F (I_1, I_2, I_3, \dots, I_z),$$

где I — качественная характеристика;

q_{iaj} — объем реализации i -го наименования товара, в ассортиментной группе a , в j -ом магазине.

Факторов, от которых зависит внешний вид локализуемых товаров, могут быть десятки, а сопутствующие функции нам неизвестны. В этом случае более уместно использование нейронных сетей. Многие из этих факторов легко предсказуемы или полностью неизменны. Если построить функцию зависимости от нескольких факторов, то мы найдем объем товаров, который необходимо разместить на следующий сезон. Для него:

– выявить факторы, от которых зависит максимальное размещение покупки по каждому товару;

– построение нейронной сети в виде входных данных и выходного значения факторов;

– обучение нейронной сети по определенному алгоритму;

– прогнозирование цены факторов на следующий сезон;

– подача оценочных значений на вход сети;

– получить оценочное значение объема рынка для размещения на выходе;

– определение с точки зрения накопленного опыта;

– принятие правильного управленческого решения;

– сравнить прогнозируемый размер с фактическим значением (размером) и повторите обучение.

Выбирая количество слоев на выходе многослойной сети, варьирование диапазонов сигналов и параметров нейронов формирует свободную многомерную функцию. Это общий инструмент для аппроксимации функций многомерной сети.

Рассмотрим нейронную сеть следующим образом:

$$F(x) = F \left(\sum_{i_N} W_{i_N j_N} \dots \sum_{i_2} W_{i_2 j_2} F \left(\sum_{i_1} W_{i_1 j_1} X_{i_1 j_1} - \Theta_{j_1} \right) - \Theta_{j_2} \dots - \Theta_{j_1} \right),$$

где I - номер записи;

Количество нейронов в J -слоях:

N – номер слоя;

X_{ijN} — входной сигнал нейрона j в слое N ;

$W_{(ijN)}$ — коэффициент смещения входа i нейрона j в слое N .

Θ_{ijN} — предыдущий уровень нейрона j в слое N .

Итеративное вычисление линейных комбинаций и нелинейных преобразований достигается за счет аппроксимации произвольных многомерной функций путем соответствующего выбора параметров сети. Преимущества этого метода дают очевидный результат. Значительно повышается достоверность прогнозируемых данных.

Применение нейронных сетей открывает новые перспективы в проведении многокритериальной оценки массива данных. В результате использования таких новейших инструментальных средств учета появляется возможность создания более совершенных моделей управления, что определяет рост эффективности деятельности управленческих решений в целом.

Список использованных источников

1. «Концепция развития цифровой экономики Туркменистана на 2019-2025 годы», 2018.
2. Боровиков В.П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003.
3. Рейнольдс М. Электронная коммерция. Основы программирования. — М.: Лори, 2001.
4. Крисилов Р.А., Тарасенко В.А. Предварительная оценка качества обучающей выборки для нейронных сетей в задачах прогнозирования временных рядов / Тр. Одес. Политехн. Унта. Одесса, 2001.

УДК 336.77

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСА ВАЛЮТ СРЕДСТВАМИ БИБЛИОТЕКИ PROPHET ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ R

Н.В. Семенчук, И.А. Пугач, Е.В. Банюкевич
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
Гродно, Беларусь, senata15@gmail.com

This article is devoted to the use of the capabilities of the prophet library of the R programming language to build models and forecasts based on them for the exchange rates of the dollar, euro and Russian ruble in devaluation conditions. This article describes the methods used, as well as the parameters that made it possible to predict the behavior of exchange rates in the Republic of Belarus in March 2022.

Прогнозирование – это одна из самых распространенных задач, возникающих при работе с временными рядами. В R существует огромное множество пакетов и библиотек, созданных для выполнения задач по анализу временных рядов. Например, одним из наиболее популярных является пакет `forecast`, в котором реализованы как классические (экспоненциальное сглаживание, модель Хольта–Винтерса, ARIMA и др.), так и относительно недавно разработанные методы прогнозирования временных рядов (модели для сгруппированных временных рядов, рядов с несколькими сезонными компонентами и др.) Библиотека `prophet` с открытым исходным кодом, разработанная в 2017 году компанией Facebook, также предназначена и используется для прогнозирования временных рядов. `Prophet` является более продвинутым инструментом для прогнозирования рядов, чем вышеуказанный `forecast`. Основным преимуществом `prophet` перед `forecast` является выбор методов анализа. К примеру, используя `forecast` аналитик может легко допустить ошибку в выборе метода, тогда как `prophet` позволяет делать анализ в полуавтоматическом режиме.

В основе методологии `prophet` лежит процедура подгонки аддитивных регрессионных моделей следующего вида [1]:

$$y(t)=g(t)+s(t)+h(t)+\varepsilon_t,$$

где $g(t)$ и $s(t)$ – функции, аппроксимирующие тренд ряда и сезонные колебания (например, годовые, недельные и т.п.) соответственно, $h(t)$ – функция, от-

ражающая эффекты праздников и других влиятельных событий, ϵ_t – нормально распределенные случайные возмущения.

Для аппроксимации перечисленных функций используются следующие методы: тренд (кусочная линейная регрессия или кусочная логистическая кривая роста); годовая сезонность (частичные суммы ряда Фурье, число членов которого (порядок) определяет гладкость функции); недельная сезонность (представлена в виде индикаторной переменной; “праздники” (например, официальные праздничные и выходные дни – Новый год, Рождество и т.п., а также другие дни, во время которых свойства временного ряда могут существенно измениться – спортивные или культурные события, природные явления и т.п.): представлены в виде индикаторных переменных.

Оценивание параметров подгоняемой модели выполняется с использованием принципов байесовской статистики (либо методом нахождения апостериорного максимума (MAP), либо путем полного байесовского вывода). Для этого применяется платформа вероятностного программирования Stan. Библиотека prophet представляет собой простой и удобный интерфейс для работы с этой платформой из среды R.

В качестве исходных данных для анализа [2] были взяты курсы евро, доллара, и российского рубля за период с 01.07.2016 по 22.03.2022. Для удобства анализа данные были скачаны в формате xlsx и в дальнейшем импортированы с помощью метода `read_excel()` библиотеки `readxl` в среду разработки R.

Также были подключены библиотеки `ggplot2`, `prophet`, `tibble`, `tsibble`, необходимые для дальнейшего анализа, построения прогноза и графиков. Далее для перевода данных в нужный формат использовался метод `as.numeric()`, путем его последовательного применения к данным из столбцов USD, EUR и RUB. На следующем шаге из исходного дата фрейма были сформированы три независимых дата сета, состоящих из двух столбцов: даты и соответственно значений курса доллара, евро и российского рубля.

Дальнейшая работа с данными связана с применением к данным метода `prophet` для построения модели с использованием различных параметров и прогноза на его основе с помощью метода `predict()`.

Всего было апробировано 5 различных моделей, со следующим набором параметров [3]:

1) `n.changepoints` – предполагаемое количество "переломных моментов" (25 по умолчанию). Если аргумент `changepoints` задан, то аргумент `n.changepoints` будет проигнорирован. Если же `changepoints` не задан, то количество `n.changepoints` потенциальных точек излома будут распределены равномерно в пределах исторического отрезка, задаваемого аргументом `changepoint.range`.

2) `changepoint.range` – доля исторических данных (начиная с самого первого наблюдения), в пределах которых будут оценены точки излома. По умолчанию составляет 0.8 (т.е. 80% наблюдений).

3) `changepoint.prior.scale` – параметр, задающий "гибкость" автоматического механизма обнаружения "переломных моментов" в y (0.05 по умолчанию). Более высокие значения позволят иметь больше таких точек излома.

4) `seasonality.mode` – режим моделирования сезонных компонентов. Принимает два возможных значения: "additive" (аддитивный, принят по умолчанию) и "multiplicative" (мультипликативный).

Для получения прогноза на основе каждой модели необходимо было сначала воспользоваться функцией `make_future_dataframe()` и создать таблицу с датами, охватывающими необходимый временной промежуток в будущем (“горизонт”), а затем подать эту таблицу вместе с модельным объектом на функцию `predict()`.

На рисунке 1 приведены построенные модели и прогнозы курсов для доллара, евро, российского рубля на 90 дней, начиная с 23.03.2022, которые были построены с использованием метода `prophet()` со стандартными значениями параметров.

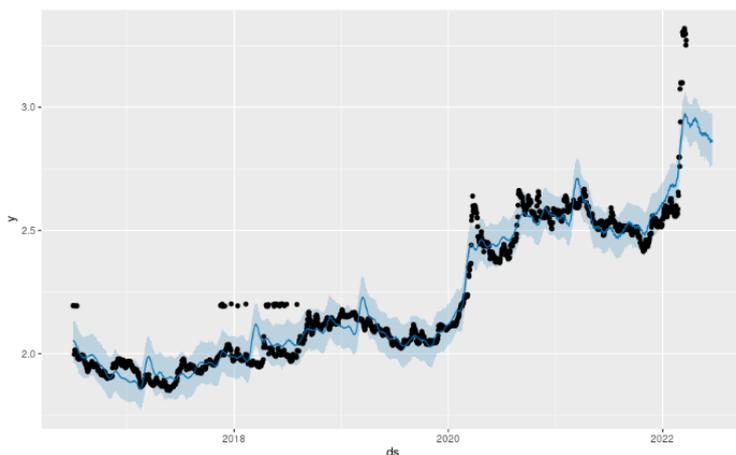


Рисунок 1 – Построенные прогнозы для курсов доллара

Обратим внимание, что в момент построения прогноза курсов валют в Республике Беларусь наблюдалась ситуация с резким их ростом, которая построенная модель позволила идентифицировать как аномальные выбросы на фоне общего изменения курса с 2016 года и явно спрогнозировать возвращение к снижению курса в ближайшее время, что несомненно интересно с экономической точки зрения. Для создания модели процесс подгонки занял несколько секунд. Учитывая, что анализируемый нами временной ряд не самый простой для моделирования, полученная модель довольно хорошо передает свойства этого ряда. Качество прогноза также удовлетворительное с учетом отсутствия чрезмерно расширяющихся доверительных границ прогнозных значений.

Далее путем управления рядом параметров были построены следующие модели: модель с заданным количеством изломов `n.changepoints = 15`; модель с заданными количеством изломов и долей исходных значений выборки, используемых для обучения `n.changepoints = 20`, `changepoint.range = 0.9`; модель с заданной долей исходных значений выборки, участвующих в обучении и заданной гибкостью обнаружения переломных моментов: `changepoint.range = 0.9`, `changepoint.prior.scale = 0.02`; модель с заданными вручную переломами `changepoints = c("2016-08-01", "2016-09-15", "2016-10-01", "2017-04-01", "2017-07-01", "2017-09-01", "2017-12-26", "2018-04-01", "2018-11-13", "2018-12-15", "2019-04-01")`, а также модель с заданным параметром сезонности `seasonality.mode = "multiplicative"`.

Далее были построены модели в условиях ограниченности роста курса валют по некоторому порогу, в предположении что верхний порог емкости системы постоянен, так как в момент исследований наблюдался экспоненциаль-

ный рост курсов валют. Поэтому был введен в модель верхний порог путем добавления нового столбца с обязательным именем `cap` для каждой валюты и установлены соответствующие пороговые значения: для курса доллара 3.32; для курса евро 3.8, при этом параметр `changepoint.range = 0.95`; `changepoint.prior.scale = 0.15` и задан аргумент для вида изменения тренда как `growth = "logistic"`. Для российского рубля модель строилась аналогично только с использованием нижнего порога емкости системы равного 0.01.

На рисунках 2-3 приведены графики построения моделей прогнозирования для курса доллара с использованием управления параметрами метода `prophet()`.

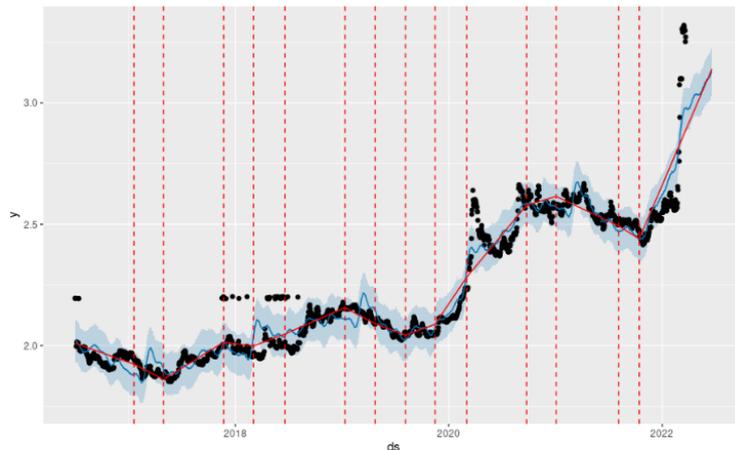


Рисунок 2 – Модель прогнозирования для курса доллара при $n.changepoints=20$ и $changepoint.range = 0.9$

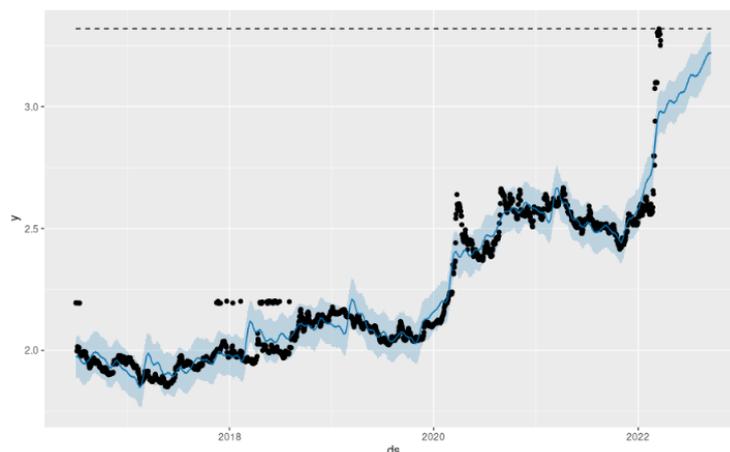


Рисунок 3 – Модель прогнозирования для курса доллара с использованием верхнего порога емкости системы = 3.32

Построенные модели позволили визуализировать различные возможные сценарии поведения курса валют в условиях его неконтролируемого роста в Республике Беларусь в марте 2022 года. Кроме того, построенные прогнозы не всегда смогли правильно предсказать некоторые локальные колебания стоимости курсов валют в прогнозном периоде, но в целом они дали неплохой результат: большинство истинных значений стоимости всех курсов валют оказалось с течением времени в прогнозном периоде в пределах 80%–ной доверительной полосы.

Список использованных источников

1. Мастицкий, С. Анализ временных рядов с помощью R [Электронный ресурс] / С. Мастицкий – Режим доступа <https://ranalytics.github.io/tsa-with-r/intro.html> /. – Загл. с экрана.
2. Архив курса валют [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://etalonline.by/spravochnaya-informatsiya/valuta/arch/> – Загл. с экрана
3. Прогнозирование временных рядов с помощью Prophet: параметры моделей [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://r-analytics.blogspot.com/2019/09/prophet.html> – Загл. с экрана

УДК 004.021

РАСПРАЦОЎКА МЕТОДЫКІ ВЫЗНАЧЭННЯ ЁЗРОЎНЮ ПАЖАРНАЙ НЕБЯСПЕКІ ЛЯСОЎ З ВЫКАРЫСТАННЕМ АЭРАКАСМІЧНЫХ ЗДЫМКАЎ

А.К. Лабоха

Беларускі дзяржаўны універсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі, Мінск,
Беларусь, labokha.poit@bsuir.by

This article discusses the design and development of a new system for the forest fire hazard level determining, which uses aerospace survey data to assess the vegetation state. The analysis of existing methods for determining fire hazard level in forests, including those using remote sensing data, was carried out. The main principles of building such a system using satellite images for Belarus have been discussed. The designed system results and the differences with the current methodology are demonstrated.

Вызначэнне ўзроўню пажарнай небяспекі лясоў ажыццяўляецца у адпаведнасці з дзейным стандартам СТБ 1408-2003 па разлічаным значэнні комплекснага паказніка Дзічанкова, які ўлічвае толькі дадзеныя тэмпературы паветра і пункта расы ў 14 гадзін дня і колькасць сухіх сутак, у якіх сума ападкаў не перавышае 2,6 мм. У залежнасці ад паказніка Дзічанкова і сумы ападкаў за апошнія 10 сутак вызначаецца клас гарымасці (пажарнай небяспекі) лясоў [1]. Астатнія паказнікі, такія як насычанасць раслін вільгаццю, колькасць сухой расліннасці ды іншыя, нягледзячы на мажлівасць уплыву на пажарны стан лясоў, фактычна не ўлічваюцца ў разліках. Гэткі падыход на справе мае залежнасць ад фактычнага размяшчэння метэастанцый (пры выкарыстанні фактычных дадзеных надвор'я), мае невысокія часавыя (разлік адбываецца раз на суткі, не прапануецца прагнозу развіцця становішча) і прасторавыя (апісаны падыход больш падыходзіць для вызначэння становішча на вялікіх плошчах і не дазваляе дыферэнцыяваць пажарнае становішча ў межах вобласці ці драбнейшай адзінцы) характарыстыкі.

У якасці альтэрнатывы падобнаму падыходу можна разгледзіць сістэмы вызначэння пажарнай небяспекі лясоў у іншых краінах. Так, у Польшчы, у адпаведнасці з прынятымі ў 2015-м годзе зменамі ў заканадаўства [2], вызначэнне гарымасці лясоў ажыццяўляецца на падставе дадзеных датчыкаў, якія размешчаны непасрэдна ў лясах і вымяраюць вільготнасць подсілкі, тэмпературу паветра,

адносную вільготнасць паветра і колькасць. Разам з нарматывамі па колькасці станцый вымярэнняў на адзінку плошчы розных катэгорый лясоў гэта ўтварае дастаткова эфектыўны механізм кантроль стану ляснога фонду.

Аднак размяшчэнне мноства датчыкаў патрабуе як папярэднй апрабацыі, так і значных фінансавых інвестыцый, таму варта ўвагі падыход навукоўцаў з Канады, якія прапанавалі метадку вызначэння ўзроўню пажарнай небяспекі лясоў на падставе дадзеных аэракасічных здымкаў [3,4]. Для вызначэння стану ляснога фонду выкарыстоўваюцца вегетацыйныя індэкс – лікавыя паказнікі, звычайна выведзеныя эмпірычна, якія разлічваюцца ў выніку аперацый з рознымі спектральнымі каналамі здымкаў і дазваляюць ацаніць параметры расліннасці ў абраным пікселе. Былі абраныя і разлічаныя для кожнага пікселя тры вегетацыйныя індэкс (тэмпература паверхні TS , нармалізаваны рознасны вегетацыйны індэкс $NDVI$, нармалізаваны шматканальны індэкс засухі $NMDI$) і паказнік колькасці назапашанай вільгаці PW . У выніку параўнання значэння паказніка ў пікселе з сярэднім па аналізаванай тэрыторыі кожны піксель атрымлівае 0 ці 1 бал як адлюстраванне ўзроўню ўплыву гэтага фактара. Сумарна кожны піксель атрымоўвае суму балаў ад 0 да 4, якая адпавядае аднаму з пяці ўзроўняў пажарнай небяспекі. Сярэдняе значэнне гэтай сумы, атрыманай для канкрэтнай тэрыторыі, дазваляе ацэньваць узровень пажарнай небяспекі.

Варта зазначыць, што прасты перанос досведу замежных спецыялістаў немажлівы без адаптацыі пад умовы канкрэтнай мясцовасці. Ужыванне вышэйзгаданай метадкі на вялікай плошчы, якая змяшчае розныя кліматычныя зоны, дазваляе істотна рангаваць паказчыкі стану расліннасці і ў выніку дакладна вызначыць узровень пажарнай небяспекі. Аднак для тэрыторыі Беларусі, якая не мае гэтых значных кліматычных адрозненняў, гэты падыход не з'яўляецца аптымальным, бо яго выкарыстанне пры аднолькава высокім ці нізкім ўзроўню пажарнай небяспекі на ўсёй краіне можа прывесці да атрымання супрацьлеглага ўзроўню праз выключна параўнанне значэнняў без уліку абсалютных паказчыкаў.

Іншым істотным момантам з'яўляецца даступнасць аэракасічных дадзеных: перыядычнасць выканання здымкаў і іх якасць. Перыядычнасць выканання высакаякасных здымкаў спадарожнікамі сістэм дыстанцыйнага зандавання Sentinel-2 і Landsat 8 складае ад 3 да 7 дзён, таму варта выкарыстоўваць некалькі крыніц здымкаў адначасова. Выкарыстанне іншых сістэм, такіх як MODIS, дазваляе атрымліваць здымкі часцей (раз на суткі), але з меншым прасторавым дазволам і меншай колькасцю спектральных каналаў здымка. У любым выпадку, трэба ўлічваць праблему наяўнасці воблачнасці на здымку, бо ў адпаведнасці са шматгадовай статыстыкай [5], прыблізна 50-60% дзён з'яўляюцца воблачнымі (пры выкананні здымка ў поўдзень). Аналіз наяўных фотаздымкаў за мінулыя гады цалкам падцвярджае наяўнасць гэтай праблемы: для тэрыторыі Валожынскага лягасу з сакавіка па кастрычнік (245 дзён) 2019 году толькі 61 здымак сістэмы Sentinel-2 меў ступень хмарнасці менш за 20%, у 2020-м годзе такіх здымкаў было толькі 36 [6].

Адпаведна, прапанаваная сістэма павінна мець абарону ад узроўню хмарнасці. Мажліва выкарыстаць алгарытмы знаходжання хмарнасці на здымку, але ў най-

горшым выпадку (суцэльная хмарнасць падчас аднаго ці некалькіх запар здымкаў) яны таксама не здольныя выправіць становішча. Выйсцем з гэтай сітуацыі з'яўляецца распрацоўка метадыкі, якая сумяшчала б як аэракасмічныя дадзеныя, якія дазваляюць аператыўна ацэньваць стан расліннасці, так і іншыя дадзеныя, якія дазваляюць ацэньваць стан пажарнай небяспекі лясоў у выпадку часовай недаступнасці аэракасмічных дадзеных. Паколькі колькасць ападкаў, тэмпература паверхні і іншыя звесткі могуць быць атрыманыя незалежна ад дадзеных спадарожнікаў, слухным варыянтам з'яўляецца іх выкарыстанне для першаснай ацэнкі ўзроўню пажарнай небяспекі, каб пасля гэтае значэнне – у выпадку наяўнасці разлічаных па спадарожнікавых здымках вегетацыйных індэксаў – скарэктаваць для атрымання канчатковай ацэнкі ўзроўню пажарнай небяспекі ў лясах.

У якасці базавага паказніка (з дыяпазнам значэнняў ад 1 да 5, якія апавядаюць 5 класам пажарнай небяспекі) для першаснай ацэнкі пажарнага становішча якраз можа выкарыстоўвацца паказнік Дзічанкова, што забяспечыць пераемнасць падыходаў. Аднак гэты паказнік таксама з'яўляецца створаным штучна і не пазбаўлены недахопаў (так, яго абнуленне адбываецца ў адпаведнасці з сумай ападкаў, якія выпалі за суткі, аднак абгрунтавання значэнняў патрэбнай колькасці ападкаў не прыведзена), таму патэнцыйна надалей можа быць заменены на іншы. У якасці крыніцы метэаралагічных звестак выкарыстоўваўся набор дадзеных ERA5.

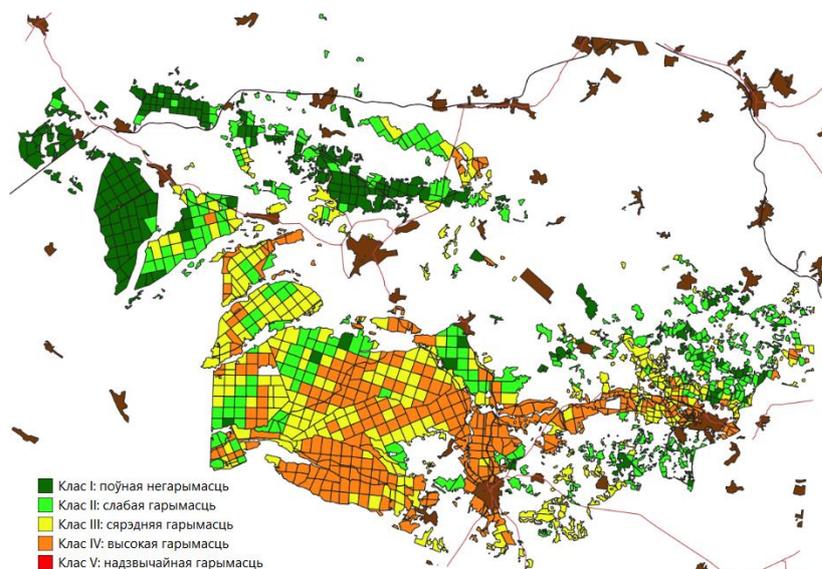
Для карэкцыі базавага паказніка былі абраныя тры вегетацыйныя індэксы. Індэкс наяўнасці «сухога» вугляроду PSRI выкарыстаны для ацэнкі колькасці біямасы, якая з'яўляецца сухой ці пачала адміраць. Для ацэнкі вільготнасці паверхні скарыстаны індэкс DMCI, што дазваляе ацаніць сухасць расліннага покрыва. Вільготнасць расліннасці будзе вызначацца па значэннях нармалізаванага рознаснага воднага індэкса NDWI.

Табліца 1 – Карэктавальныя каэфіцыенты кварталляў

Квартыль (для індэксаў PSRI, DMCI)	1	2	3	4
Квартыль (для індэкса NDWI)	4	3	2	1
Карэктавальны каэфіцыент K_i	-12	-16	16	12

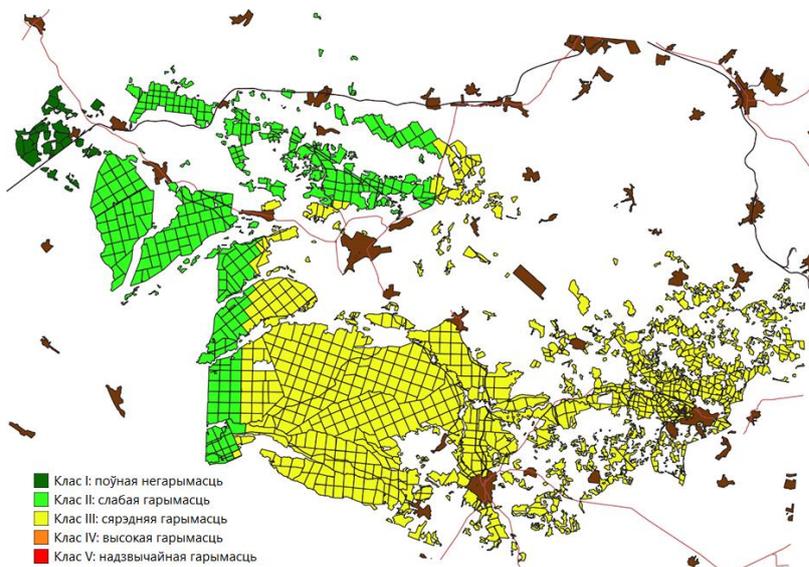
Вегетацыйныя індэксы з'яўляюцца эмпірычна выведзенымі паказнікамі, адпаведна пакуль цяжка выкарыстоўваць іх абсалютныя значэнні, таму рацыянальна скарыстаць вышэйзгаданы падыход з параўнаннем значэння ў пікселе з сярэднім па аналізаванай тэрыторыі. Даць лепшыя вынікі можа падзяленне значэнняў пікселяў не на дзве групы адносна сярэдняга значэння, а па чатырох кварталлях (з выкарыстаннем квантыляў $Q_1 = 0,25$, $Q_2 = 0,5$ і $Q_3 = 0,75$), пры гэтым кожнаму кварталю для ўсіх вегетацыйных індэксаў адпавядае свой карэктавальны каэфіцыент (табліца 1). Выніковы паказнік вызначаецца як сума базавага паказніка з усімі карэктавальнымі каэфіцыентамі, дзе 1 адпавядае поўнай негарымасці, а 5 – надзвычайнай гарымасці.

Былі праведзены разлікі класаў пажарнай небяспекі паводле прапанавай метадыкі для тэрыторыі Валожынскага лягасу на 10 чэрвеня 2020 году (выбар даты абумоўлены нізкім узроўнем хмарнасці на здымках), вынікі падзялення лясных кварталаў бачныя на рысунку 1.



Малюнак 1 – Карта размеркавання лясных кварталаў на класах пажарнай небяспекі на 10.06.2020 на прапанаванай методыцы

Параўнальны аналіз падзялення лясных кварталаў на класы пажарнай небяспекі паводле прапанаванай методыкі і стандарту СТБ 1408-2003 дазваляе заўважыць, што выкарыстанне вегетацыйных індэксаў у якасці ацэнкі стану расліннасці дазваляе больш дэталёва прарангаваць лясы па ўзроўню пажарнай небяспекі.



Малюнак 2 – Карта размеркавання лясных кварталаў на класах пажарнай небяспекі на 10.06.2020 на методыцы СТБ 1408-2003

Гэта, у сваю чаргу, мае істотнае значэнне для найбольш эфектыўнага правядзення прафілактычных мерапрыемстваў і размеркавання існуючых рэсурсаў. Варта зазначыць: няхай гэты падыход і патрабуе далейшай апрабавы і, магчыма, удасканалення, аднак ужо істотна павышае прасторавыя характарыстыкі ацэнкі пажарнай небяспекі, бо дазваляе пераходзіць ад ўзроўню раёнаў да непасрэдна лясных кварталаў.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг аэрокосмический. Номенклатура контролируемых параметров чрезвычайных ситуаций: СТБ 1408-2003 (ГОСТ Р 22.1.04-96): [введен впервые: дата введения 01.01.2004]. – Минск: Госстандарт, БелГИСС, печ. 2003. – III, 9 с.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska № 1070 z dnia 13 lipca 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://www.teraz-srodowisko.pl/prawo/rozporzadzenie-z-dnia-13-07-2015-dz.u.-2015-poz.-1070-820.html> – Дата доступу: 08.09.2021
3. Chowdhury E.H., Hassan Q.K. Development of a New Daily-Scale Forest Fire Danger Forecasting System Using Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 2015, 7, 2431-2448.
4. Ahmed M.R., Hassan Q.K., Abdollahi M. Introducing a New Remote Sensing-Based Model for Forecasting Forest Fire Danger Conditions at a Four-Day Scale. *Remote Sens.* 2019, 11, 2101.
5. Global cloud cover | Eclipsophile [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://eclipsophile.com/global-cloud-cover/> – Дата доступу: 12.11.2021
6. Copernicus Open Access Hub [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/> – Дата доступу: 15.11.2021

УДК 656.135

МОДИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАС- САЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
prolisko@mail.ru, lucking@mail.ru

An optimization model for organizing the work of the urban passenger public transport system is proposed, which consists in choosing a unique route for its movement. A necessary condition for the implementation of this optimization is the ability for passengers to register their final stops.

Существующий городской пассажирский транспорт условно можно разделить на две категории – общественный транспорт и такси.

Общественный (коммунальный) транспорт – разновидность пассажирского транспорта как отрасли, предоставляющей услуги по перевозке людей по маршрутам, которые перевозчик заранее устанавливает, доводя до общего сведения способ доставки, размер и форму оплаты, гарантируя регулярность (повторяемость движения), а также неизменяемость маршрута. [1]

К наиболее распространенными видами общественного транспорта относятся автобусы, троллейбусы, трамваи. Особенности данного вида транспорта являются [1]:

1. доступность услуги по перевозке широчайшим слоям населения, без каких-либо ограничений социального типа и с условиями оплаты этой услуги по установленным тарифам;

2. достаточная вместимость транспортного средства.

Такси – это, как правило, автомобиль, используемый для перевозки пассажиров в любую указанную точку с оплатой проезда по счётчику – таксометру.

Достоинствами такси, по сравнению с общественным транспортом являются:

1. отсутствие привязки к конкретному маршруту и, как следствие, наиболее быстрое перемещение конкретно по заданному адресу;
2. более комфортные условия поездки.

К недостаткам такси можно отнести:

1. сравнительно высокая цена поездки, зависящая от длины (времени) маршрута;
2. небольшая вместимость транспортного средства;
3. необходимость предварительного заказа этой услуги.

Предлагаемая модификация транспортной системы – это попытка объединения достоинств общественного транспорта и такси.

ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК

Пусть пассажиры, заходя на остановку, имеют возможность указать, каким-либо образом, свою конечную (целевую) остановку среди всех возможных остановок в данном городе, например, так, как предложено в [2]. Информация со всех остановок поступает в центральный компьютер системы. Транспортное средство (назовем его – бус) связано с центральным компьютером и движется между остановками по маршруту, зависящему от целевых остановок пассажиров в бусе и на остановках. Эти маршруты движения бусов могут быть оптимизированы по какому-либо критерию. Например, из всех возможных маршрутов центральный компьютер системы указывает каждому бусу такой маршрут, при котором для заданного промежутка времени оптимизируется один из показателей: а) общее время перевозки всех пассажиров на их целевые остановки (минимизируется); б) суммарное время ожидания пассажиров (минимизируется); в) количество перевезенных пассажиров (максимизируется). При этом необходимо учитывать ограничение на количество пассажиров в бусе.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

Пусть в городе имеется k остановок с номерами $i=1, \dots, k$. Номер является просто индексом и не определяет порядок прохождения. Полагаем, что у каждой остановки есть «близнец» на другой стороне улицы. Стартовые остановки-близнецы – это разные остановки со своим набором пассажиров. Целевые остановки-близнецы будем считать единой остановкой.

В системе также имеется r бусов с номерами $j=1, \dots, r$. Каждый бус в любой момент характеризуется как координатами, так и определенной стороной улицы.

Предлагается для заданного интервала времени Δt выбирать такие маршруты бусов, чтобы минимизировать целевую функцию

$$F(\Delta t) = \alpha \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} \Delta t_{i,j}^n + \beta \sum_{l=1}^k \sum_{p=1}^{m_l} \Delta t_{l,p}^o - \gamma \sum_{i=1}^r s_i, \quad (1)$$

где n_i – количество пассажиров в i -ом бусе; $\Delta t_{i,j}^n$ – время перевозки j -го пассажира в i -ом бусе; m_l – количество пассажиров на l -ой остановке; $\Delta t_{l,p}^o$ – время ожидания p -го пассажира на l -ой остановке; s_i – количество перевезенных пассажиров i -ым бусом. Сомножители α , β и γ – выбираются исследователем. Их величина определяет «значимость» соответствующей характеристики системы.

Считаем известными величины $L(i_1, s_1, i_2, s_2)$ – расстояния между остановками. Здесь i_1 – номер стартовой остановки, s_1 – ее сторона улицы, i_2 и s_2 – соответственно номер и сторона конечной остановки ($i_1, i_2 = 1, \dots, k$; $s_1, s_2 = 1, 2$). Для случая $i_1 = i_2$ это расстояние считается неопределенным независимо от сторон, т.к. такой маршрут в данной модели запрещен.

Также считаем известными величины $L'(j, i, s)$ – расстояния от начального положения буса с номером j до остановки с номером i на стороне s .

Для облегчения поиска оптимальных маршрутов на основе значений $L(i_1, s_1, i_2, s_2)$ построим списки $\lambda(i, s, z)$, где $i = 1, \dots, k$ – номер исходной остановки, $s = 1, 2$ – ее сторона, $z = 1, \dots, 2k - 2$. Каждый элемент списка – это структура, содержащая номер, сторону конечной остановки и расстояние до нее от i -й остановки. Списки $\lambda(i, s, z)$ отсортированы по неубыванию этих расстояний. Т.е. остановка, определяемая структурой $\lambda(i, s, z_1)$ находится относительно i -й остановки на стороне s не дальше, чем остановка, определяемая структурой $\lambda(i, s, z_2)$ если $z_1 < z_2$.

Используя $L'(j, i, s)$, построим также списки структур $\lambda'(j, z)$, $z = 1, \dots, 2k$, задающие отсортированные по не убыванию расстояний до остановки относительно начального положения j -го буса.

Поиск оптимальных маршрутов может производиться различными методами. Например, в работе [3] данную задачу предлагается решать, используя математический аппарат комбинаторных аукционов. Авторами для поиска оптимальных маршрутов предлагается использовать перебор с возвратом всех возможных маршрутов, используя списки $\lambda'(j, z)$ и $\lambda(i, s, z)$. Оптимальное перемещение между начальным положением буса и остановкой или между остановками, почти наверняка, находятся среди начальных элементов этих списков. Поэтому время поиска значительно сокращается. Из рассматриваемых маршрутов исключаются переезды на пустые остановки если в бусе отсутствуют пассажиры, для которых эти остановки – целевые.

Заключение

Предлагаемая математическая модель системы перевозки пассажиров была протестирована методами имитационного моделирования. Получены достаточно хорошие результаты.

Список использованных источников

1. Общественный транспорт [Электронный ресурс] Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общественный_транспорт
2. Пролиско, Е.Е. Возможности и перспективы беспилотного городского общественного транспорта [Текст] / Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. междунар. науч. конф. Т. 9. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 16-23.
3. Сатунин, С.В. Применение комбинаторных аукционов для планирования маршрутов в моделировании задачи «транспорт по запросу» [Текст] / С.В. Сатунин // Бизнес-Информатика. – 2009. – № 4 (10). – С. 3-9.

ПАДЫХОД ДА АЦЭНКІ САЦЫЯЛЬНА-ЭКАНАМІЧНЫХ РЫЗЫК, ПРЫЧЫНАЙ ЯКІХ З'ЯЎЛЯЕЦЦА РАЧНАЯ ПАВОДКА

А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, Д.А. Пятроў, М.М. Шэшка
Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь, optimum@tut.by

The approach to forecast damage caused by flooding of anthropogenic-transformed territories in a river floodplain of a plain type is presented. Spatial analysis of the level of the territory usage and the depth/duration of flooding is proposed, the results of which are applicable in preparation of maps of the socio-economic risks associated with flooding.

Калі разглядаць перыяд існавання тэрыторыі г. Брэста, пры якім назіралася нязначная тэхнагенная інтэграцыя ў бытавую і вытворчую сферу, небяспечныя метэаралагічныя і гідралагічныя з'явы не прычынялі значнай матэрыяльнай і сацыяльнай шкоды. Гэта складалася ў выкарыстанні прылад працы і хатняга побыту, у якіх не было энергазалежных механізмаў. Падобная ж сітуацыя назіралася і ў сферы аграрнай вытворчасці, адсутнасць значнага механізавання дазваляла менш балюча пераносіць такога роду прыродныя з'явы.

Ва ўмовах сталага паглыблення тэхнагеннага пераўтварэння прыродных ландшафтаў усё больш значнай становіцца праблема іх абароны ад натуральных прыродна-кліматчных з'яў. Калі разглядаюць мерапрыемствы па абароне ад падтаплення і затоплення тэрыторыі, у асноўным маюцца на ўвазе тэхнічныя (гідратэхнічныя) збудаванні, якія кіруюць становішчам водных мас у часе і прасторы. Пры гэтым не менш важным элементам з'яўляецца прагназаваць развіцця прыродна-кліматчных з'яў, іх эканамічны і сацыяльны эфект.

У выніку прымянення распрацаваных алгарытмаў і існуючых у цяперашні час лічбавых мадэляў рэльефу (ЛМР) можна атрымаць не толькі зону затоплення тэрыторыі, але і яе ізабаты (ізалініі роўных глыбінь). Гэта дазволіць класіфікаваць тэрыторыю па рознай глыбіні затоплення і такім чынам стварыць для іх геаметрычныя палігоны, якія выкарыстоўваюцца ў геаінфармацыйных сістэмах (ГІС). Ужыванне такога роду падыходу дае магчымасць больш дакладна ацаніць эканамічныя і сацыяльныя наступствы затоплення ці падтаплення тэрыторыі.

Мы карысталіся такім падыходам каб ацэньваць рызыку сацыяльна-эканамічнай шкоды ў выніку ўздзеяння небяспечных гідралагічных з'яў з ужываннем пакета разліковых алгарытмаў ArgGIS Spatial Analyst, прызначэнне якога - праца з растравымі картамі розных выглядаў геаграфічных з'яў. Папярэдне для гэтага патрабуецца падрыхтаваць тэматычныя пласты ГІС (лічбавыя пласты) тэрыторый з розным узроўнем эканамічнай эфектыўнасці, балансавага кошту і сацыяльнага значэння. Такім чынам, можна абагульніць доследную тэрыторыю з сацыяльна-эканамічнага пункту гледжання.

У сваю чаргу такі падыход патрабуе поўнай і дэталёвай ГІС з тэхнічнымі і тэхналагічнымі параметрамі тэхнагенных аб'ектаў, што для вялікіх тэрыторый можа аказацца праблемным з-за адсутнасці такога роду інтэграванай сістэмы, і

пры гэтым дакладнасць ацэнак павысіцца не значна. Гэта звязана з тым, што некаторае ўзбуйненне і абагульненне пры выкананні такога роду адзнак дазваляе згладзіць памылкі прагнозу зоны затаплення. Для прадстаўлення такога эфекту можна правесці разумовы эксперымент: калі прагноз зоны затаплення быў выкананы з дакладнасцю 100-500 м, і на тэрыторыі ў межах дакладнасці прагнозу знаходзіцца аб'ект з вялікай эканамічнай значнасцю, у гэтым выпадку эканамічны ўрон будзе значна завышаны. Завышэнне эканамічнай шкоды апынецца прапарцыйным дробу, у лічніку якога - эканамічная эфектыўнасць (або балансавы кошт, або сацыяльная значнасць) такога аб'екта, а ў назоўніку - яе асярэдненае значэнне па тэрыторыі затаплення.

У залежнасці ад глыбіні вады праводзіцца ацэнка велічыні сацыяльна-эканамічнага ўрону, які прыпадае на адзінку плошчы. Для ўліку дадзеных асаблівасцяў можна выкарыстоўваць вагавыя каэфіцыенты, якія былі атрыманы ў выніку папярэдняга фізічнага, тэхнічнага і эканамічнага аналізу ўплыву глыбіні вады дадзенай тэрыторыі на велічыню шкоды. Пры гэтым дастаткова эфектыўным з'яўляецца вызначэнне вагавых каэфіцыентаў з дапамогай метаду экспертных адзнак.

Улік працягласці затаплення (ці падтаплення) тэрыторыі можна вырабляць на аснове вагавых каэфіцыентаў, аналагічна таму, як гэта робіцца ў выпадку глыбіні вады.

Такім чынам, колькасную адзнаку рызыкі можна прадставіць у выглядзе здабытку спалучэнняў верагоднасцяў наступу падзей затаплення і яго працягласці на адзнаку сацыяльна-эканамічнай значнасці j -га ўчастку тэрыторыі:

$$R = E_j \cdot (p_{i,j}^h \cdot p_{i,j}^t) = \sum_{i=1}^n (p_{i,j}^h \cdot k_{i,j}^h) \cdot (p_{i,j}^t \cdot k_{i,j}^t) \cdot F_i \cdot e_j$$

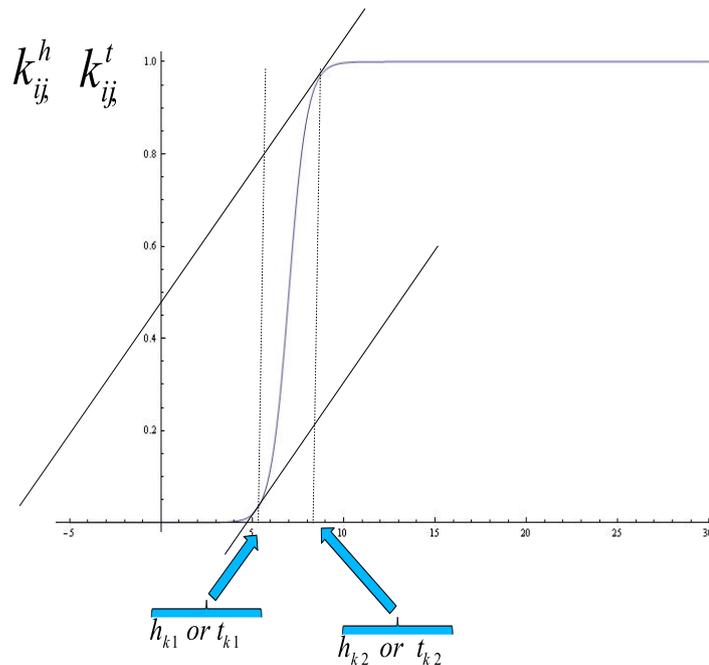
дзе E_j - велічыня шкоды j -га віду ўгоддзяў у грашовых адзінках; $p_{i,j}^h, p_{i,j}^t$ - імавернасны ацэнкі глыбіні і працягласці затаплення j -га ўчастку тэрыторыі i -той плошчы; $k_{i,j}^h, k_{i,j}^t$ - адпаведна безпамерныя вагавыя каэфіцыенты, якія ўлічваюць глыбіню стаяння вады і яе працягласць для i -га ўчастку j -га віду ўгоддзяў; F_i - плошча i -га ўчастку, утворанага скрыжаваннем палігона j -га віду ўгоддзяў і палігона затаплення, класіфікаванага па глыбіні і працягласці стаяння вады, у адзінках плошчы; e_j - удзельная эфектыўнасць (або балансавы кошт, або сацыяльная значнасць) j -га віду ўгоддзяў у грашовых адзінках на адзінку плошчы.

Вагавыя каэфіцыенты вызначым праз сігнальныя функцыі наступным чынам:

$$k^h = 0,5 \left(\frac{e^{2(h \cdot a_h + b_h)} - 1}{e^{2(h \cdot a_h + b_h)} + 1} + 1 \right)$$

$$k^t = 0,5 \cdot t \cdot \left(\frac{e^{2(t \cdot a_t + b_t)} - 1}{e^{2(t \cdot a_t + b_t)} + 1} + 1 \right)$$

дзе a_h, b_h, a_t, b_t - параметры функцыі, якія вызначаюцца зыходзячы з кропак перагіну гіпербалічнага тангенса (мал. 1). У гэтым выпадку кропкі перагіну адпавядаюць першай і другой крытычным зонам.



Малюнак 1- Схема вызначэння параметраў сігнальнай функцыі

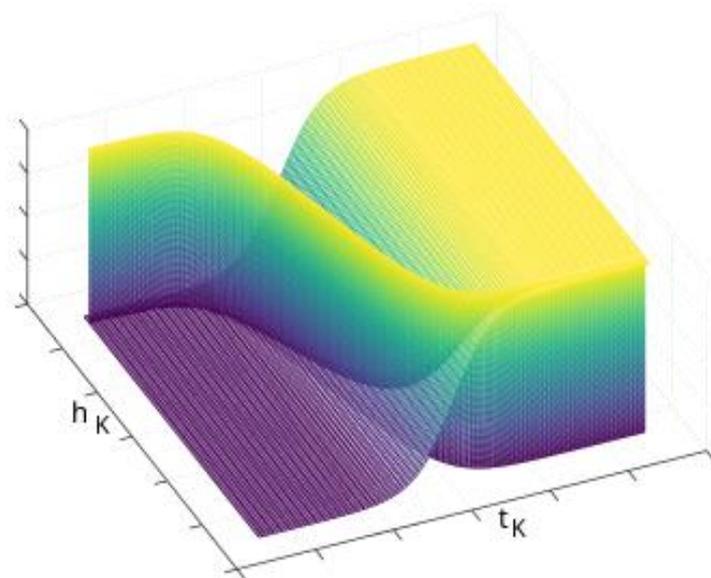
На малюнку можна бачыць сігнальную функцыю, дзе паказаны дзве крытычныя зоны ўмоў фармавання шкод ад адзатаплення (а адпаведна і рызык іх узнікнення). На восі абсцыс пазначаны параметры глыбіні і працягласці затаплення, якія задаюцца вагавымі каэфіцыентамі, і значэнні якіх залежаць ад крытычных зон $k1$ і $k2$. Крытычныя зоны, у сваю чаргу, вызначаюцца фізічнымі і сацыяльнымі ўмовамі фармавання шкоды. Такім чынам, можна вылучыць 3 зоны фармавання шкодаў:

1. Першая зона адпавядае глыбіні/працягласці затаплення, пры якіх памер шкоды набывае вылічальныя значэнні.
2. Другая зона - шкода лінейна ўзрастае з павелічэннем фактару (глыбіня або час затаплення);
3. Трэцяя зона адпавядае глыбіні/працягласці затаплення, павелічэнне якіх не прыводзіць да павелічэння шкоды, а характарызуецца выведзенымі з абарачэння пляцамі і фактычнай шкодай, вылічанай для другой зоны.

На прыкладзе вызначэння вагавага каэфіцыента часу затаплення, вызначым параметры функцыі па наступнай схеме

$$\begin{aligned} \text{пры } h = h_{k1}, \frac{dk^h}{dh} &\rightarrow 1 \\ \text{пры } h = h_{k2}, \frac{dk^h}{dh} &\rightarrow 1 \end{aligned} \rightarrow \begin{bmatrix} a_h \\ b_h \end{bmatrix}$$

Таксама варта адзначыць адрозненні ва ўраўненнях для вызначэння вагавага каэфіцыента глыбіні затаплення і яго працягласці. У выпадку ўзаемасувязі глыбіні затаплення, пры перавышэнні нейкага ўзроўню шкода перастае расці практычна поўнаасцю. Аднак разглядаючы час затаплення, з вызначанага моманту ў якасці шкоды можна разглядаць толькі пастаянныя выдаткі, памер якіх аказваецца прама прапарцыяльным часу выключэння затопленых тэрыторый з гаспадарчага абароту.



Малюнак 2 – 3D-мадэль для знаходжання лініі перасячэння сігнальных функцый

Можна меркаваць, што пры прадстаўленні функцыі ў выглядзе 3D-мадэлі, лінія перасячэння паверхняў адлюстроўвае найбольш крытычную зону і максімальныя рызыкі з пункту гледжання сацыяльна-эканамічных наступстваў, фармуючы такім чынам у трохмерных каардынатах крывую найбольшага ўрону (мал. 2).

Праца выконвалася пры фінансавай падтрымцы ДПНД «Лічбавыя і касмічныя тэхналогіі, бяспека грамадства і дзяржавы».

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Петров, Д.О. Оценка адекватности применения геометрических методов для построения зоны затопления пойм равнинных рек / Д.О. Петров, А.А. Волчек // Туристический и природный потенциал водных объектов белорусско-польского пограничья: материалы науч.-практ. конференции (Брест, 30-31 октября 2020 года) / гл. ред. Н.В. Михальчук – Брест : Альтернатива, 2020. – С. 127–130.
2. Петров, Д.О. Алгоритм вычисления границ области затопления для речной сети с моделированием распространения воды по растровому представлению рельефа / Д.О. Петров, А.А. Волчек, Д.А. Костюк // Доклады БГУИР. – 2016. – №5 (99) – С. 73–78.
3. Šugareková, Flood risk assessment and flood damage evaluation – the review of the case studies / M. Šugareková, M. Zeleňáková // Acta hydrologica Slovaca, Vol. 22, No. 1, 2021, pp. 156 – 163.
4. Godyń, I. A revised approach to flood damage estimation in flood risk maps and flood risk management plans, Poland / I. Godyń // Water, 2021, iss. 13, no. 19: 2713.
5. Мирончик, В.М. Прогноз уровня затопления и экономического ущерба в пойме рек на основе ArcView / В.М. Мирончик, В.А. Саечников // ГИС и природные ресурсы, №. 1 (20), 2002.
6. Петров, Д.О. Система расчёта и визуализации зоны затопления на основе клеточного автомата / Д.О. Петров, А.А. Волчек, Д.А. Костюк, Н.Н. Шешко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году науки в Респ. Беларусь: в 2 ч., Брест, 25 – 27 сент. 2017 г. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров. – Брест: БрГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 145–148.

КЛЕТКАВЫ АЎТАМАТ ДЛЯ МАДЭЛЯВАННЯ ДАЖДЖАВОГА СЦЁКУ

А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, Д.А. Пятроў, М.М. Шэшка

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
polegdo@gmail.com

The two-dimensional cellular automaton and a reasonable simplifications for the shallow water (Saint-Venant) differential equations based model, for the computational simulation of rain surface runoff is proposed. The adequacy analysis of the calculations performed in their practical application is presented.

Для ўрбанізаваных тэрыторый становіцца характэрным узнікненне пазаштатных сітуацый, прычына якіх - рэзкае павелічэнне дажджавога сцёку. Мэтай прадстаўленых даследаванняў з'яўляецца распрацоўка спрошчанай двухмернай мадэлі руху водных патокаў па лічбавых мадэлях рэльефу (ЛМР) мясцовасці ў зоне гарадской забудовы, якая дзейнічае сумесна з мадэллю сістэмы ліўневай каналізацыі.

Зыходныя дадзеныя для мадэлявання - гэта ЛМР мясцовасці ў выглядзе матрыцы вышынных адзнак і граф схемы злучэнняў калодзежаў ліўневай каналізацыі трубамі. Мадэль пабудавана з улікам апісаных ніжэй умоў і абмежаванняў. Маштаб ЛМР падбіраецца такім, каб на кожны элемент мадэлі рэльефу прыходзілася не больш за адзін калодзеж ліўневай каналізацыі. Кожная з труб характарызуецца дыяметрам, даўжынёй, ухілам і велічынёй каэфіцыента гідраўлічнага супраціву, а характарыстыкі калодзежа - гэта яго аб'ём, глыбіня, прапуская здольнасць дажджапрымальніка і элемент матрыцы вышынных адзнак рэльефу мясцовасці, на тэрыторыі якога ён знаходзіцца. З кожным элементам ЛМР мясцовасці, акрамя вышыні яго размяшчэння і плошчы, звязана велічыня каэфіцыента гідраўлічнага супраціву. У склад зыходных дадзеных уваходзіць гідрограф, які адлюстроўвае змену інтэнсіўнасці ападкаў у часе па ўсёй плошчы мадэлі рэльефу мясцовасці.

Тэарэтычнай асновай мадэлявання дажджавога павярхоўнага сцёку з'яўляецца разлік дынамікі руху водных патокаў, які апісваецца сістэмай двухмерных раўнанняў дробнай вады (Сэн-Венана) [1]. Для спрашчэння разліку замест колькаснага рашэння ўраўненняў метадам канчатковых аб'ёмаў прымяняецца двухмерны клеткавы аўтамат (КА) [2 - 4]. Мадэляванне сцёку вады ў сістэме ліўневай каналізацыі адбываецца спрошчана, з выкарыстаннем адпаведнага двухмернага клеткавага аўтамата [5, 6]. Абодва КА выконваюць ітэрацыі сінхронна: працягласць ітэрацыі ўяўляе сабой зменную велічыню і з цягам часу мадэлявання падвяргаецца пераразліку.

Тэхнічна ўзаемадзеянне КА адбываецца наступным чынам. КА мадэлявання павярхоўнага сцёку разлічвае паступленне ападкаў на паверхню элементаў ЛМР, вылічае аб'ёмы вады, якая перамяшчаецца паміж элементамі мадэлі

рэльефу, вызначае неабходную працягласць ітэрацыі і ажыццяўляе размеркаванне павярхоўнага сцёку па мадэлі рэльефу мясцовасці. Затым КА мадэлявання ліўневай каналізацыі разлічвае прыток вады з паверхні элементаў ЛМР у калодзежы за прамежак часу паводле прапускной здольнасці дажджапрыёмнікаў. На наступных этапах вырашаюцца задачы паступлення вады з напоўненых калодзежаў у каналізацыйныя трубы, перамяшчэння прысутных у трубах аб'ёмаў вады паміж студнямі і магчымым выцяканні залішняй вады з перапоўненых калодзежаў на паверхню.

Матэматычнай асновай для разліку хуткасці руху водных мас як па зямной паверхні, так і па трубах служаць вядомыя эмпірычныя залежнасці, такія як формула Манінга для хуткасці воднага патоку ў адчыненым рэчышчы і формула Хазена-Вільямса для хуткасці воднага патоку ў трубапаводзе:

$$v = \frac{1}{n} [R^h]^{\frac{2}{3}} \sqrt{S^h}, \quad (1)$$

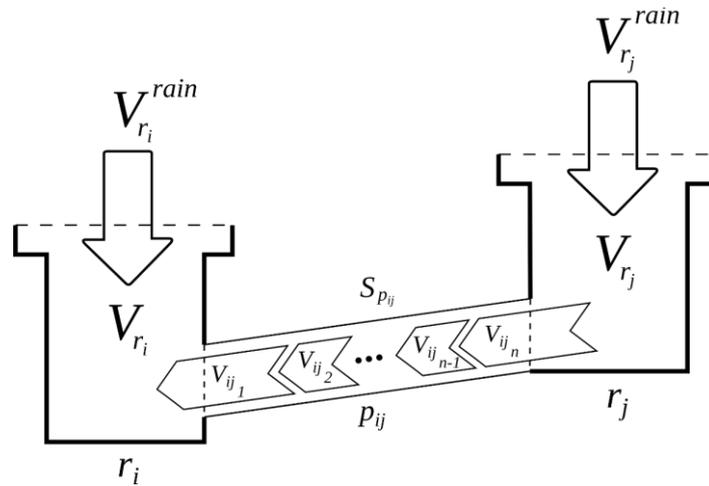
$$v = 0,849(C[R^h]^{0,63}[S^h]^{0,54}) \quad (2)$$

дзе n – каэфіцыент шурпатасці па Манінгу, C – каэфіцыент шурпатасці па Хазену-Вільямсу, R^h – гідраўлічны радыус, S^h – гідраўлічны ўхіл.

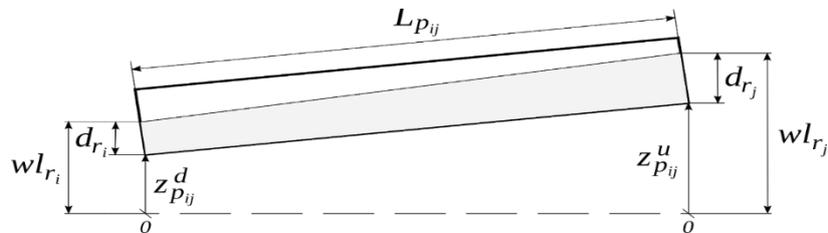
Асобна варта спыніцца на ўжыванні формул (1) і (2) пры разліку руху вады па трубах: формула (1) выкарыстоўваецца для вылічэння хуткасці ў тым выпадку, калі глыбіня вады ў трубе меней 95% яе дыяметра, у адваротным выпадку варта ўжываць формулу (2) [5, 6].

На аснове працы [5] быў распрацаваны двухмерны клеткавы аўтамат для мадэлявання сістэмы вулічнай ліўневай каналізацыі, які ўяўляе сабой мноства элементаў $r_i \in R$. Кожны элемент $r_i \in R$ адпавядае калодзежу ліўневай каналізацыі, які мае наступныя атрыбуты: $V_{r_i}^{max}$ – максімальны аб'ём умяшчальнай вады (m^3), V_{r_i} – аб'ём назапашанай вады (m^3), d_{r_i} – глыбіня назапашанай вады (м), wl_{r_i} – вышыня ўзроўню назапашанай вады (м), $Q_{r_i}^{rain}$ – прапускная здольнасць устаноўленага дажджапрыёмніка (m^3/c), якая залежыць ад глыбіні пласта вады што яе пакрывае (гл. малюнак 1).

Пары калодзежаў $[r_i, r_j] \in R$ звязаны паміж сабой трубамаі $p_{ij} \in P$. Кожная труба $p_{ij} \in P$ мае наступныя атрыбуты: $D_{p_{ij}}$ – дыяметр (м), $L_{p_{ij}}$ – даўжыня (м), $z_{p_{ij}}^d$ – вышыня ніжняга краю трубы з боку калодзежа r_i (м), $z_{p_{ij}}^u$ – вышыня ніжняга краю трубы з боку калодзежа r_j (м), $V_{p_{ij}}^{max}$ – максімальны аб'ём вады, якая можа ў ім змясціцца (m^3), $V_{p_{ij}}$ – аб'ём вады, якая ў ім знаходзіцца (m^3), $n_{p_{ij}}$ – каэфіцыент шурпатасці па Манінгу, $C_{p_{ij}}$ – каэфіцыент шурпатасці па Хазену-Вільямсу (гл. малюнак 2).



Малюнак 1 – Перамяшчэнне вады паміж суседнімі калодзежамі r_i і r_j , якія злучаны трубой p_{ij} , дзе V_{r_i} і V_{r_j} – аб'ёмы вады ў калодзежах, $V_{r_i}^{rain}$ і $V_{r_j}^{rain}$ – аб'ёмы вады, якая паступіла праз дажджапрыёмнікі, $V_{ij_1} \dots V_{ij_n}$ – аб'ёмныя сегменты вады, якія перамяшчаюцца па трубе p_{ij} і знаходзяцца ў чарзе $S_{p_{ij}}$

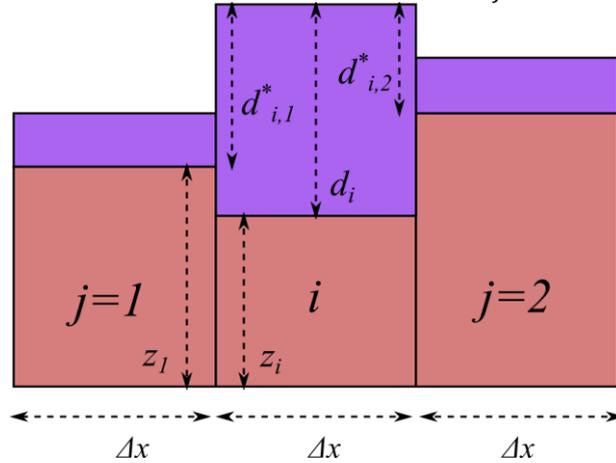


Малюнак 2 – Схема для тлумачэння разліку вышыні ўзроўня вады wl_{r_i} і wl_{r_j} ў двух суседніх калодзежах ліўневай каналізацыі r_i і r_j , якія злучаны трубой p_{ij} з даўжынёй $L_{p_{ij}}$, дзе $z_{p_{ij}}^d$ – вышыня ніжняга краю трубы з боку калодзежа r_i , адпаведна $z_{p_{ij}}^u$ – вышыня ніжняга краю трубы з боку калодзежа r_j . Глыбіня вады ў калодзежах r_i і r_j – велічыні d_{r_i} і d_{r_j} адпаведна.

Згодна з прынятай мадэллю ліўневай каналізацыі, перамяшчэнне вады ў трубах $p_{ij} \in P$ у напрамку ад калодзежа $r_j \in R$ да калодзежа $r_i \in R$ адбываецца ў выглядзе паслядоўнасці сегментаў вады пераменнага аб'ёму V_{ij} (m^3), з кожным з якіх звязаны час t_i (с) прыбыцця ў калодзеж $r_i \in R$ – таму з кожнай трубой $p_{ij} \in P$ звязана чарга $S_{p_{ij}}$ сегментаў вады, якая арганізавана па прынцыпе «першым прыйшоў - першым выйшаў» (гл. малюнак 3). Абзначым як $U_{r_{ij}}$ мноства калодзежаў $r_j \in R$, якія непасрэдна звязаны трубой $p_{ij} \in P$ з калодзежам $r_i \in R$ і якія пры гэтым знаходзяцца вышэй за яго па цячэнні. Для мадэлявання адводу дажджавога сцёку за межы ўрбанізаванай тэрыторыі сістэма ліўневай каналізацыі злучаецца трубамаі з калодзежамі, у якіх максімальны аб'ём $V_{r_i}^{max} = \infty$.

На аснове працы [4] быў створаны двухмерны КА для мадэлявання дажджавога сцёку, які ўяўляе сабой мноства элементаў $k_i \in K$. Размяшчэнне $k_i \in K$ супадае з размяшчэннем квадратных па форме элементаў ЛМР ўчастку мясцовасці, на якую выпадаюць вадкія ападкі ў выглядзе дажджу, пры гэтым мяркуецца, што назапашаная вада не пакідае меж ЛМР. Абзначым мноства

елементаў КА, якія знаходзяцца ў наваколлі Дж. фон Нэймана адносна $k_i \in K$ як $k_j \in N^{k_i}$. Падмноства элементаў $k_j \in N^{k_i}$, якія могуць атрымаць ненулявы аб'ём вады шляхам ператоку ад k_i , абазначым як $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$.



Малюнак 3 – Вялічыня эфектыўнай глыбіні вады d_{ij} для элемента k_i ў напрамку суседзяў $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$

Для кожнага элемента КА вызначаны наступныя атрыбуты (гл. малюнак 3): $z_i, \Delta x, A, n_i$ – вышыня (м), даўжыня боку (м), плошча (m^2) і каэфіцыент шурпатасці па Манінгу адпаведнага элемента ЛМР; d_i – глыбіня пласта вады (м); $S_{ij} = (w_l - w_j) / \Delta x = \Delta w_{lij} / \Delta x$ – гідраўлічны ўхіл паміж k_i і $k_j \in N^{k_i}$, дзе $w_l = d_i + z_i$ і $w_j = d_j + z_j$ – вышыня узроўня вады (м); w_{lijmax} – максімальная вышыня ўзроўню вады сярод $k_j \in N^{k_i}$; $d_{ij} = w_l - z_j$ – эфектыўная глыбіня вады (м) для элемента k_i ў напрамку $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$; $v_{ij} = [(d_{ij})^{2/3} \sqrt{S_{ij}}] / n_i$ – скорасць плыні вады (м/с) паміж k_i і $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$; $Q_{ij} = \Delta x \cdot d_{ij} \cdot v_{ij}$ – расход вады (m^3/c) паміж k_i і $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$; Q_{ijmax} – расход вады (m^3/c) паміж k_i і суседнім элементам з максімальнай вышынёй ўзроўню вады сярод $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$; $\Delta t_i = [(w_l - w_{lijmax}) \cdot A] / (\sum Q_{ij} + Q_{ijmax})$ – прамежак часу (с), за які ў працэсе перацякання вады ад элемента k_i да ўсіх суседзяў, для якіх справядліва ўмова $w_l - w_j \geq \delta$, адбудзецца выраўноўванне вышыні ўзроўню вады ў элеменце k_i з тым суседам, у якога раней была зафіксавана вышыня ўзроўню вады роўная w_{lijmax} ; $V_{ij}^{out} = Q_{ij} \cdot \Delta T$ – аб'ём вады, які перадаецца ад k_i у напрамку $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$, дзе ΔT – крок часу (с) для КА на цяперашняй ітэрацыі мадэлявання; $V_i^{out} = \sum V_{ij}^{out}$ – сумарны аб'ём вады (m^3), які пакідае элемент k_i у напрамку ўсіх $k_j \in N_{V_{ij}}^{k_i}$ на цяперашняй ітэрацыі мадэлявання; $V_i = \sum V_{ji}^{out}$ – сумарны аб'ём вады (m^3), які паступіў ад усіх элементаў $k_j \in N^{k_i}$ у напрамку k_i на цяперашняй ітэрацыі мадэлявання.

Разгледзім правіла змены стану КА паверхневага сцёку.

Перад пачаткам ітэрацыі глыбіня вады d_i для кожнага элемента $k_i \in K$ прыраўноўваецца таўшчыні пласта вады ад выпадзення ападкаў за 1 секунду, і ва ўнутраным часе мадэлі (які супадае для абодвух КА) праходзіць 1 секунда:

$t = 1$. Правіла сінхроннай змены стану элементаў $k_i \in K$ на кожнай ітэрацыі мадэлявання апісваецца наступнай паслядоўнасцю крокаў:

1. Значэнні V_{ij}^{out} і V_i^{out} абнуляюцца, Δt_i прымаецца роўным ∞ , $N_{V_{ij}}^{k_i} \equiv \emptyset$;
2. Калі ўмова $d_i < \delta$ ($\delta = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м) выканана, адбываецца пераход да кроку 8;
3. Выконваецца разлік $S_{ij} = (wl_i - wl_j) / \Delta x = \Delta wl_{ij} / \Delta x$ для $k_j \in N^{k_i}$;
4. Элементы $k_j \in N^{k_i}$, для якіх справядліва няроўнасць $S_{ij} > \delta$ ўключаюцца ў мноства $N_{V_{ij}}^{k_i}$;
5. Выконваецца разлік $\Delta t_i = [(wl_i - wl_{ijmax}) \cdot A] / (\sum Q_{ij} + Q_{ijmax})$;
6. Прыняць значэнне $\Delta T = \min(\Delta t_i)$ – адшуканне мінімальнага Δt_i выконваецца ва ўсім мностве $k_i \in K$;
7. Выконваецца разлік $V_{ij}^{out} = Q_{ij} \cdot \Delta T$ і $V_i^{out} = \sum V_{ij}^{out}$;
8. Выконваецца разлік $V_i = \sum V_{ji}^{out}$;
9. Змяншаецца d_i на велічыню V_i^{out} / A ;
10. Дадаецца да d_i сума V_i / A і таўшчыня пласта вады, якая выпала з ападкамі за прамежак часу ΔT ;
11. Калі ў дадзенага элемента $k_i \in K$ ёсць сувязь з калодзежам ліўневай каналізацыі $r_i \in R$, то выконваюцца наступныя дзеянні:

1. Калі $V_{r_i} > V_{r_i}^{max}$, то выконваецца павелічэнне d_i ў адпаведнасці з аб'ёмам вады $V_{r_i}^{out} = V_{r_i} - V_{r_i}^{max}$, які паступіў з калодзежа; пры гэтым аб'ём вады, які застаўся ў калодзежы, прыраўноўваецца $V_{r_i}^{max}$, а змяненне стану элемента на гэтым кроку заканчваецца;

2. Калі $V_{r_i} = V_{r_i}^{max}$, то змяненне стану элемента $k_i \in K$ на гэтым кроку заканчваецца;

3. Калі $V_{r_i} < V_{r_i}^{max}$, то на падставе прапускной здольнасці дажджапрыёмніка на калодзежы $Q_{r_i}^{rain}$ (якая залежыць ад глыбіні вады d_i) выконваецца разлік аб'ёму вады $V_{r_i}^{rain} = Q_{r_i}^{rain} \cdot \Delta T$;

4. Калі $V_{r_i}^{rain} > A \cdot d_i$, то $V_{r_i}^{rain} = A \cdot d_i$;

5. Калі $V_{r_i}^{rain} > 0$, то атрыманы аб'ём вады дадаецца да аб'ёму вады V_{r_i} , што ўжо знаходзіцца ў калодзежы $r_i \in R$: $V_{r_i} = V_{r_i} + V_{r_i}^{rain}$;

6. Калі $V_{r_i} > V_{r_i}^{max}$, то $V_{r_i}^{rain} = V_{r_i} - V_{r_i}^{max}$ і $V_{r_i} = V_{r_i}^{max}$;

7. Змяншаецца d_i ў адпаведнасці з аб'ёмам вады $V_{r_i}^{rain}$, які быў перамешчаны з элемента $k_i \in K$ ў калодзеж $r_i \in R$.

Разгледзім правіла змены стану КА сістэмы ліўневай каналізацыі.

Перад пачаткам ітэрацыі аб'ём назапашанай вады V_{r_i} , глыбіня вады d_{r_i} і вышыня ўзроўню вады wl_{r_i} для кожнага калодзежа $r_i \in R$ абнуляецца, таксама спусташаюцца чэргі $S_{p_{ij}}$ для ўсіх труб $p_{ij} \in P$. Правіла сінхроннай змены стану $[r_i, r_j] \in R$, дзе $r_j \in U_{r_{ij}}$ на кожнай ітэрацыі мадэлявання апісваецца наступнай паслядоўнасцю крокаў:

1. Пры наяўнасці ў чарзе $S_{p_{ij}}$ сегментаў вады V_{ij} з часам прыбыцця $t_i < t$ выконваецца разлік іх сумарнага аб'ёму V_{r_i} , выдаленне іх з чаргі, памяншэнне

аб'ёму вады $V_{p_{ij}}$ ў трубе p_{ij} на велічыню V_{r_i} і адпаведна павелічэнне аб'ёму вады V_{r_i} ў калодзежы r_i на велічыню V_{r_i} ;

2. Выконваецца разлік вышыні ўзроўняў вады $wl_{r_i} = z_{p_{ij}}^d + d_{r_i}$, $wl_{r_j} = z_{p_{ij}}^u + d_{r_j}$;

3. Калі $d_{r_j} > 0$, то выконваюцца наступныя дзеянні:

1. Вылічаецца гідраўлічны ўхіл $S_{ij}^h = (wl_{r_j} - wl_{r_i})/L_{p_{ij}}$ і гідраўлічны радыус $R_{r_j}^h$;

2. Вызначаецца хуткасць перацякання вады v_{ij} (м/с) паміж калодзежамі r_i і r_j з дапамогай формулы (1), калі d_{r_j} менш за 95% $D_{p_{ij}}$ – у адваротным выпадку прымяняецца формула (2);

3. Вылічаецца расход вады $Q_{ij} = v_{ij} \cdot A_{r_j}$ (м³/с), дзе A_{r_j} – плошча сячэння воднага патоку з боку калодзежа r_j ;

4. Разлічыць аб'ём сегмента вады $V_{ij} = Q_{ij} \cdot \Delta T$, які паступае з калодзежа r_j ў трубу p_{ij} ;

5. Калі $V_{p_{ij}} + V_{ij} > V_{p_{ij}}^{max}$, то памяншаецца аб'ём сегмента: $V_{ij} = V_{p_{ij}}^{max} - V_{p_{ij}}$;

6. Памяншаецца аб'ём назапашанай вады V_{r_j} на велічыню аб'ёму V_{ij} выходнага з калодзежа сегмента;

7. Дадаецца аб'ём V_{ij} сегмента, які паступае, да агульнага аб'ёму вады $V_{p_{ij}}$ ў трубе p_{ij} ;

8. Сегмент V_{ij} змяшчаецца ў чарзе $S_{p_{ij}}$ і выконваецца разлік часу $t_i = L_{p_{ij}}/v_{ij}$ яго прыбыцця ў калодзеж r_i .

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Кивва С. Л. Двумерное моделирование дождевого стока и транспорта наносов на малых водосборах / С. Л. Кивва, М. И. Железняк // Прикладна гідромеханіка. – 2002. – Т. 4 (76), № 1. – С. 34 - 43.

2. Costabile P. Comparative analysis of overland flow models using finite volume schemes / P. Costabile, C. Costanzo, F. Macchione // Journal of Hydroinformatics. – 2012. – Vol. 14, № 1. – P. 122 - 135.

3. Dottori F. A 2d flood inundation model based on cellular automata approach / F. Dottori, E. Todini // XVIII International Conference on Water Resources, Barcelona, Spain, June 21-24, 2010 / International Centre for Numerical Methods in Engineering. – International Centre for Numerical Methods in Engineering, 2010.

4. Development of a diffusive wave shallow water model with a novel stability condition and other new features / M. Jahanbazi, I. Özgen, R. Aleixo, R. Hinkelmann // Journal of Hydroinformatics. – 2017. – Vol. 19, № 3. – P. 405 - 425.

5. Quick and Accurate Cellular Automata Sewer Simulator / R. J. Austin, A. S. Chen, D. A. Savić, S. Djordjević // Journal of Hydroinformatics. – 2014. – Vol. 16, № 6. – P. 1359 - 1374.

6. Fast Simulation of Sewer Flow using Cellular Automata / R. J. Austin, A. S. Chen, D. A. Savić, S. Djordjević // 8th International Conference on planning and technologies for sustainable management of Water in the City, Lyon, France, Jun. 2013. – Lyon, 2013.

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ ХВОСТОВЫХ ЧАСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН НАГРУЗКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ

С.С. Дереченник, Н.Н. Мешечек

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
ssderechennik@gmail.com, meshechek88@gmail.com

The article discusses the analysis of the reliability of the structure, which is performed on the example of the calculation of a compressed reinforced concrete column, in which the state of the column X is determined as the difference between its compression resistance R and the external compressive load E . Three calculation methods are considered: the semi-probabilistic method, probabilistic-statistical modeling, and solving the problem of analyzing the state function not in the entire domain of its definition, but only for the condition $X=R-E<0$ that corresponds to the overlap interval of the functions $g(E)$ and $g(R)$.

Анализ проблемы анализа надежности конструкции выполним на типовом примере расчета сжатой железобетонной колонны, в котором состояние колонны X определяется как разность ее сопротивления сжатию R и внешней сжимающей нагрузки E (с учетом ошибок k_R и k_E модели сопротивления и модели нагрузки, соответственно) [1]:

$$X = k_R \times R - k_E \times E = k_R(bh \times f_c + \rho \times bh \times f_y) - k_E(G + Q_{50}) \quad (1)$$

где b и h – соответственно, ширина и высота поперечного сечения колонны, м;
 f_c и f_y – прочность на сжатие, соответственно, бетона и металла арматуры, Па;
 ρ – коэффициент армирования колонны;

G – величина постоянной нагрузки на колонну, Н;

Q_{50} – величина наибольшей, за период 50 лет, переменной нагрузки на колонну, Н.

Все входящие в (1) переменные (за исключением коэффициента армирования) являются непрерывными случайными величинами, поэтому состояние колонны – также непрерывная случайная величина с некоторым распределением $g_X(X)$, тогда вероятность отказа (разрушения) колонны за установленный период:

$$P_f(t = 50 \text{ лет}) = \Pr\{X \leq 0\} = \int_{-\infty}^0 g_X(X) dX. \quad (2)$$

Расчетные значения внешней сжимающей нагрузки E и сопротивление сжатию R , полученные полувероятностным методом получились следующие:

$$Ed = Gk \times \gamma G + Qk \times \gamma Q = 4950 \text{ кН},$$

$$Rd = bh \times f_{ck} / \gamma_c + \rho \times bh \times f_{sk} / \gamma_s = 5540 \text{ кН}.$$

Делаем вывод, что полувероятностный расчет обеспечил (даже с запасом) условие $R_d > E_d$.

Для данного примера железобетонной конструкции было выполнено вероятностно-статистическое моделирование (использовался метод Монте-Карло с 10^8 случайными наборами данных). На рисунке 1 приведены функции распределения нагрузки и сопротивления, а также функции состояния конструкции.

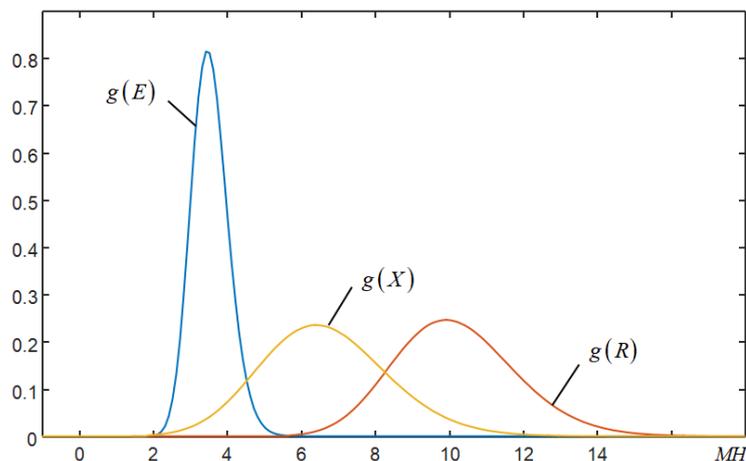


Рисунок 1 — Вероятностные распределения случайных нагрузки E , прочности R и функции $X=R-E$ состояния конструкции, полученные статистическим моделированием

По результатам вероятностно-статистического моделирования получены следующие параметры (средние значения и среднеквадратические отклонения) случайных величин нагрузки и сопротивления: $\mu_E=3,54$ МН, $\sigma_E=0,49$ МН, $\mu_R=10,20$ МН, $\sigma_R=1,65$ МН. Для заданного индекса надежности $\beta=3,8$ и коэффициентов $\alpha_E=0,7$ и $\alpha_R=0,8$, также с запасом выполняется условие:

$$(\mu_E + \alpha_E \beta \times \sigma_E = 4840 \text{ кН}) < (\mu_R - \alpha_R \beta \times \sigma_R = 5180 \text{ кН}).$$

Фактически полученный индекс надежности при этом составил $\beta = \mu_X / \sigma_X = 6,66 / 1,72 = 3,87$, что почти соответствует заданному (расчетному) значению $\beta = 3,8$. Точнее, существует некоторый запас функции состояния, равный $(3,87 - 3,80) \times 1,72 = 120$ кН, однако итоговая величина вероятности отказа по условию (2) фактически составила $P_f = 2,18 \times 10^{-6}$, что значительно ниже целевого значения $P_f^* = 10^{-4}$.

Причинами указанного несоответствия являются:

- указанные выше запасы по несущей способности конструкции: 716 кН для полувероятностного расчета, 340 кН для вероятно-статистического моделирования;

- существенное отличие распределений $g(E)$ и $g(R)$, а, следовательно, и $g(X)$, от нормального.

Предлагаемый путь преодоления названных проблем – решение задачи анализа функции состояния не во всей области ее определения, а лишь для условия $X = R - E < 0$, что соответствует интервалу перекрытия функций $g(E)$ и $g(R)$. На рисунке 2 приведен увеличенный фрагмент дифференциальных вероятностных распределений случайных величин нагрузки и сопротивления, а также кумулянта $S_E = 1 - G(E)$ интегральной функции вероятности нагрузки, соответствующей

щие рассматриваемому примеру. Дополнительно, на этом рисунке представлено распределение условной вероятности $g(R/X < 0)$, которое соответствует условию отказа (таким комбинациям нагрузки и сопротивления, что $E > R$). Поскольку данное распределение является парциальным (частью) от распределения двух случайных величин E и R (т.е. всех возможных комбинаций нагрузки и сопротивления), оно не является нормированным, а для наглядности оно представлено в существенно увеличенном масштабе в другой (правой) шкале ординат. Обратим внимание на положение максимума (моды) вероятностной функции $g(R/X < 0)$, которое составляет примерно 4,5...4,6 МН.

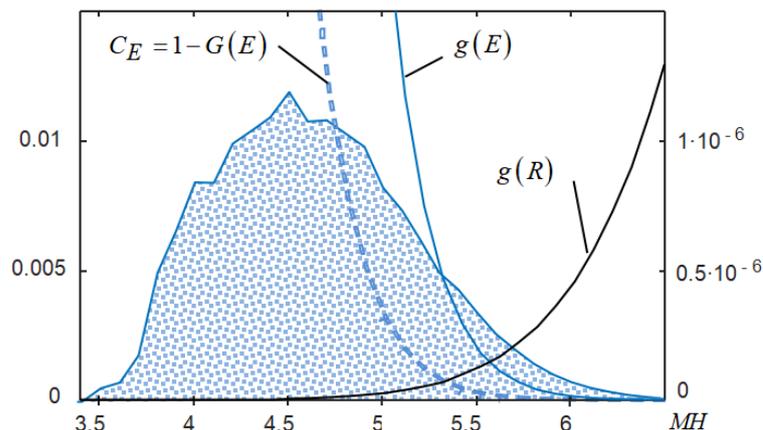


Рисунок 2 — Пример вероятностных функций распределения нагрузки и сопротивления (в области их перекрытия), а также распределение вероятности, соответствующее условию отказа конструкции

Поскольку мода этого распределения определяет наиболее вероятную комбинацию случайных величин E и R , таких, что $R < E$, ее положение наилучшим образом соответствует смыслу «проектной» (расчетной) точки конструкции.

Мода условного распределения функции $g(R/X < 0)$ составляет:

$$r^* = 3,0 + (7,9365 - 1) / 4,1102 = 4,688 \text{ МН}$$

и практически соответствует фактическому значению, представленному на рисунке 2. Значение функции $g(R/X < 0)$ в точке моды

$$\max p_{\tilde{f}} = p_{\tilde{f}}(r = r^*) = 1,1765 \times 10^{-6}$$

также с приемлемой точностью соответствует рисунку 2.

Вычислим величину P_f в первом приближении, используя, например, формулу Симпсона для определенного на отрезке $[R_{min}, E_{max}]$ интеграла:

$$P_f = \int_{R_{min}}^{E_{max}} p_{\tilde{f}}(r) dr = \frac{E_{max} - R_{min}}{6} (p_{\tilde{f}}(R_{min}) + 4p_{\tilde{f}}(\frac{E_{max} + R_{min}}{2}) + p_{\tilde{f}}(E_{max}))$$

Выбираем при этом E_{max} и R_{min} так, чтобы $p_{\tilde{f}}(R_{min})$ и $p_{\tilde{f}}(E_{max})$ были пренебрежимо малыми величинами по сравнению со значением $\max p_{\tilde{f}}$. Обратим внимание, что мода распределения $g(R/X < 0)$ расположена примерно посередине интервала $[R_{min}, E_{max}]$, тогда

$$P_{\tilde{f}} = 2/3(E_{max} - R_{min}) \times \max p_{\tilde{f}}$$

Задаваясь (по рисунку 2, на уровне $p_{\tilde{f}} \geq 10^{-7}$) интервалом $[R_{min}, E_{max}] = [3,6 \text{ МН}, 5,9 \text{ МН}]$, получаем:

$$P_{\tilde{f}} = 2/3(5,9 - 3,6) \times 1,28 \times 10^{-6} = 1,96 \times 10^{-6},$$

а именно – совпадающую с результатами численного моделирования величину полной вероятности отказа анализируемой конструкции.

Значения E_{max} и R_{min} можно вычислить из трансцендентного уравнения, вытекающего из $p_{\tilde{f}}(r) = C_{\tilde{E}}(r) \times f_{\tilde{R}}(r) = e^{a-br} \times \beta/\lambda^\beta \times (r-\xi)^{\beta-1}$, вида $p_{\tilde{f}}(R_{min}) = p_{\tilde{f}}(E_{max}) = 0,1 \text{ max } p_{\tilde{f}} = 1,18 \times 10^{-7}$ – путем его решения относительно r . [2]

В рассматриваемом примере такое уравнение будет иметь два решения:

$$r_1 = R_{min} = 3,66 \text{ МН}$$

$$r_2 = E_{max} = 6,46 \text{ МН}.$$

При этом $P_{\tilde{f}} = 2,2 \times 10^{-6}$, что на 12,25% превышает (т.е. отличается в сторону запаса надежности) значение, полученное в результате численного моделирования.

Список использованных источников

1. Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций [Текст]: Перевод с нем. О.О.Андреева. – М., Стройиздат, 1994. – 288с.

2. S.S.Derechennik, V.V.Tur. Adaptive Estimation of the In Situ Characteristic Concrete Strength // Solid State Phenomena. – 2019 (292). – P. 257-263.

УДК 004.054

ПРЕИМУЩЕСТВА ФРЕЙМВОРКА PLAYWRIGHT ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.С. Жукович

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
zhukovich14@gmail.com

This article is about automated software testing. Key features of Playwright framework for end-to-end automated testing of web applications are described. This framework helps to solve the problem of cross-browser testing. It also gives an opportunity for developers to select the most suitable programming language from four possible ones and write automated tests on any computer platform (Windows, Linux, macOS) for any platform including mobile (Android, iOS).

Сегодня невозможно представить нашу жизнь без различных онлайн-сервисов и приложений. Зачастую они направлены на повышение эффективности работы компании, автоматизацию процессов, обработку больших объемов данных и многое другое. Каждый день мы пользуемся веб-приложениями, которые открываем в браузере. И каждое такое приложение необходимо проверять на соответствие определенным требованиям к его функционированию, взаимодействию с пользователем.

Перед командой, которая работает над созданием или поддержкой программного продукта, ставится вопрос о необходимости тестирования приложения. В процессе разработки программного продукта создается множество различного функционала, который должен работать стабильно. Чем объемнее продукт, тем больше ресурсов необходимо для тестирования.

Тестирование программного обеспечения – процесс анализа программного средства и сопутствующей документации с целью выявления дефектов и повышения качества продукта [1]. Во время разработки программного продукта тестировщики пишут тест-сценарии, которые проходят вручную на этапе тестирования созданного функционала. Далее необходимо поддерживать работоспособность существующего функционала, осуществляя проверку по созданным ранее тестовым сценариям. Для каждого продукта существует свой набор тестов, покрывающий базовый функционал позитивными сценариями. Такие тесты необходимо проводить каждый раз при доставке заказчику нового функционала, а также на этапе тестирования вновь разработанного функционала.

Актуальным на сегодняшний день является кросс-браузерность веб-приложений и единообразие пользовательского интерфейса на устройствах с различными форм-факторами. К числу основных веб-браузеров можно отнести: Chromium (Chrome), Microsoft Edge, Safari, Firefox. Объем работы для ручного тестирования кратно увеличивается из-за необходимости проверки одного и того же функционала для каждого такого веб-браузера. Автоматизированное кросс-браузерное тестирование позволит существенно сократить время проверки веб-приложения и сэкономит ресурсы. А статистика успешно пройденных и «упавших» тестов поможет определить, что именно не работает.

Веб-приложение, как правило, состоит из двух модулей: серверная часть и пользовательский интерфейс. Для серверной части необходимо тестирование API веб-сервисов, которое может в себя включать и тестирование базы данных; для пользовательского интерфейса – тестирование внешней части приложения, интеграции с серверной частью.

Автоматизированные тесты включают в себя как проверки отдельных функциональных частей приложения, так и реальные пользовательские сценарии – сквозные тесты (end-to-end), которые управляют браузером и имитируют действия пользователя. Такие сценарии должны быть проверены с каждой новой версией продукта [2].

Playwright является на сегодняшний день наиболее подходящей бесплатной технологией, которая доступна в четырех наиболее популярных языках программирования (JavaScript, Java, C#, Python). Она предлагает огромный спектр методов, позволяющих проводить кросс-браузерное автоматизированное тестирование веб-приложений. Playwright поддерживает все современные механизмы рендеринга, включая Chromium, WebKit и Firefox. К тому же поддерживается нативная мобильная эмуляция Google Chrome для Android и Mobile Safari для IOS. Один и тот же механизм рендеринга работает и на рабочем столе, и в облаке [3].

Playwright предлагает набор для тестирования как серверной части, так и пользовательского интерфейса, тем самым нет необходимости подключать для этих целей отдельные библиотеки. Данный фреймворк кроссплатформенный, что позволяет использовать его на Windows, Linux или macOS, локально или в CI (continuous integration).

Использование протокола DevTools делает Playwright более эффективным, поддержка опции headless позволяет настроить запуск теста в окне браузера или же без его явного открытия [2].

Playwright имеет повышенную точность тестирования за счет функции автоматического ожидания, которая повторяет соответствующие проверки элементов и запрошенных действий до тех пор, пока все они не станут пригодны-

ми для действий. У данного фреймворка также есть встроенные функции, называемые трассировками (Traces), которые могут делать автоматические снимки экрана, видеозапись теста, повторную попытку теста и механизм ведения журнала. Playwright предоставляет инструмент инспектора, который помогает отслеживать и отлаживать каждый шаг исполнения, видеть точки кликов и проверять локаторы страниц на лету (во время выполнения теста) [4].

Playwright предоставляет также функцию контекста браузера, которая помогает сохранять и передавать состояние браузера в любой другой новый браузер. Имеется возможность воспользоваться функцией генерации кода, которая записывает все шаги в веб-приложении и далее преобразует в написанные тесты на любом поддерживаемом языке программирования [4].

Сегодня фреймворк Playwright для автоматизированного тестирования от Microsoft набирает популярность и активно развивается. Благодаря всем вышеперечисленным основным функциям и возможностям, Playwright является основным конкурентом других инструментов автоматизации, например, Selenium и Cypress.

Очевидно, что выбор технологии Playwright для основы фреймворка автоматизации тестирования является обоснованным. Используя набор выбранных технологий планируется создать эффективный универсальный фреймворк для автоматизированного кросс-браузерного тестирования веб-сайтов. Готовых решений не существует, т.к. каждый программный продукт индивидуален. Поэтому для успешного создания фреймворка автоматизированного тестирования необходимо учитывать логику работы, набор API веб-сервисов, а также реализацию внешнего интерфейса, что позволит ускорить процесс непрерывного тестирования веб-приложения.

Список использованных источников

1. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс / С. С. Куликов. – 3-е изд. – Минск: Четыре четверти, 2020. – 312 с..
2. Playwright – драматургия от Microsoft и новый инструмент для тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/jugru/blog/487294> – Дата доступа: 15.10.2022.
3. Playwright [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://playwright.dev> – Дата доступа: 15.10.2022.
4. Playwright JS Automation Testing from Scratch with Framework [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.classcentral.com/course/udemy-playwright-tutorials-automation-testing-98095> – Дата доступа: 15.10.2022.

УДК 655.1

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Л. Михняев, А.В. Пархоць, И.В. Абоимов, Д.А. Дворанинович
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
bstucon1@bstu.by

The main task of this work is the detection of anomalies for their further analysis, classification and possible ways of elimination.

Временные ряды повсюду: в поведении пользователя на веб-сайте, в ценах на акции компании или в любом другом примере, связанном со временем. Данные временных рядов очевидны в каждой отрасли в той или иной форме. Естественно, это также один из наиболее исследуемых типов данных. На практике можно сказать, что временные ряды – это тип данных, выборка которых основана на некотором временном измерении, таком как годы, месяцы или секунды.

Временные ряды – это наблюдения, которые были записаны упорядоченным образом и коррелированы во времени. Анализируя данные временных рядов, мы должны следить за выбросами, как мы это делаем со статическими данными. Если вы работали с данными в любом качестве, вы знаете, как много боли причиняют аналитику выбросы. Эти выбросы называются «аномалиями». С традиционной точки зрения выброс/аномалия – это «наблюдение, которое настолько отличается от других наблюдений, что вызывает подозрение, что оно было произведено другим механизмом».

В последние годы, особенно в области данных временных рядов, многие исследователи стремились обнаруживать и анализировать необычные, но интересные явления. Хорошим примером является обнаружение мошенничества — основная цель состоит в том, чтобы обнаружить и проанализировать сам выброс. Проблема обнаружения аномалий для временных рядов обычно формулируется как идентификация точек данных с выбросами по отношению к некоторой норме или обычному сигналу.

Выбросы бывают: точечные и последующие. Точечный выброс – это данные, которые ведут себя необычно в определенный момент времени по сравнению либо с другими значениями временного ряда (глобальный выброс), либо с соседними точками (локальный выброс). Точечные выбросы могут быть одномерными или многомерными, в зависимости от того, влияют ли они на одну или несколько переменных, зависящих от времени, соответственно. Последующий выброс – это последовательные моменты времени, совместное поведение которых является необычным, хотя каждое наблюдение в отдельности не обязательно является точкой выброса. Выбросы также могут быть глобальными или локальными.

Есть несколько методов, которые аналитики могут использовать для выявления различных аномалий в данных. Он начинается с базовой статистической декомпозиции и может работать до автоэнкодеров. В нашей работе обнаружение аномалий было проведено с помощью автоэнкодеров. Поэтому рассмотрим данную область более детально.

Автоэнкодеры — это неконтролируемый метод, который воссоздает входные данные, извлекая их функции в разных измерениях. Другими словами, если мы используем скрытое представление данных из автоэнкодеров, это соответствует уменьшению размерности.

Почему мы применяем уменьшение размерности, чтобы найти выбросы? Не потеряем ли мы часть информации, включая выбросы, если уменьшим размерность? Ответ заключается в том, что после выявления основных закономерностей выявляются выбросы. Многие основанные на расстоянии методы страдают от размерности, когда они вычисляют расстояния до каждой точки данных в полном пространстве признаков. Высокая размерность должна быть уменьше-

на. Интересно, что в процессе уменьшения размерности выявляются выбросы. Можно сказать, что обнаружение выбросов является побочным продуктом уменьшения размерности.

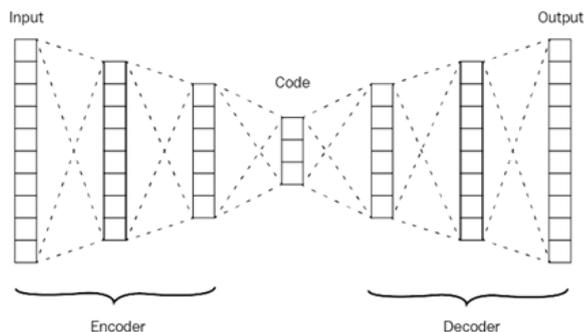


Рисунок 1 – Составные части автоэнкодера

Работа автоэнкодера состоит в том, чтобы получить некоторые входные данные, передать их через модель и получить реконструкцию входных данных. Реконструкция должна максимально соответствовать входным данным. Хитрость заключается в использовании небольшого количества параметров, поэтому ваша модель изучает сжатое представление данных. В некотором смысле автоэнкодеры пытаются изучить только самые важные функции (сжатую версию) данных.

Почему автоэнкодеры? Причина в том, что методы автоэнкодера могут выполнять нелинейные преобразования с их нелинейной функцией активации и несколькими уровнями. Более эффективно обучать несколько слоев с помощью автоэнкодера, чем обучать одно большое преобразование с помощью РСА. Таким образом, методы автокодировщика показывают свои достоинства, когда проблемы с данными сложны и нелинейны по своей природе.

Плюсы:

- Автоэнкодеры могут легко обрабатывать многомерные данные.
- Что касается его нелинейного поведения, он может находить сложные закономерности в многомерных наборах данных.

Минусы:

- Поскольку это стратегия, основанная на глубоком обучении, ей будет особенно трудно, если данных меньше.
- Затраты на вычисления резко возрастут, если увеличится глубина сети и при работе с большими данными.

Заключение. Выбросы не часто обсуждаются при тестировании, но, в зависимости от бизнеса и метрики, которые оптимизируются, они могут повлиять на результаты. Одно или два высоких значения при небольшом размере выборки могут полностью исказить тест, что приведет к принятию решения на основе ошибочных данных.

Другой способ, возможно, лучший в долгосрочной перспективе, — экспортировать данные после тестирования и визуализировать их различными способами. Определите влияние выбросов в каждом конкретном случае.

На самом деле существует множество способов справиться с выбросами в данных. Не существует быстрого решения, которое работало бы повсеместно, поэтому спрос на хороших аналитиков продолжает расти.

Список использованных источников

1. Современные проблемы математики и вычислительной техники. – Брест : БрГТУ, 2003. – 298 с.
2. Neptune.ai [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neptune.ai/blog/anomaly-detection-in-time-series>. – Дата доступа: 30.10.2022.
3. Головки, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учебное пособие / В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. – Минск : Белорусский государственный университет, 2017. – 263 с. – (Классическое университетское издание). – ISBN 978-985-566-467-4. – EDN GLVGIE.
4. Головки В. А. Нейросетевые методы обработки хаотических процессов //VII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика. – 2005. – С. 43-91.

UDC 004.942

A COMPARISON OF THE COVID-19 MACHINE LEARNING AUTOMATION MODEL AND SPSS TIME SERIES

Hongxu Zhu, D.O. Petrov, V.S.Razumeichik

Brest State Technical University, Brest, Belarus, zhuhongxu08@gmail.com

This paper uses publicly available data on the prediction process of Covid-19 transmission in the world to attempt to predict the time series using the SPSS exponential Holt model and the Python ARIMA model. model model to predict the epidemic development trend and key nodes, quantitative analysis of the scale of the epidemic, scientific and reliable interval estimation of the original base and effective transmission rate of the epidemic and comparative analysis of different algorithms, providing an effective basis and guide for analysis, command and decision making in the prevention and control of the epidemic.

Predicting data at a range of points in time is a common activity in real life, and research fields such as agriculture, business, climate, military and medicine all contain large amounts of time series data. Time series forecasting refers to making predictions about the likely future values of a series based on the historical data of the series, as well as other relevant series that may have an impact on the outcome. There are many real-life time series forecasting problems, including voice analysis, noise cancellation and analysis of stock and futures markets, where the essence is to derive the value of the time series at $T + 1$ based on observations at the previous T moments. For time series prediction, we can use the traditional ARIMA model, or we can use the Holt model or other models based on time series. Nowadays, machine learning methods such as deep learning can also be used for time series prediction. We are going to introduce how to implement the covid-19 prediction of time series based on two different models.

In this paper, two types of time-series data software were used for fitting:

- Holt Model (SPSS);
- ARIMA Model (Python3.7).

There were 187,801 training samples prepared, and the sample data was split into a training set and a test set with 67 test indicators. The actual training data is in 3 columns (841 items filtered according to the test specified mediation and 822 items filtered for missing values):

Date: Time span 1 February 2020 - 19 May 2022;
 Cases: Number of new diagnoses;
 Cases_smoothed: number of new confirmed cases (7-day average).

ARIMA model

ARIMA model (full name: Autoregressive Integrated Moving Average model), also known as an Autoregressive Integrated Moving Average model, is one of the time series forecasting analysis methods.

$$\widehat{y}_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q}$$

where ϕ denotes the coefficient of AR

θ denotes the coefficient of MA

p - represents the number of lags of the time series data itself used in the prediction model, also known as the AR/Auto-Regressive term

d - represents the number of orders of differencing required for the time-series data to be stable, also known as the Integrated term.

q - represents the number of lags of the prediction error used in the prediction model (lags), also called the MA/Moving Average term.

The Holt model is simple, reliable and easy to use and is a type of exponential smoothing model. It is particularly suitable for data that varies continuously over time and often tends to be used as a general model for trend series

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}), \quad (1)$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1}, \quad (2)$$

$$X'_t(m) = S_t + mT_t. \quad (3)$$

Packages to be loaded (Python environment):

```
import pandas as pd
from pandas import datetime
from pandas import read_csv
from pandas import DataFrame
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from pmdarima import auto_arima
from matplotlib import pyplot
import numpy as np
import warnings
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from pandas import read_csv
from pandas import datetime
from matplotlib import pyplot
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import warnings
from statsmodels.tools.sm_exceptions import ConvergenceWarning
```

```
warnings.simplefilter('ignore', ConvergenceWarning)
from math import sqrt
from sklearn import metrics
```

1) Define the function that transforms a time series prediction problem into a supervised learning problem. The essence of time series forecasting is essentially the extrapolation of the value of the time series at time $T + 1$ from the observations at the previous T moments.

```
def series_to_supervised(in_data, tar_data, n_in=1,
dropnan=True, target_dep=False):
    n_vars = in_data.shape[1]
    cols, names = list(), list()
    if target_dep:
        i_start = 1
    else:
        i_start = 0
    for i in range(i_start, n_in + 1):
        cols.append(in_data.shift(i))
        names += [('%s(t-%d)' % (in_data.columns[j],
i)) for j in range(n_vars)]
        if target_dep:
            for i in range(n_in, -1, -1):
                cols.append(tar_data.shift(i))
                names += [('%s(t-%d)' % (tar_data.name,
i))]
    else:
        # put it all together
        cols.append(tar_data)
        names.append(tar_data.name)
    agg = pd.concat(cols, axis=1)
    agg.columns = names
    # drop rows with NaN values
    if dropnan:
        agg.dropna(inplace=True)
    return agg
```

2) Define functions for preparing data.

- Create a dataset:

```
dataset=series_to_supervised(pd.DataFrame(y_dataset),
y_dataset, 14)
```

- Slice and dice the training and test data:

```
X_train, X_test, y_train, y_test =
train_test_split(scaled_x, scaled_y, test_size=0.29,
shuffle=False)
```

3) Define the fitted ARIMA model and plot the residual error.

```
auto_arima_model = auto_arima(y_train,trace=True, supress_warnings=True)
arima_model_202 = ARIMA(y_train, order=(3,1,3)).fit()
```

```
Performing stepwise search to minimize aic
ARIMA(2,1,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3064.971, Time=0.48 sec
ARIMA(0,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3014.956, Time=0.04 sec
ARIMA(1,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3024.640, Time=0.07 sec
ARIMA(0,1,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3025.882, Time=0.12 sec
ARIMA(0,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3016.924, Time=0.03 sec
ARIMA(1,1,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3021.891, Time=0.30 sec
ARIMA(2,1,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3031.345, Time=0.47 sec
ARIMA(3,1,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3065.792, Time=0.63 sec
ARIMA(3,1,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3080.621, Time=0.55 sec
ARIMA(3,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3032.006, Time=0.12 sec
ARIMA(4,1,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3031.987, Time=0.71 sec
ARIMA(2,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3023.618, Time=0.15 sec
ARIMA(4,1,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3033.011, Time=0.17 sec
ARIMA(4,1,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3060.117, Time=0.75 sec
ARIMA(3,1,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=-3077.909, Time=0.25 sec

Best model: ARIMA(3,1,1)(0,0,0)[0] intercept
Total fit time: 4.854 seconds
```

Figure 1 - ARIMA Data Fitting Results

SARIMAX Results

Dep. Variable:	y	No. Observations:	583
Model:	ARIMA(3, 1, 3)	Log Likelihood	1594.842
Date:	Sun, 30 Oct 2022	AIC	-3175.683
Time:	14:15:37	BIC	-3145.118
Sample:	0	HQIC	-3163.768
	- 583		
Covariance Type:	opg		

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	0.5294	0.015	35.174	0.000	0.500	0.559
ar.L2	-0.5359	0.017	-31.751	0.000	-0.569	-0.503
ar.L3	0.9551	0.014	66.928	0.000	0.927	0.983
ma.L1	-0.4419	0.026	-17.021	0.000	-0.493	-0.391
ma.L2	0.4998	0.030	16.477	0.000	0.440	0.559
ma.L3	-0.7977	0.028	-28.214	0.000	-0.853	-0.742
sigma2	0.0002	7.01e-06	34.835	0.000	0.000	0.000

Ljung-Box (L1) (Q):	0.97	Jarque-Bera (JB):	2257.09
Prob(Q):	0.32	Prob(JB):	0.00
Heteroskedasticity (H):	9.82	Skew:	-0.56
Prob(H) (two-sided):	0.00	Kurtosis:	12.58

Figure 2 - ARIMA Predicted Results

4) Defining functions to visualise predictions.

```
print("R-Square",r2_score(y_test, predictions))
print("Correlation train", np.corrcoef(res_test, predictions)[0,1])
print("Correlation train", np.corrcoef(y_test, predictions)[0,1])
print('Mean Absolute Error:', metrics.mean_absolute_error(y_test, predictions))
print('Mean Squared Error:', metrics.mean_squared_error(y_test, predictions))

R-Square 0.987090118011517
Correlation train 0.9940699440018747
Correlation train 0.9940699440018748
Mean Absolute Error: 0.009938543636197363
Mean Squared Error: 0.0004559192498476831
```

Figure 3 - ARIMA Indicator of Prediction

```
df_2 = pd.DataFrame({'Actual test': y_test, 'ARIMA':
predictions,})
df_2.index = dataset.index[len(dataset)-len(res_test):]
df_2.plot()
```

```
predicted=0.006911, expected=0.006005
predicted=0.004994, expected=0.005316
predicted=0.005440, expected=0.003788
predicted=0.003931, expected=0.004416
predicted=0.003830, expected=0.005708
predicted=0.005664, expected=0.005454
Test RMSE: 0.021
```

Figure 4 – ARIMA Indicator of RMSE

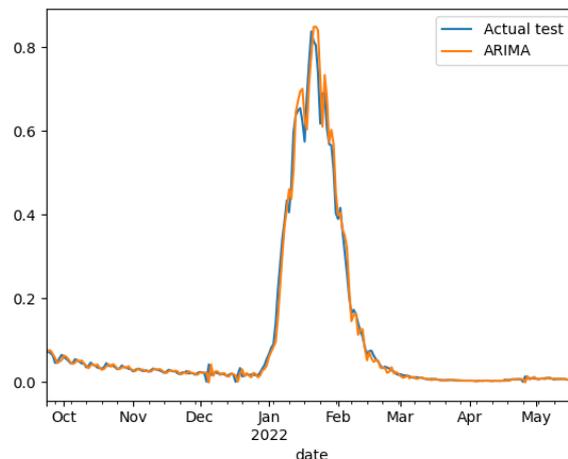


Figure 5 – ARIMA Prediction

The ARIMA model gives a result of 0.987 for R-Square, 0.0099 for MAE (Mean Absolute Error), 0.00046 for MSE (Mean Squared Error) and 0.021 for RMSE (Root Mean Squared Error).

Holt Model

1) Analysis of the original sequence diagram.

The graph shows that as the new cases are serially smooth and there are seasonal fluctuations.

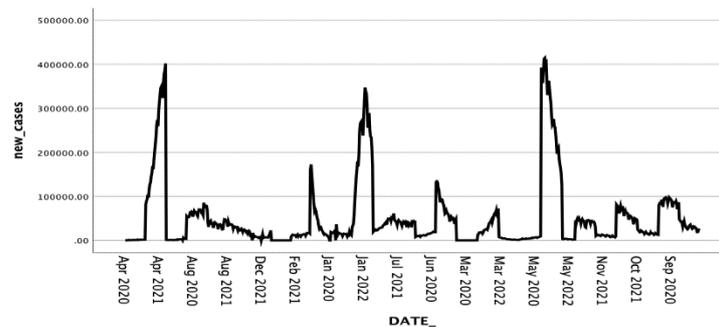


Figure 6 – Spss Diagram of sequence

2) Creating a model for fitting.

Forecasting the T+30 time of the Indian epidemic using the exponential Holt model.

Fit Statistic	Mean	SE	Minimum	Maximum
Stationary R-	0.381		0.381	0.381
R-squared	0.990		0.990	0.990
RMSE	8013.992		8013.992	8013.992
MAPE	48.773		48.773	48.773
MaxAPE	23621.334		23621.334	23621.334
MAE	4229.124		4229.124	4229.124
MaxAE	57438.106		57438.106	57438.106
Normalized BIC	17.994		17.994	17.994

Model Fit						
Percentile						
5	10	25	50	75	90	95
0.381	0.381	0.381	0.381	0.381	0.381	0.381
0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990
8013.992	8013.992	8013.992	8013.992	8013.992	8013.992	8013.992
48.773	48.773	48.773	48.773	48.773	48.773	48.773
23621.334	23621.334	23621.334	23621.334	23621.334	23621.334	23621.334
4229.124	4229.124	4229.124	4229.124	4229.124	4229.124	4229.124
57438.106	57438.106	57438.106	57438.106	57438.106	57438.106	57438.106
17.994	17.994	17.994	17.994	17.994	17.994	17.994

Figure 7 – Holt Model Fitting Results

3)Forecast data

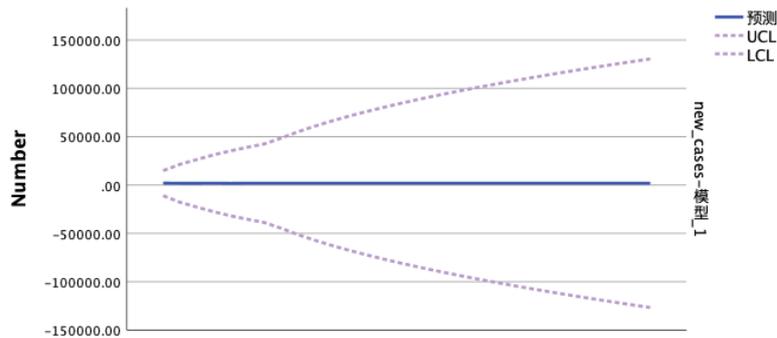


Figure 8 – Holt Model Prediction

The R-squared in the graph is 0.99 (close to ‘1’, good fit) and the RMSE is 8013,992.

Comparative results		
Models	Holt	ARIMA
R-Square	0.987090118	0.990104793
RMSE	8013.992	0.021

Figure 9 – Comparing Results

Conclusions

Both of the above approaches were able to make and fit the time-series data for the new coronary pneumonia well, and a comparison of the two results between the R-squared and RMSE clearly shows that the ARIMA model fits relatively well and that the predicted data deviates less from the true data.

Reference

1. Cai Jie et al, Forecasting the development trend of novel coronavirus pneumonia epidemic in Wuhan based on SEIR model, Shandong Medicine
2. Jin Qixuan, Modeling and rational assessment for prediction of novel coronavirus pneumonia epidemic in China, Statistics and Decision Making

Секция 2

**Инновационные средства представления
информационного контента.**

**Электронные информационные технологии в системах
дистанционного обучения и поддержки учебного процесса**

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ ЗАКУПОК ДЛЯ ИТ-КОМПАНИИ

С.А. Зайкова

Гродненский государственный университет, Гродно, Беларусь,
sunny@mf.grsu.by

The study presents a new software solution for updating the material and technical support of an IT company. The developed system will allow the company to reduce the cost of purchasing various resources, including through cost analysis, automate and simplify the work of an HR manager and an office manager, allow for effective accounting of the resources available to an IT company, and provide an opportunity to study the demand for certain other resources among the company's employees.

В настоящее время становится очевидной необходимость использования информационных систем в тех областях, где они сейчас не применяются или их применение не распространено. Одна из таких областей – это материально-техническое обеспечение ИТ-компаний. Ввод компанией в эксплуатацию подобной информационной или прикладной системы позволит уменьшить затраты и время на обработку данных, а также увеличить производительность труда, и, что самое главное, оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность деятельности [1, 2].

Сферой разработки нового корпоративного решения было выбрано направление материального и технического обеспечения ИТ-компаний. Разработка специализированной информационной системы в реальных условиях позволит компании сократить расходы на закупку различных ресурсов, в том числе, за счёт анализа затрат, автоматизирует и упростит работу HR-менеджера и офис-менеджера, позволит вести эффективный учет имеющихся у ИТ-компаний ресурсов, предоставит возможность изучать спрос на те или иные ресурсы среди сотрудников компании.

Исходя из этого, можно выделить основные задачи, которые поможет осуществить такого рода информационная система: управление закупками и их оптимизация, в том числе с помощью анализа статистики затрат, цен от поставщиков, количества имеющихся ресурсов и требуемых объемов; учет имеющихся ресурсов в компании; расчет объемов требуемых ресурсов; осуществление закупок через онлайн платформу; исследование и анализ запросов компании, относительно существующих и необходимых к закупке ресурсов.

Спроектированная информационная система, на данный момент, представляет собой прикладное программное решение для сотрудников ИТ-компаний, планирующих оптимизацию материально-технического обеспечения и системы закупок в своих компаниях. Как правило, в небольших ИТ-компаниях, такого рода задачи решает HR-менеджер или офис-менеджер или назначенные сотрудники из руководства компании.

На существующем этапе разработки реализован полностью интерактивный прототип проекта. Прототип, как инструмент для визуализации всей проведенной работы, выполненной до этого в процессе проектирования продукта, позволяет объединить в единую систему видимую и функциональную часть. Это визуальное представление демонстрирует потенциальному заказчику, что делает продукт, как он работает, и как предложенное решение может быть масштабировано в дальнейшем согласно адаптации к запросам и потребностям компании, заинтересованной в эффективном использовании новой информационной системы.

В системе существует несколько списков ресурсов: имеющиеся ресурсы; требуемые к закупке ресурсы; список поставщиков ресурсов.

У каждого ресурса имеются свои свойства:

- Наименование ресурса; тип ресурса (оборудование, программное обеспечение, офисные товары и так далее);
- Необходимое количество экземпляров данного ресурса;
- Имеющиеся количество экземпляров данного ресурса;
- Поставщик ресурса;
- Дата последнего заказа на данный ресурс.

У каждого заказа также есть свои атрибуты:

- Наименование ресурса, на который был оформлен заказ;
- Дата оформления заказа;
- Ожидаемая дата доставки;
- Стоимость заказа;
- Количество заказанных экземпляров ресурса;
- Цена одного экземпляра;
- Статус заказа (оформлен, доставляется, доставлен и так далее);
- Тип ресурса, на который был оформлен заказ;
- Поставщик заказа.

Выполненное прототипирование позволило протестировать настраиваемые администратором системы функции, определить дефекты и ошибки, внести улучшения в окончательную версию с распределением ролей и доступа специалистам ИТ- компании, включая руководство и администратора внутренних ресурсов, ведущего специалиста и менеджеров отдела закупок.

Созданная система дала четкое представление об организации и актуализации процесса материального обеспечения, новый функционал сделал прозрачным заполнение форм и трекинг заказов. Получены отзывы специалистов, тестировавших приложения на базе одной из Гродненский ИТ-компаний, позволяющие принять решение о потенциальных правках и изменениях, которые необходимо внести в продукт в ближайшее время. Наиболее удачным, по сравнению с аналогами, использовавшимися ранее, признан новый интерфейс системы, который позволил разработчикам и клиентам организовать более эффективную совместную работу, находясь в одном контексте видения продукта, исключая возникновение противоречивых точек зрения.

Предложенное решение ориентировано на свою целевую аудиторию, для повышения вовлеченности сотрудников и пользователей. При проектировании учтены: особенности материально-технического обеспечения в ИТ-компаниях,

организация рабочего процесса в подобных организациях и используемые в них ресурсы, уровень компетентности потенциальных пользователей продукта и их поведенческие привычки. Определен способ монетизации, включая подписочную лицензию. Выполнено построение функциональной карты продукта и оптимизация пользовательских сценариев, разработаны рекомендации по автоматизации процесса закупок.

Список использованных источников

1. Зайкова, С.А. Разработка системы интеграции складских запасов промышленных компаний / С. А. Зайкова, К. Ю. Володько // Управление информационными ресурсами : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12 марта 2021 г. – Минск : Академия управления при Президенте Респ. Беларусь, 2021. – С. 331-332.

2. Зайкова, С.А. Система контроля и интеграции складских запасов промышленных компаний / С. А. Зайкова // Обмен знаниями как ключевое условие научного прогресса : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. мероприятий Общества Науки и Творчества, Казань, за январь 2021 г. – Казань : ОНТ, 2021. – С. 55-57.

УДК 378:004

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЕМ

Б.М. Иванов, О.Г. Атдаева

Туркменский государственный институт экономики и управления
Ашхабад, Туркменистан, oguljan65@mail.ru

At present, the widespread introduction of innovative technologies is the most important mechanism for the formation of the competitiveness of the national economy of Turkmenistan. In ensuring the further development of the education sector, a huge role is assigned, to the development and implementation of the most advanced information and telecommunication technologies. The main goal approved in the country of the «Concept for the development of the digital education system in Turkmenistan» is to improve the education system through the widespread use of digital resources, distance learning for educational programs at all levels of education in accordance with the innovative development of the country and ensuring its compliance with world standards.

Информационные технологии на сегодняшний день являются основой и одним из важнейших факторов, которые оказывают сильное влияние на качество системы образования. Веление нынешнего времени и его запросы таковы, что с каждым днем окружающий нас мир незаметно становится цифровым. Цифровые технологии стремительно внедряются практически во все сферы жизни. Цифровые технологии, включённые в сетевую инфраструктуру, являются важным фактором развития общества и способом повышения эффективности различных отраслей экономики.

Инвестиции в человеческий капитал становятся приоритетным направлением экономической динамики, поскольку будущее цивилизованного мира определяется переходом к качественно новому – постиндустриальному направлению разви-

тия общества, при котором на первый план выдвигаются определенные требования к уровню и качеству образования человека. В последние годы, ведущие страны мира вступили на путь преобразования образовательных систем. В Туркменистане также осуществляются исторические реформы в научно-образовательной системе, благодаря чему данная сфера стала усовершенствованной в соответствии с мировыми стандартами. Прогресс любого народа, государства неразрывно связан с развитием науки и образования. Роль образовательных услуг в процессе преобразований общества признана ведущей, так как согласно концепции постиндустриального развития знания дополняют триаду факторов производства и определяют их взаимодействие. Являясь интенсивным фактором экономического роста, уровень образованности оказывает значительное влияние на объем валового национального продукта и определяет социально-экономическую роль государства в мировом пространстве.

Знания – бесценное богатство нашего народа, накопленное тысячелетиями, передающееся из поколения в поколение, источник его жизненных устоев, культуры и опыта. Поэтому, решая задачи по дальнейшему интенсивному развитию Туркменистана, повышению конкурентоспособности страны на мировом политическом, экономическом, культурном пространстве, делается упор, прежде всего, на подготовке специалистов, хорошо ориентирующихся в достижениях научно-технического прогресса, новейших технологиях, инновациях, направляя капиталовложения в систему образования [1].

В обеспечении дальнейшего развития сферы образования огромная роль отводится, прежде всего, освоению и внедрению наиболее прогрессивных информационных, интеллектуальных и телекоммуникационных технологий. Именно они составляют базовую основу образовательных технологий, использующих средства компьютерной техники и в совокупности образующих технологическую инфраструктуру учебного заведения.

В настоящее время в Туркменистане ведется работа по модернизации системы образования, внедрению инновационных технологий, повышению качества образования, переходу к цифровому образованию с учетом национальных особенностей.

Процесс цифровизации образовательной системы в Туркменистане последовательно развивается на базе современных нормативно-правовых норм и государственных программ. В «Национальной программе социально-экономического развития Туркменистана на 2022–2052 годы» предусмотрен ряд конкретных задач по цифровизации национальной системы образования. Основной целью, утвержденной в стране «Концепции развития системы цифрового образования в Туркменистане» является совершенствование системы образования путем широкого применения цифровых ресурсов, обогащения учебного процесса, дистанционного обучения по образовательным программам на всех ступенях образования в соответствии с инновационным развитием страны и обеспечение его соответствия мировым стандартам [2].

Развитие информационно-коммуникационных технологий, особенности современной организации учебного процесса в учебных заведениях изменяют характер приобретения и распространения знаний. Обучающие технологии традиционно используются в системе образования в качестве средства передачи информации и обучения.

Качественная подготовка квалифицированных специалистов возможна за счет разработки и использования в образовательном процессе электронных образовательных ресурсов. Сочетание классических традиционных образовательных приемов с прогрессивными цифровыми технологиями позволяет максимизировать эффективность образования, поскольку подготовленные с помощью такого способа кадры востребованы и конкурентоспособны в условиях развивающейся цифровой экономики. Цифровизация образования – это полное переосмысление образовательного процесса, феномен, объединяющий в себе самые передовые цифровые техно логии, позволяющие, учитывать и сочетать национальные традиции и современный мировой опыт.

В области цифровизации образования в Инновационном информационном центре, созданном при Министерстве образования Туркменистана, разрабатывается надёжная электронная платформа, обеспечивающая функционирование единой цифровой образовательной системы. В частности, в Центре проводится комплексная разработка методов электронного обучения, включая цифровые учебники, пособия, видео- и аудиоматериалы, интерактивные и мультимедийные программы. С целью совершенствования компетенций работников системы образования в области цифровых технологий на базе Центра функционируют курсы повышения квалификации, на которых можно пройти курс электронного обучения при помощи ресурсов цифрового образовательного портала, а также дистанционное обучение с помощью телекоммуникационных и мультимедийных технологий.

Цифровая революция запустила процесс преобразования сферы образования, многие преподаватели используют электронное портфолио для создания коллекций результатов студентов для реализации целей оценки или документирования возможностей. Распространение цифровых возможностей привело к тому, что портфолио, созданное посредством электронных средств связи, затмило физический аналог, увеличив при этом возможности, функции и мобильность коллекций.

Следует отметить, что архитектура цифровизации образования включает в себя следующие четыре основные области:

- спрос и открытие образовательных программ;
- дизайн структуры и контента образовательных программ;
- систематизация опыта обучающихся с помощью средств поиска, сбора и агрегирования их цифрового следа;
- парсинг данных о выпускниках и управление взаимоотношениями с ними за пределами основного образовательного процесса. Каждая из этих областей является полноценной, относительно самостоятельной подсистемой, решающей достаточно широкий круг функциональных задач, которые на следующем уровне детализации могут быть представлены еще более развернутым дефрагментированным функциональным пространством.

В настоящее время важнейшими направлениями информатизации образования являются:

- реализация виртуальной информационно-образовательной среды на уровне учебного заведения, которая предусматривает выполнение комплекса работ по созданию и обеспечению технологии его функционирования;
- системная интеграция информационных технологий в образовании, поддерживающих процессы обучения, научных исследований и организационного управления;

– построение и развитие единого образовательного информационного пространства.

Внедрение и использование цифровых образовательных ресурсов является одним из важных факторов цифровизации образования.

Электронные книги и учебники, составляющие основу электронных образовательных ресурсов, обеспечивают следующие возможности:

– адаптация элементов информационного контента и пользовательского интерфейса под индивидуальные заказы учащегося (студента) и текущий уровень его знаний;

– использование дополнительных средств воздействия на учащегося (студента), таких как мультимедийные компоненты электронного учебника, в первую очередь анимационные модели, видео разделы, мощный и удобный механизм навигации;

– продвинутое электронное обучение на основе исследований внешних образовательных ресурсов, продвинутая поисковая система в электронном ресурсе;

– наличие интерактивных тестов, анимационных и интеллектуальных игр и других тестов для проверки усвоенной учащимся (студентом) информации;

– создание баз данных для организации курсов повышения квалификации в сфере профессионального образования с учетом особенностей отраслей.

Особое внимание следует уделить разработке системы веб-сайтов образовательных учреждений исходя из общих требований к их содержанию и технологической базе. В целях безопасности и скорости доступа эти сайты целесообразно размещать в облачном центре обработки данных системы образования. Являясь одним из наиболее устойчивых направлений цифрового развития, облачные технологии обеспечивают мобильность и актуальность образовательных ресурсов.

Таким образом, развитие системы цифрового образования подразумевает модернизацию образовательных программ, внедрение информационных и интеллектуальных технологий, развитие дистанционного и онлайн обучения.

Список использованных источников

1. Гурбангулы Бердымухамедов. К новым высотам прогресса. Избранные произведения. Том 11. – Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2018. – 567 с.

2. Утверждена Концепция развития цифровой образовательной системы Туркменистана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.turkmenistan.ru/ru/articles/42861.html> – Дата доступа: 16.09.2017.

УДК 004.378

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Н. Купо, С.А. Лукашевич

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
Беларусь, Гомель, lukashevich@gsu.by

The article discusses the following main interrelated components: infrastructure and tools for access to information resources; information and communication technologies in the educational and upbringing process, including in distance education; digitalization of management processes.

Инфраструктура «Цифрового университета» в ГГУ имени Ф. Скорины включает:

- локальную корпоративную сеть – 1281 стационарных компьютеров и 325 ноутбуков, 29 управляемых коммутаторов, более 40 точек беспроводного доступа Wi-Fi, обеспечивающего доступ к сервисам университета и сети Интернет, в том числе 32 точки, включенных в структуру международного сервиса Eduroam, охватывающему высшие учебные заведения мира. Сеть Wi-Fi предоставляет доступ в локальную сеть университета и Internet со всех типов мобильных устройств (ноутбуки, планшеты, смартфоны) преподавателей, студентов и сотрудников университета посредством двух провайдеров: А1 и «Белтелеком»;

- в 2020 году магистральные линии связи в рамках локальной сети частично заменены на оптоволоконные, расширен внешний канал Internet до 500 Мбит/с.

- почтовый сервер для студентов и сотрудников с синхронизацией с внутренними сервисами ГГУ имени Ф. Скорины, с префиксом «@gsu.by»,

- 11 физических и более 30 виртуальных серверов;

- интегрированную информационную систему планирования и организации образовательного процесса «1С Университет 8.0»;

- постоянно обновляемый портал университета с зарегистрированным доменным именем www.gsu.by.

Разработаны и функционируют новые методы и инструменты доступа к локальным и глобальным информационным ресурсам:

- установлен новый реверсный прокси HTTP для обеспечения работы сервера видеоконференций Jitsi;

- разработана и запущена авто-разблокировка доступа RDP из интернета для оперативного удаленного управления серверами с делегированным доступом;

- найдено решение проблемы доступности системы видеоконференций BigBlueButton из сетей всех провайдеров, скоммутирована и проверена отдельная физическая линия для этих целей, установлен коммутатор для прямого подключения сервера видеоконференций в сеть Internet;

- найден и применен способ настройки системы дистанционного обучения Moodle на работу с пользователями из всех доменов университета;

- разрешен удаленный доступ из Internet к администрированию сайтов кафедр.

Информационно-коммуникационные технологии в образовательном и воспитательном процессе включают электронные образовательные ресурсы учебных дисциплин: видеоконтент, тесты лекций, задания УИРС и практических занятий, электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК) и др. Для каждой дисциплины в системе электронного обучения (stutor.gsu.by) созданы электронные кабинеты, администрируемые преподавателями. Общение осуществляется с помощью встроенной электронной почты, в форматах: чата, форума, вебинара или видеоконсультации. Контент электронных образовательных ресурсов постоянно актуализируется и содержит учебные программы дисциплин, их теоретическую и практическую часть, а также средства диагностики и формирования у обучающихся требуемых компетенций, систему тестирования.

В течение последних десяти лет в нашем университете активно велась работа по развитию систем дистанционного образования:

прорабатывались вопросы технологического обеспечения дистанционного образования, выбора платформы, технических и программных средств (введена в эксплуатацию локально администрируемая система Moodle LMS для снижения издержек по администрированию программного обеспечения и увеличению функциональных возможностей в области дистанционных образовательных технологий).

Постоянно проводится анализ применяющихся как в Республике Беларусь, так и за рубежом образовательных технологий (образовательных платформ) с использованием ИКТ. По итогам двух семестров 2020 года можно сделать вывод, что основным платформами, посредством которых можно реализовать проведение различных типов занятий в дистанционной форме, являются: Jitsi Meet, Discord, Zoom, BigBlueButton (BBB), а также Moodle – веб-приложение, позволяющее создать настроенную персонально под пользователя систему управления обучением. Здесь в первую очередь речь идёт о бесплатных интернет-сервисах, как правило, с гибкой системой настроек и возможностью адаптации к различным образовательным задачам и типам занятий.

Планирование и организация образовательного процесса в университете осуществляется на базе «1С Университет 8.0». Данная система позволяет автоматизировать планирование и организацию образовательного процесса, организовать расчет объема учебной нагрузки, требуемой для реализации образовательных программ; расчет и формирование штатной численности профессорско-преподавательского состава кафедр; формирование и ведение индивидуальных планов учета работы профессорско-преподавательского состава кафедр.

Сформированное расписание учебных занятий, которое, в том числе может быть доступно в мобильной версии посредством кроссплатформенного приложения «Адукасуја». Взаимодействие с заказчиками кадров по вопросам формирования заказа на подготовку специалистов с высшим образованием I и II ступени организовано посредством системы «Заказ». Посредством платформы «1С Предприятие» (версии 7.0 и 8.0.) реализовано ведение статистических данных по учету и движению контингента обучающихся; расчет оплаты труда профессорско-преподавательского состава кафедр на основе гражданско-правовых договоров на выполнение учебной нагрузки с почасовой оплатой труда; организацию и проведение всех видов практик; учет распределения студентов I и II ступеней высшего образования.

В целях совершенствования информационного обеспечения воспитательной работы в учебной группе и упорядочения работы с отчетно-планирующей документацией куратора учебной группы создан «Электронный журнал куратора». Методические материалы в помощь кураторам размещаются на сайте университета.

В университете широко проводится электронное анкетирование и тестирование студентов сотрудниками информационно-аналитического отдела. В 2021/2022 учебном году проведено более 30 социально-психологических исследований (анкетирований и опросов) как на локальных сервисах, так и посредством google-форм, в которых принимали участие студенты заочной и дневной форм обучения, сотрудники и профессорско-преподавательский состав университета.

В рамках цифровизации процессов управления (административных процессов) поддерживаются и постоянно актуализируются программные средства для обеспечения кадрового и бухгалтерского учета; финансового планирования; учета движения контингента студентов и их текущей и итоговой аттестации, планирования учебного процесса.

В 2018/2019 учебном году в ГГУ имени Ф. Скорины выполнен первичный анализ структуры бизнес-процессов университета, внедрена система корпоративного электронного документооборота, интегрированная с системой межведомственного документооборота, проработана концепция интеграции основных цифровых подсистем управления университетом. По результатам анализа предложение было отдано системе «1С Управление бюджетным учреждением», во 2-м квартале 2021 начато её внедрение. На базе предложенной системы будут решаться задачи управления личным составом университета и расчет заработной платы сотрудников.

На основе обновлённой в 2020/2021 гг. системы корпоративного электронного документооборота «1С Документооборот 8 КОРП для Беларуси» ведется учет входящих и исходящих документов, обращений граждан, внутренней документации, такой как докладные записки и заявки на закупку, предварительное согласование договоров. Также в системе ведется учет и хранение электронных копий внутренних документов, таких как распоряжения ректора и проректоров, должностных инструкций, приказов по основной деятельности, приказов по административно-хозяйственной деятельности, приказов по личному составу, должностных инструкций, положений, рабочих инструкций.

УДК 004.4

О РАЗРАБОТКЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ

С.В. Мухов, Г.Л. Муравьев, С.И. Парфомук, Ю.В. Савицкий
Брестский государственный технический университет, Брест,
Беларусь, cbm-brest@mail.ru

It is proposed on the basis of some fairly simple typed data processing models, namely, models of the simplified accounting system, to create for various instrumental environments a line of open software systems with a single algorithm, user interface and structure databases for teaching students within the disciplines of the information profile.

В настоящее время весьма актуально использование открытого программного обеспечения при обучении методам разработки программных систем. Как правило, в рамках дисциплин, связанных с программированием, учат использовать операторы языка программирования, но опускают вопрос как программировать хорошо в смысле надежности и уменьшения затрат при сопровождении создаваемого программного продукта.

Использование открытого программного обеспечения при обучении студентов может иметь целью достижение следующего:

- проектирование и разработка программного продукта со сходными интерфейсами и структурами обрабатываемых данных с использованием открытых исходных текстов в качестве шаблона;

- использование при проектировании и разработке собственного программного продукта особенностей используемой инструментальной среды, отработанных ранее в открытом проекте;

- использование при проектировании и разработке собственного программного продукта шаблонов, наработанных в различных инструментальных средах для некоторой типовой прикладной модели обработки данных с типизированными алгоритмами обработки данных, но которая может быть модифицирована в плане конкретного определения структур данных.

Рассмотрим использование при обучении студентов информационного профиля открытого программного обеспечения в виде реализации линейки открытых систем для различных инструментальных сред, которые разработаны для одной и той же несложной модели обработки данных, но с минимальным и достаточным функционалом с точки зрения пользователя.

Отметим, что надежность программного продукта определяется в первую очередь так называемым «человеческим фактором», влияние которого можно существенно снизить за счет использования:

- минимального и достаточного набора типизированных программных объектов и процедур;

- минимального и достаточного документирования процесса разработки и эксплуатации программной системы;

- жесткого контроля руководителем проекта за соблюдением требования по типизации программных объектов и процедур, а также жесткого контроля за правильным и своевременным документированием системы.

Отработка студентами некоторой полезной типовой модели с достаточным функционалом для различных инструментальных сред с использованием открытых компонент позволяет за счёт типизации объектов и процедур существенно повысить качество проектирования и разработки собственных систем.

В качестве типовой модели обработки данных предлагается использовать упрощённую модель обработки данных с экономической направленностью, а именно, упрощённую систему бухгалтерского учёта. Данная модель позволяет:

- приобрести навыки работы в достаточно распространённых системах экономического назначения;

- отработать методику так называемой двойной записи, которая позволяет в случае систем обслуживающих перемещение объектов отрабатывать процедуры учёта.

В силу того, что системы экономической направленности достаточно хорошо отработаны, то обеспечивается весьма полный программный функционал.

Предлагается в рамках дисциплин, связанных с разработкой программных систем, использовать три уровня типизированных программных объектов, а именно:

- уровень «меню»;

- уровень «программные компоненты»;
- уровень «вызов в программной компоненте».

На уровне программных компонентов, вызываемых из меню, необходимы следующие типизированные объекты:

- экранная форма «просмотр и редактирование картотеки»;
- экранная форма «просмотр картотеки»;
- экранная форма «просмотр и редактирование картотеки настройки системы»;
- программная компонента «формирование картотеки из картотек»;
- программная компонента «формирование печатной формы».

На третьем уровне при работе с картотеккой необходимы следующие типизированные вызовы:

- вызов ВЫБРАТЬ из экранной формы, обеспечивающий переход к обработке новой карточки с использованием процедуры выборки из списка;
- вызов НАЗАД из экранной формы обеспечивающий переход к предыдущей карточке из картотеки;
- вызов ВПЕРЕД из экранной формы обеспечивающий переход к следующей карточке из картотеки»;
- вызов ОБЪЕКТ из экранной формы обеспечивающий занесение данных из справочника ОБЪЕКТ;
- вызов РАЗНЕСТИ из экранной формы обеспечивающий разноску данных карточки в соответствующие картотеки;
- вызов ДОБАВИТЬ из экранной формы обеспечивающий процедуру создания новой карточки;
- вызов УДАЛИТЬ из экранной формы обеспечивающий процедуру удаления текущей карточки;
- вызов ПЕЧАТЬ КАРТОЧКИ из экранной формы обеспечивающий процедуру печать текущей карточки;
- вызов ПЕЧАТЬ РЕЕСТРА из экранной формы обеспечивающий процедуру печать реестра для текущей картотеки;
- вызов ВЫХОД из экранной формы обеспечивающий процедуру закрытия экранной формы.

При идентификации объектов системы (модули, переменные и т.д.) реализуемой для конкретной инструментальной среды используется двухуровневая префиксация имени объекта, которая определяет однозначно систему и данные, а именно, ИД-СИСТЕМЫ_ИД-ТАБЛИЦЫ_.

Для минимального и достаточного документирования процесса разработки при создании программных систем в рамках программных дисциплин во время обучения предлагается использовать следующее:

- функциональная схема обработки данных с отражением всех функциональных вызовов первого уровня и вызовов второго уровня из экранной формы для выборки данных из справочника и разноски данных;
- классическое описание картотек в табличном виде с указанием реквизита, обозначения и формата данных;
- описание выполняемых работ в табличном виде с указанием группы работ и выполняемой работы. Данное описание впоследствии используется при создании меню.

Выше предложенные комплект типизированных объектов и методика, использованная для документирования системы, были достаточно удачно апробированы в рамках лабораторных работ по дисциплинам, связанным с разработкой программного обеспечения и дисциплины «Надежность программного обеспечения».

УДК 378.147

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Н.Н. Ворсин, Т.Л. Кушнер
Брестский государственный технический университет, Брест,
Беларусь

The question of constructing a physical laboratory workshop based on a PC is discussed. Two approaches are compared: the use of digital laboratories and specialized laboratory installations. It is shown that the second way is preferable. It is consistent with the trend of modern instrument making, available for implementation in Belarusian universities, and gives the best didactic result. Examples of constructing laboratory work are given.

Можно утверждать, что компьютеризация лабораторного практикума, прежде всего по физике, является неизбежным этапом развития образования. Наличие в широком доступе компьютеров, имеющих универсальные средства предъявления информации, а также ее обработки и сохранения является основным фактором этого процесса. Преимущества в удобстве использования, наглядности, скорости получения конечного результата, сохранения и воспроизводства измерительной информации, предоставляемые использованием компьютера, приводят к тому, что в настоящее время многие традиционные измерительные приборы выпускаются в виде приставок к универсальному компьютеру [1] и вытесняют традиционные измерители.

Помимо отмеченных «сервисных» достоинств компьютеризация экспериментов позволяет обеспечить: а) более полный и подробный мониторинг исследуемых процессов, б) обусловленная этим более высокая точность определения их характеристик, в) освобождение учащихся от рутинных операций и высвобождение времени для продуктивной работы, г) упрощение и удешевление лабораторных стендов за счет замены множества приборов с собственными блоками питания и индикаторами одним компьютером. Однако реализация последнего пункта этого перечня не является автоматической и зависит от того по какому пути направится компьютеризация учебных лабораторий.

Первый путь заключается в использовании универсальных комплектов оборудования, которые в настоящее время известны под названием «Цифровая лаборатория» и продаются множеством отечественных (Беларусь, Россия) и зарубежных предприятий. Появление таких комплектов обусловлено инициативой

самих предприятий изготовителей, которые предлагают свой продукт учреждениям образования. В интернете и методической литературе можно найти примеры построения отдельных лабораторных работ на основе какой-либо «цифровой лаборатории» [2, 3]. В тоже время, несмотря на активную рекламу, массового внедрения таких комплектов в образовательную практику не происходит. Это связано с тем, что, являясь инициативным продуктом одной стороны – изготовителя «цифровые лаборатории» не удовлетворяют запросам стороны другой – учреждений образования.

Во-первых, любая ЦЛ – это весьма дорогое устройство. Во-вторых – это не готовый к употреблению продукт. Наличие какой-либо ЦЛ не гарантирует постановку на ее основе даже одной лабораторной работы. Необходимо еще реализовать изучаемое физическое явление и внедрить в него датчики ЦЛ. В-третьих, универсальность ЦЛ приводит к необходимости нудных настроек оборудования и компьютерной программы на выбранную работу. Эти дополнительные манипуляции приводят к непродуктивному расходу учебного времени и отвлекают учащихся от углубления в физический материал. В-четвертых, для реализации целого практикума, состоящего из нескольких лабораторных работ, необходимо несколько комплектов ЦЛ, что для наших ВУЗов недостижимо с учетом стоимости ЦЛ.

Таким образом, главный вывод, который следует из этих рассуждений заключается в том, что выпускаемые в настоящее время комплекты ЦЛ не могут быть основой построения физического лабораторного практикума. Из множества описаний лабораторных практикумов в различных ВУЗах, включая МГУ, мы не встретили работ, использующих какие-либо ЦЛ.

Второй путь компьютеризации лабораторного практикума заключается в построении и использовании специализированных лабораторных установок, каждая из которых предназначена для одной – двух родственных по тематике лабораторных работ, имеющих одинаковый интерфейс. В отличие от комплекта «цифровая лаборатория» учебное заведение в этом случае покупает не дорогой полуфабрикат, а готовый к использованию продукт по скромной цене.

Лабораторная установка содержит внутри себя необходимые датчики величин исследуемых явлений и узел сопряжения с компьютером. Никаких дополнительных соединений внутри установки не требуется. Компьютерная программа для каждой лабораторной работы своя и не требует дополнительных настроек. Техническим достоинством данного подхода является также хорошая надежность лабораторных установок, небольшие массогабаритные параметры.

Дидактические качества целиком зависят от методической проработки той или иной установки. Имеются примеры установок, практически, нулевой дидактической ценности. Такая установка представляет собой закрытый корпус, внутри которого происходит физическое явление, недоступное учащимся для чувственного контроля. Роль экспериментатора состоит только в фиксации результатов опыта, суть которого остается скрытой. Имеются примеры установок с противоположными свойствами, в которых исследуемое явление и способ его осуществления доступны для непосредственного наблюдения, а компьютерная программа предусматривает действия учащихся, которые способствуют достижению дидактических целей. Примером таких установок может бы продукция компании «Школьный мир» или ООО «Научные развлечения».

В качестве примера приведем лабораторную установку «Измерение отношения молярных теплоемкостей $\gamma = C_p/C_v$ методом адиабатного сжатия». Данный опыт является распространенным в учебных физических лабораториях. В большинстве случаев, он использует метод Клемана-Дезорма, который при очевидной простоте и доступности не является методически «безгрешным». Основным методическим пороком данного метода является непостоянство массы используемого в опыте газа, в то время как соотношение, выражающее C_p/C_v , выводится из условия постоянства этой массы. Кроме того, измеренное по методу Клемана-Дезорма значение C_p/C_v оказывается сильно заниженным, что вынуждает прибегать к новой оправдательной логике в виде ссылок на плохо контролируемые факторы опыта. Таким образом, дидактическая ценность опыта по методу Клемана-Дезорма весьма сомнительна. Он, конечно, остроумен исторически интересен, но современные средства позволяют реализовать измерение C_p/C_v значительно проще с большей методической наглядностью и с получением более достоверного результата.

Наиболее естественным способом измерения отношения C_p/C_v является реализация адиабатного процесса с измерением параметров газа в начальной и конечной точках и последующим вычислением показателя адиабаты. Для этого необходимы быстродействующие датчики давления. Поскольку степень адиабатности процесса определяется его скоротечностью оказывается необходимым фиксировать временной ряд значений давления. Запоминание таких рядов не вызывает трудностей, если для измерений используются достаточно быстродействующие датчики и компьютер.



Рисунок 1- Внешний вид установки

Современная промышленность выпускает полупроводниковые датчики давления, обладающие высоким быстродействием. Важным качеством данных датчиков является их изохрность, т.е. неизменность внутреннего объема при изменении давления. Это позволяет уменьшить объем исследуемого газа и габариты лабораторной установки.

Поскольку климатические условия в учебных лабораториях изменяются незначительно, наиболее подходящими для них являются недорогие датчики относительного давления. Все это позволяет создать малогабаритную недорогую лабораторную установку, обеспечивающую достоверные результаты измерений.

Так как исследуемая порция газа в ходе опыта не расходуется, а стоимость связанного с ней оборудования мала, целесообразно иметь несколько сосудов с различными газами, например, с воздухом (двухатомный газ), углекислым газом (трехатомный газ) и аргоном (одноатомный газ). Все сосуды с газами герметичны и сохраняют свое содержимое несколько лет. При заполнении сосудов необходимо лишь уделить внимание осушению газов, например, с помощью силикагеля. Основу установки, показанной на рисунке 1, составляет литровый сосуд (стеклянная банка для консервирования) с герме-

точной навинчивающейся крышкой, в которую вмонтированы цилиндр с поршнем (медицинский шприц объемом 50 мл), датчик давления 24PCEFA6G и термодатчик в виде распределенного по объему отрезка тонкого медного провода. Роль термодатчика в данных опытах вспомогательная – иллюстрация изменения температуры в адиабатных процессах.

Электронный узел установки оцифровывает сигналы датчиков и передает их в компьютер. Период отсчетов давления и температуры составляет 20 мс.

При таком периоде ни давление, ни температура в соседних отсчётах не могут заметно измениться. Это позволяет достаточно точно зафиксировать величину давления в конце адиабатного процесса и использовать полученное значение для определения показателя адиабаты. На рисунке 2 показана вкладка компьютерной программы для проведения измерений.

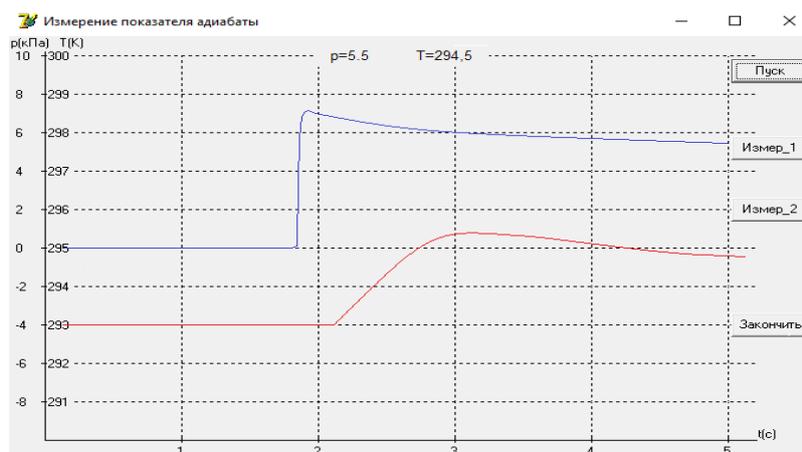


Рисунок 1 - Вкладка компьютерной программы для проведения измерений

В исходном положении поршень поднят в положение, при котором показания датчика давления равны нулю. После запуска программы и появления на мониторе ее вкладки осуществляется измерение давления и температуры газа. Нажимается кнопка «измер_1» и поршень резко опускается в нижнюю точку. При этом на графике отображается поведение давления и температуры газа в сосуде в течение 5 секунд. После окончания графика в верхней части экрана продолжают отображаться текущие значения давления и температуры.

Делается пауза, в течение которой показания давления перестают изменяться. Это около 1 мин. Нажатием кнопки «Закончить» измерение завершается. При этом формируется файл «actual.txt», содержащий все отсчеты давления и температуры в первые 5 секунд после нажатия кнопки «Измер_1» и последние значения в момент нажатия кнопки «Закончить». После этого данный файл просматривается и определяются два значения показаний датчика давления Δp_1 – после адиабатического сжатия и Δp_2 – последнее значение в файле. Значения показателя адиабаты вычисляется по формуле $\Delta p_1 \Delta p_2$.

Электронные узлы подобных лабораторных установок весьма просты и не увеличивают существенно их стоимость. Для дальнейшего удешевления практикума можно использовать один электронный узел для нескольких родственных установок. В этом случае потребуются дополнительное разъемное соединение. В частности, описанная установка имеет универсальный электронный узел для нескольких работ по изучению газовых законов.

Список использованных источников

1. Дьяконов В.П. Виртуальные лаборатории. Обзор приставок и плат к персональному компьютеру // Ремонт и сервис. – 2005. - №7.
2. Костин И.В., Нилова Л.И., Шевченко С.С. Физический практикум на базе модуля ЦАП-АЦП ZET-210 // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XIII междунар. науч.-практ. конф. № 12(12). – Новосибирск: СибАК, 2013.
3. Цифровая лаборатория Архимед. Методические материалы к цифровой лаборатории по физике. -М.: Институт новых технологий, 2012.

УДК 004.622:339.187

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ CRM SALESFORCE ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВХОДЯЩИХ ЗАПИСЕЙ СРЕДИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

И.О. Семинский, А.О. Семинский

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно,
Беларусь, kustom142@gmail.com

The problematic situation of automation of the distribution of incoming CRM records among CRM users is described, the possibilities of a criteria approach to such distribution are determined. The main tools of CRM Salesforce using the criteria approach for solving a problem situation are identified, their advantages and disadvantages are analyzed. The relevance of developing a software product that allows you to set up the process of distributing records without knowledge of administration and programming of the platform with a minimum budget is substantiated.

Описание проблемы

Система управления каждого предприятия имеет свой набор входящих данных, обработка которых необходима для его функционирования. Обработка данных может производиться с использованием труда человека или при помощи специальной системы, например, CRM. Входными данными CRM являются записи, которые могут поступать в различные моменты времени.

Как правило, для различных пользователей или их групп нужны различные данные. Поэтому в CRM возникает задача эффективного динамического распределения входящих записей между пользователями, что позволит компании достигать поставленных целей в назначенные сроки, с учетом дополнительных корректирующих факторов, неизбежно возникающих, на протяжении рабочего процесса. Наиболее рациональным является автоматизированное решение этой задачи в составе CRM.

Для реализации автоматизированного подхода к распределению записей необходимо определиться с правилами такого распределения. Для этого можно использовать, например, критериальный подход к распределению.

Любая компания оперирует своим набором установленных показателей, отражающих различные стороны реализуемой хозяйственной и финансовой деятельности. Эти показатели целесообразно использовать как критерии при распределении записей среди пользователей. Организация распределения с учетом

таких критериев позволяет достичь повышения эффективности использования задействованных ресурсов, уменьшения риска допущения ошибки, соблюдения сроков доставки критически важных данных, снижения вероятности распределения данных среди неверных представителей компании, исключить заведомо неполные, недостоверные данные.

Автоматизацию распределения входящих записей среди пользователей на основе критериев (в любой их комбинации) можно реализовать с использованием инструментов CRM Salesforce.

Целью работы является выявление и сравнительный анализ наиболее известных инструментов CRM Salesforce для реализации поставленной задачи.

Анализ существующих инструментов в CRM

Lead/Case assignment rule.

Правила распределения записей (Record) пользователям (User) или группе (Queue), привязанные к объектам потенциальных клиентов (Lead) и заявкам (Case) на основе заданных критериев.

Правило – это совокупность критериев. Каждое правило характеризуется:

- Приоритетом выполнения (номер);
- Набором критериев выполнения (значения полей и/или логика проверки);
- Пользователем или группой пользователей, которому стоит отправить запись на обработку при выполнении критерия.

Правила группируются в именованные упорядоченные (по приоритетам) наборы. В каждый конкретный момент времени активным в системе может быть только один набор правил.

Выполнение переадресации записи пользователю происходит по результатам проверки критериев в порядке, указанном заранее приоритетом, и будет выполняться автоматически на факт создания записи в системе независимо от того, каким путем она была создана.

Для настройки правил, а также же групп пользователей, потребуются базовые знания администрирования платформы.

Omni-Channel

Функциональность, включенная в базовый набор, предоставляемый Salesforce, позволяющая динамически распределять записи среди пользователей группы. Группы пользователей в системе создаются на основании критериев, уникальных для каждой организации (например отдел продаж/маркетинга). Каждая запись, нуждающаяся в обработке, должна быть до этого распределена на необходимую группу пользователей. Настройка Omni-Channel происходит при помощи UI инструментов.

Существует два типа распределения записей пользователям внутри группы:

- На основании занятости пользователей. Когда запись была распределена в группу, *наиболее свободному* в данный момент члену группы высылается предложение обработать запись. В случае принятия пользователем записи, она назначается пользователю и покидает группу. В случае отказа от предложения на обработку, запись предлагается следующему свободному члену группы.

- На основании навыков. Каждому пользователю присваиваются определенные компетенции. Записи будут автоматически предлагаться на обработку тем пользователям, которые *свободны* в данный момент и имеют *необходимые компетенции* для обработки записи;

Omni-Channel позволяет пользователям получать записи любого объекта в режиме реального времени с использованием оповещений и UI инструментов.

Важно отметить, что Omni-channel не занимается автоматизацией распределения записей в группы, а занимается только распределением записей внутри группы. Это значит, что запись, попавшая в группу на обработку (ручным или автоматизированным способом), будет предлагаться на обработку до тех пор, пока будут активны свободные исполнители и она не будет обработана.

Omni-Channel дает ограниченное количество времени на принятие записи и отслеживает каждое предложение, что позволяет построить аналитические отчеты об эффективности работы каждого пользователя.

Для настройки Omni-Channel потребуются продвинутое знание платформы, а также отдельная автоматизация по распределению записей в группы пользователей.

Flow

Flow является декларативным методом автоматизации действий в системе Salesforce. Flow предоставляет инструменты для автоматизации в различных ситуациях, но наиболее подходящим для наших целей будет Record-Triggered Flow – автоматизация, срабатывающая на создание или изменение записей любого объекта в системе [1].

Record-Triggered Flow позволяет совершать любые манипуляции с данными, таким образом давая возможность распределить запись на пользователя в зависимости от заданных критериев. Критерии представляют собой проверку значений *в полях созданной записи, а также других связанных записей*, системных настроек, настроек пользователя. Таким образом Flow даёт возможность настроить наиболее гибкое распределение записи на пользователя без применения кода.

Однако Record-Triggered Flow имеет свои недостатки:

- Невысокая скорость работы;
- Высокая нагруженность настройки (каждый критерий представляет собой комплекс компонентов и проверок), так как с ростом количества критериев будет расти объем исходной настройки, что неизбежно приведёт к многочисленным ошибкам и замедлению работы системы в целом;
- Отсутствие строгого порядка выполнения критериев.

Для настройки автоматизации распределения записей на исполнителей через Record-Triggered Flow потребуются продвинутое знание и большой опыт в администрировании системы Salesforce.

Apex Triggers

Salesforce предоставляется возможность написания собственной программной автоматизации на языке программирования высокого уровня Apex (Java подобный). Для выполнения программного кода при создании или обновлении записи на любом объекте в системе нужно использовать инструмент Apex Triggers [2].

Apex позволяет совершать любые операции с данными, включая создание новых данных, обновление существующих записей, выборку существующих записей и т.д. Это даёт возможность настроить автоматизацию распределения записей на исполнителей на основе программируемых критериев. Каждый критерий представляет собой проверку полей записи на валидность, проверку полей связанных записей, системный настроек и т.д.

Программируемое решение будет работать с максимально возможной скоростью, однако, стоимость программной разработки является наиболее высокой и подверженной рискам. Чтобы добиться оптимального решения, потребуется специалист высокого уровня со специальными знаниями технологии, принципов разработки для данной системы и большим опытом.

В таблице 2 представлен сравнительный анализ описанных выше инструментов по наиболее значимым для их выбора показателям.

Таблица 2 - Сравнительный анализ инструментов CRM Salesforce

Показатель/ Инструмент	Assignment Rule	Omni-channel	Flow	Apex Triggers
Поддерживаемые объекты	Lead, Case	All	All	All
Пользователи	User, Group	User	User, Group	User, Group
Поддерживаемые признаки	Поля в текущей записи	Занятость агента, наличие компетенции	Поля в текущей записи, поля в связанной записи, системные настройки	Поля в текущей записи, поля в связанной записи, системные настройки
Требование знания администрирования системы	Базовое	Продвинутое	Продвинутое	Продвинутое
Требование знания программирования	–	–	–	Продвинутое
Необходимый бюджет	Малый	Средний	Большой	Большой

В зависимости от квалификации пользователей, доступного бюджета для разработки решения задачи распределения записей среди пользователей системы, можно использовать различные инструменты.

Исходя из проведенного сравнительного анализа можно заключить, что инструменты Salesforce не предоставляет такое решение поставленной задачи, которое не требует административных/программных знаний системы, укладывается в необходимый бюджет на уровне *малый*, работает с любыми объектами и признаками, распределяет записи между пользователями и/или группами, а также внутри групп.

Поэтому было принято решение разработать собственный программный продукт, который позволит владельцам системы настроить процесс распределение записей без знаний администрирования и программирования платформы с минимальным бюджетом.

Список использованных источников

1. Rakesh Gupta Learning Salesforce Visual Workflow and Process Builder [Текст]: / Rakesh Gupta. -Изд-во: Packt Publishing, 2017. - 442 с
2. Enhance Salesforce with Code. -Salesforce, Winter '23 - 2022. - https://resources.docs.salesforce.com/240/latest/enus/sfdc/pdf/extend_code.pdf

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

В.И. Зеброва

ГУО «Средняя школа № 37 г.Могилева», Могилев, Беларусь,
vikusichec@yandex.ru

The article studies distance learning. It proves that the effectiveness of distance learning depends on the pedagogical technologies used in conducting distance lessons. Special attention is paid to the description of the unique opportunities of distance learning which provide the intensification of educational activities.

Дистанционное обучение – способ организации процесса обучения, основанный на использовании современных информационных и телекоммуникационных технологий, позволяющих осуществлять обучение на расстоянии без непосредственного контакта между преподавателем и учащимся.

Такое обучение дает ученикам доступ к нетрадиционным источникам информации, увеличивает эффективность самообразования, познавательной активности, предоставляет развить возможности к творчеству, получению и развитию навыков критического мышления, а у преподавателей есть возможность реализовать новейшие виды и методики обучения.

Эффективность обучения возрастает при выполнении следующих условий:

1. разнообразия форм представления учебной информации;
2. высокой степени наглядности подаваемого материала;
3. предусмотренном разнообразии видов деятельности обучающихся при изучении материала;
4. выполнения дифференцированной работы учащимися в зависимости от уровня подготовки и мотивации;
5. рациональном использовании времени при выполнении учебной деятельности.

Для качественного дистанционного обучения должны выполняться следующие этапы:

1. систематическое и тщательное планирование учебной деятельности обучающегося, ее организация, конкретное и четкое определение целей и задач обучения предмету, обеспечение усвоения обязательного учебного материала;
2. осуществимость быстрой обратной связи, способствующей обучаемому прояснить ситуацию о правильности выполняемой учебной работы, допущенных ошибках и выполнения работы по их исправлению;
3. наличие технологической базы для осуществления дистанционного обучения, опираясь на которую определяется содержание и структура учебного материала;
4. поддержание мотивации обучения;
5. обеспечение возможности группового обучения.

Организация онлайн обучения по времени:

СИНХРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ. При таком обучении создается эффект присутствия, учитель лично взаимодействует с учащимися. В свою очередь учащиеся могут лучше разобраться в уроке, отвечая на вопросы и разбирая непосред-

ственно затруднения. Расписание уроков (запланированных конференций) дисциплинирует обучающихся. Недостатками синхронного обучения являются проблемы со связью и сложность планирования.

ПОЛУСИНХРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ. Определяется дата начала и окончания занятий, в этот промежуток времени учащийся имеет доступ к учебной информации, может в соответствии с заранее разработанным графиком получать от учителя консультации онлайн.

АСИНХРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ. При таком обучении учителю не нужно постоянно взаимодействовать с учениками. Обучающиеся имеют больше времени на изучение материалов, свой темп работы. Учитель готовит материал к урокам постепенно. Недостатками такого обучения являются: отсутствие живого общения с учениками, а также вероятность непонимания материала.

Организовать удаленное взаимодействие в режиме реального времени можно с помощью сервисов онлайн-встреч и конференций Zoom, Navek Meet, SBoard.

Zoom — сервис для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и организации дистанционного обучения [2]. Организовать онлайн-лекцию может любой учитель, создавший учетную запись. Бесплатная версия Zoom не требует авторизации учащихся, позволяет проводить 40-минутную онлайн-конференцию с подключением до 100 участников. Данный сервис позволяет запланировать занятие заранее и сделать повторяющуюся конференцию, чтобы ваши занятия постоянно начинались в определенное время.

Zoom позволяет учителю вести лекцию с включенной камерой, аудио связью, взаимодействием посредством чата, демонстрацией своего экрана (или отдельного окна, части экрана и т.п.) и использовать встроенную интерактивную доску. В режиме демонстрации экрана можно включить доску сообщений, на которой будут писать учителя и учащиеся одновременно. Кроме того, преподаватель может контролировать подключение и отключение микрофонов слушателей. Можно настроить автоматическую запись лекции, чтобы слушатели, которые не смогли «присутствовать» на занятии, посмотрели лекцию в удобное для них время.

Учащихся можно распределить на удобные группы, в отдельные комнаты, где они будут общаться только друг с другом и выполнять заданные им задания.

Белорусская бесплатная платформа Navek Meet имеет простой, удобный пользовательский интерфейс [1]. Пользователь может вести конференцию как через сайт, так и через мобильное приложение. В отличие от Zoom, данный сервис позволяет организовать конференции с неограниченными временными рамками и любым количеством участников без регистрации. Учитель может демонстрировать экран: запускать презентации, обучающие видео через браузер. Учащиеся могут виртуально поднимать руки для осуществления обратной связи, не прерывая объяснение материала. Все участники могут использовать чат в рамках конференции.

При необходимости учитель может воспользоваться функцией «Белая доска». «Белая доска» – это виртуальный аналог школьной или офисной доски, инструмент для совместной работы всех участников конференции (выполнение коллективного задания, мозговой штурм). Функция удобна тем, что информация на доске сохраняется даже после окончания конференции, так в любой момент пользователи могут вернуться к «Белой доске» и продолжить работу в ней уже вне конференции.

SBoard - уникальная интерактивная платформа для совместной работы в режиме онлайн, проведения уроков и дополнительных занятий без потери их качества. При совместной работе с учениками на sBoard учитель видит курсоры и имена учащихся. На панели инструментов доски есть библиотека шаблонов. Это отличный помощник для того, чтобы сделать занятия по математике продуктивнее. Сейчас в библиотеке представлен один раздел - стереометрия, где имеется 27 объемных фигур. SBoard единственная платформа в которой встроен математический редактор формул.

В условиях дистанционного обучения школьники списывают домашние задания из решебников, а учителя тратят много времени на проверку домашнего задания посредством отправленных фотографий или документов учащимися.

Сервис «Индивидуальные домашние задания» по алгебре для учащихся 5-11 классов (<http://mattrener.ru/idz/>) позволяет полностью исключить списывание школьниками домашней работы как из готовых домашних заданий, так и друг у друга. Также сервис автоматизирует проверку домашней работы, что позволит учителю экономить свое время [3].

Учитель выбирает упражнения, которые собирается задать на дом. При необходимости можно оставить комментарии к заданию и выбрать конкретную дату сдачи домашнего задания. Каждый ученик получает свой вариант заданий. Ответы сдаются прямо на сайте, который сам их проверяет. Учитель видит результаты выполнения заданий в реальном времени, представленные в табличном виде): решено или просто открыто задание, с какой попытки было правильно выполнено задание, последний ответ учащегося при неправильном выполнении задания.

Список использованных источников

1. Meet navek soft [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://meet.naveksoft.com/>. – Дата доступа : 01.12.2021.
2. ZOOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zoom.us/>. – Дата доступа : 01.12.2021.
3. Индивидуальные домашние задания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mattrener.ru/idz/>. – Дата доступа : 01.12.2021.

УДК 373.5:51+004

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АНАЛИЗЕ РАБОТ ХУДОЖНИКОВ ПОРТРЕТИСТОВ

К.А. Екимова¹, И.В. Акиншева²

¹ГУО «Средняя школа № 9 г. Могилева», Могилев, Беларусь,
ekimovakristina2000@gmail.com

²Могилевский государственный университет имени А.А.Кулешова,
Могилев, Беларусь, akinsheva@msu.by

The article discusses the possibilities of applying mathematical methods in art and various spheres of human activity within the framework of the optional course "Golden Ratio". Various examples of mathematical «laws of beauty» and their application in life and art are studied.

С древних времен господствовало мнение о том, что человеческое тело и его части должны иметь некую симметричную гармонию, которую также можно описать математически, чтобы считаться совершенными. Согласно этой точке зрения, были предприняты попытки «подогнать» людей под простейшие геометрические формы, такие как треугольники, круги или квадраты.

Стремление художников совместить искусство и науку привело к повышенному вниманию к пропорциям человека. Во многих произведениях искусства античности, а затем и эпохи Возрождения можно обнаружить следование правилу Золотого сечения.

Постижение способов применения золотой пропорции вызывает несомненный интерес. В факультативном курсе «Золотое сечение» рассматриваются различные области применения этой пропорции.

Факультативные занятия дают возможность варьировать объём и сложность изучаемого материала. При этом можно использовать новые подходы к его раскрытию, снабдить учащихся большим объёмом научных знаний, развить их способности, сформировать мировоззрение [4, с. 76].

Факультативный курс «Золотое сечение», разработанный нами, включает в себя изучение применения золотого сечения с использованием математических методов и современных информационных технологий.

Приведем примеры заданий, используемых на занятиях.

Правило Золотого сечения в картине проявляется делением ее на части четырьмя линиями – две из них горизонтальные, и две вертикальные [2]. На пересечении линий находятся особые зрительные центры. Они расположены на расстоянии примерно $\frac{3}{8}$ и $\frac{5}{8}$ от краев изображения (рисунок 1).

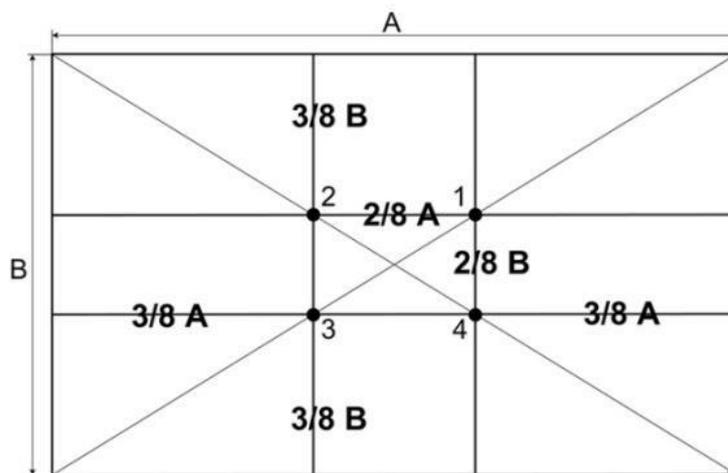


Рисунок 1 – Использование Золотого сечения в живописи

Задание 1. Найдите линии золотого сечения на картине Альбрехта Дюрера «Чудесное спасение утонувшего мальчика из Брегенца». Для этого используйте сетку золотого сечения. Задание выполняется в приложении GeoGebra (рисунок 2).

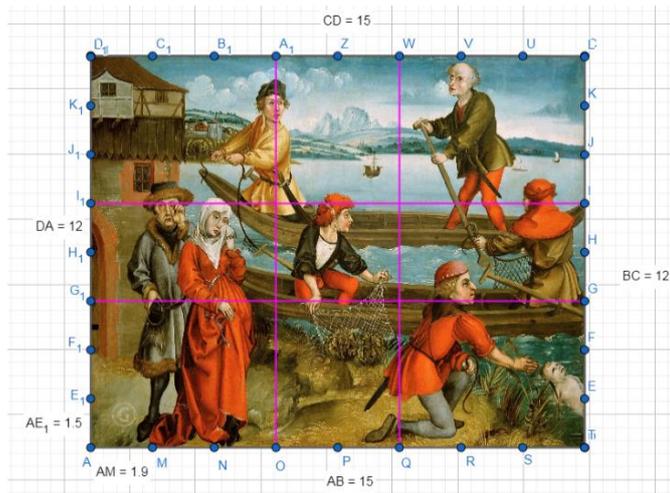


Рисунок 2 – Деление картины «Чудесное спасение утонувшего мальчика из Брегенца» линиями золотого сечения в приложении GeoGebra

Найти линии золотого сечения мы можем и другим способом. Для этого необходимо вспомнить геометрический способ деления отрезка в золотой пропорции и перенести его на картину (рисунок 3) [1, с.12].

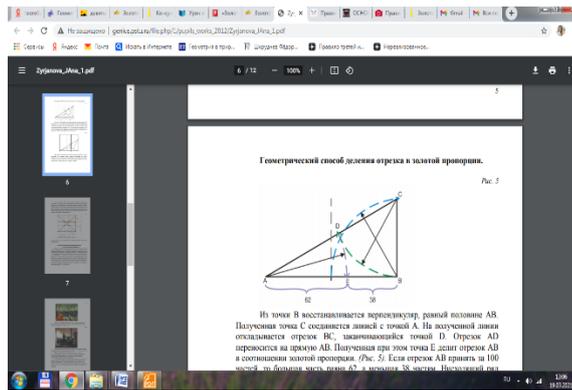


Рисунок 3 – Деление отрезка Золотым сечением

Задание 2. Проверьте, использовал ли Сальвадор Дали правило Золотого сечения, когда писал картину «Тайная вечеря»? Для выполнения задания используйте приложение GeoGebra (рисунок 4).

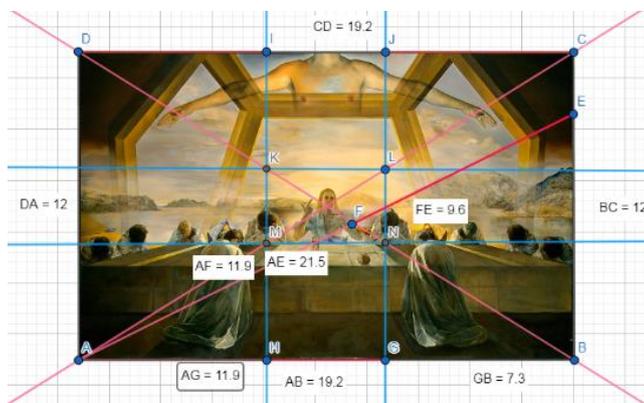


Рисунок 4 – Деление картины «Тайная вечеря» по правилу «Золотого сечения» в приложении GeoGebra

В основе композиции многих полотен великих художников лежат золотые фигуры. Одной из таких фигур является золотой пятиугольник. Пятиугольник с прочерченными диагоналями, образующими пятиконечную звезду, называется пентаграммой, которая считалась с древнейших времен почитаемой фигурой [3, с. 20].

Задание 3. Постройте правильный пятиугольник – выпуклый и звездчатый (рисунок 5). Для выполнения задания используйте приложение GeoGebra.

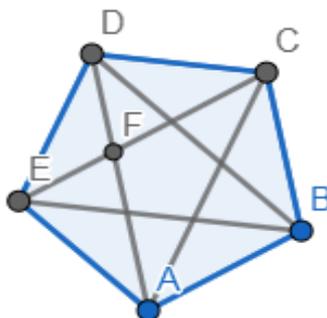


Рисунок 5 – Пятиугольник с проведёнными диагоналями в приложении GeoGebra

Задание 4. Проверьте, действительно ли в основе композиции картины Микеланджело Буонарроти «Мадонна Дони (Святое семейство)» лежит золотой пятиугольник. Для этого наложите созданный вами ранее пятиугольник в приложении GeoGebra (рисунок 6).

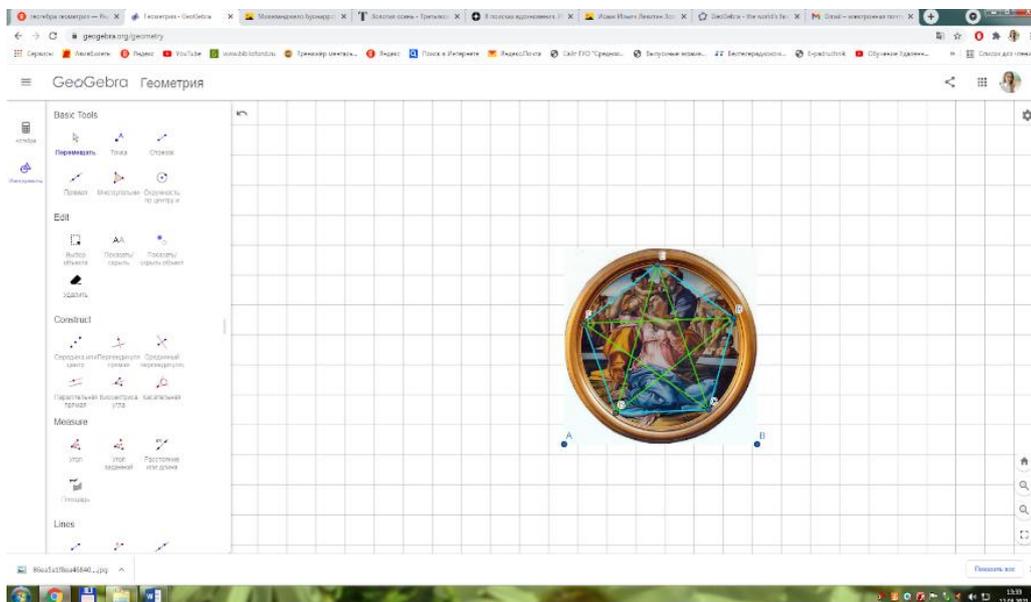


Рисунок 6 – Деление картины «Мадонна Дони» золотым пятиугольником в приложении GeoGebra

Задание 5. Убедитесь, что в основе композиции картины Сандро Боттичелли «Мадонна с младенцем, шестью ангелами и Иоанном Крестителем» лежит золотой пятиугольник. Для этого наложите на неё золотой пятиугольник в приложении GeoGebra (рисунок 7).

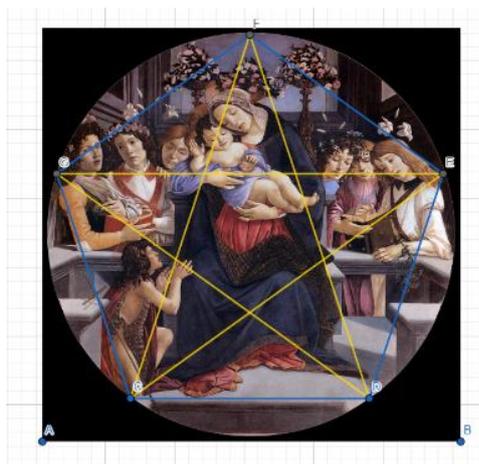


Рисунок 7 – Деление картины «Мадонна с младенцем, шестью ангелами и Иоанном Крестителем» золотым пятиугольником в приложении GeoGebra

Разработанные задания позволяют учащимся приобрести навык работы в приложении GeoGebra, освоить математические расчеты по правилу Золотого сечения, повысить уровень знаний о сферах применения правила Золотого сечения.

Список использованных источников

1. Сопроненко Л. П., Григорьева Я. М. Анализ золотого сечения с помощью средств компьютерной графики. Университет ИТМО, 2015. – 50 с.
2. Трушникова, М. Правило золотого сечения для создания гармоничной картины [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://izo-life.ru/pravilo-zolotogo-secheniya.html> – Дата доступа: 25.10.2022.
3. Шевелев, И. Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П. Золотое сечение : Три взгляда на природу. Москва : Стройиздат, 1990. – 339 с.
4. Щукина, Г.И. Активизация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе. М.: Просвещение, 1979. – 160 с.

UDC 004.94

TEACHING CONTAINER VIRTUALIZATION AND THE BASICS OF THE KUBERNETES CONTAINER ORCHESTRATOR

D.A. Kostiuk, P.N. Lutsiuk
Brest State Technical University, Brest, Belarus, d.k@list.ru

The experience of developing a course on the basics of using the Kubernetes container orchestrator is presented. The course includes the principles of container virtualization, architectural features and key components of the Kubernetes platform, deploying and scaling applications based on it. The ways to overcome the high input threshold of Kubernetes are discussed. The structure of the theoretical and practical parts of the course, measures to ensure the operability of the studied software in an isolated network segment are given.

Containerization of applications is an essential part of the current approach to systems engineering, which involves the integration of the software systems development and operation when building complex applications. It is based on the use of a complex of such modern software technologies as virtualization, automatic audit and performance control, solving problems using heterogeneous systems that include several different platforms (for example, GNU/Linux and Microsoft Windows).

One of the increasingly popular platforms to implement this approach is Kubernetes – an open-source, complex container orchestration system developed by Google, that ensures the performance of containerized applications.

Kubernetes objects deploy and scale applications based on their memory, CPU, and other requirements. Any container virtualization system that complies with the Open Container Initiative (OCI) is supported. Kubernetes provides scaling and load balancing, automatic service discovery, and secrets management. Containers of one or more applications are isolated from each other until the developer/devops engineer decides to connect them, allowing more important applications to be used without the risk of interference. The platform takes care of the technical complexity of transparent container interaction and service auto-discovery by providing the appropriate capabilities through the API.

The scope of the Kubernetes usage is determined by the following reasons:

- the platform is very well suited for scale-in/scale-out systems and stateless systems;
- it is popular as a foundation for microservices;
- it proposes a number of benefits being used as a basis for various kinds of clusters that need reachability, auto-discovery and/or self-repair.

A problem that is regularly encountered when learning Kubernetes is a high barrier to entry. On the one hand, the reason is a fairly large set of entities of this platform, thanks to which the Kubernetes-based cluster acts as a single unit; on the other hand, a significant number of software components which the platform includes (and some of which are completely interchangeable) plays the role. In fact, a cluster is functioning as a single organism (automatically performing updates, scaling and self-healing) and therefore has rather high internal complexity.

For this reason, despite the high demand, studying Kubernetes by students often turns out to be more of an experiment.

It is also necessary to mention the difficulties of presenting its theory in languages other than English. The platform's documentation uses a large number of new concepts referenced with capitalized words to emphasize their specific meaning different from those outside of Kubernetes. The problem is well illustrated by the poor adaptability to the Russian language: it is obvious that there are currently no well-established Russian terms for the platform, and in some cases, a literal translation turns out to be the worst option. A typical example is the term "Deployment", which in Kubernetes denotes not only the process of deploying software, but also a cluster object responsible for deploying a component. The literal translation is unsuccessful in the case of a group of objects, at least because in Russian this word does not occur in the plural. The solution used in our course presented here was to use non-translated terms capitalized as in original documentation.

In our case, a course was developed to study Kubernetes by senior students who are already familiar with a number of necessary technologies, including computer networks, elements of GNU/Linux system administration, and development of client-server applications [2].

The developed course is designed for the first stage of higher education, and involves further continuation within the second stage.

The theoretical part of the first-stage course covers the concepts of Node (a separate computer or virtual machine on which containers are running), Pod (a separate unit containing at least 1 container, that the Kubernetes Scheduler operates to start any work), Replication Controller (whose task is to maintain a given number of copies of the Pod according to the Label Selector), as well as Service (an entry point that gives the client application access to the Pods it needs). Less detailed coverage was chosen for Load balancer, Secrets (objects to securely store passwords, encryption keys and other similar sensitive data), Probes (which are the way for Kubernetes to detect malfunction of the cluster components), isolation with Namespace, influencing Pods to be created on specific nodes with taints/tolerations and affinity/antiaffinity, and using Volumes to create stateful applications.

The practical part of the course was built on the basis of Minikube, a specialized Kubernetes distribution designed to be deployed on a local machine with a combination of hardware and container virtualization. Minikube has a number of limitations related primarily to its local nature. However, the practical part of the course, due to time constraints, does not affect a number of aspects of the platform that are incompatible with it; topics such as, for example, the implementation of affinity and anti-affinity are covered only by the theoretical part.

One of the tasks needed to be solved for the laboratory workshop included in the course was the functioning of Minikube in an isolated segment of the local network, with limited access to external Internet resources (the reason for the restriction was both saving external traffic and considerations of the internal security policy of the local network with personalized Internet access via VPN).

The need for good Internet access is caused by two reasons:

- Minikube downloads a ready-made installation image with Docker and Kubernetes components, as well as the latest versions of the kubelet and kubeadm tools;
- When deploying applications to a Kubernetes cluster, application containers are downloaded by the Docker virtualization system.

Two options for using Kubernetes with limited external access were considered and tested:

- creating a private Docker registry and reconfiguring the system to use it exclusively, as well as deploying a private image repository for Minikube;
- running Minikube and deploying educational applications with Internet access enabled, followed by cloning the resulting profile to classroom workstations: this option solves both deploying images for Minikube and importing Docker images through the file system instead of getting them over the network.

In practice, after experimenting with both options, we settled on the second one, as the least time-consuming (taking into account the existing image replication system for workstations) [3, 4].

The structure of the developed practical workshop for students of the first stage of higher education includes 4 laboratory works [1]. The first work is exploratory in nature: it talks about Minikube and virtualization systems that it can use on various hardware platforms, as well as installation features if used on personal devices. The second one discusses the features of accessing a Kubernetes cluster using the command line (kubectl), including minimal access configuration (kubectl proxy), and a web interface (Kubernetes Dashboard). The third one deploys a minimal web application to the cluster, including checking the created Deployment, ReplicaSet and Pods, as well as the Service accessed via NodePort. The fourth work allows students to study the deployment of a multi-component application with a prepared client part based on web technologies and a server subsystem based on the MongoDB database management system.

References

1. Касцюк Д.А., Луцюк П.М. Практичне вивчення середкаў кантэйнернай віртуалізацыі і платформы Kubernetes // Десята навукова-практычна конференцыя FOSS Lviv 2021: Збірник навуковых праць. – Львів, 17-19 чэрвеня 2021 р. – С. 19–21.
2. Костюк Д.А., Ильяшевич Д.А. Опыт внедрения свободного ПО в учебный процесс для специальностей информатики и радиоэлектроники // Свободное программное обеспечение в высшей школе: тезисы докладов III Конференции., 2–4 февраля 2008 г. – Переславль-Залесский, 2008. – С. 48–51.
3. Коваленко В.Ю., Костюк Д.А. Виртуализованная ферма для тестирования и демонстрации приложений платформы Android с веб-доступом // Вестник Брестского государственного технического университета. 2015. №5 Физика, математика, информатика - С. 45-48.
4. Пойта П. С., Костюк Д. А., Дереченник С. С., Луцюк П. Н. Повышение сетевой безопасности в компьютерном парке вуза за счет буферизации и изоляции ресурсов // Электроника инфо. – 2013. – №.6 (96). – С. 111–113.

УДК 004.9

ТЕХНИКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Ю. Савицкая

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
stendur6@gmail.com

The features of the application of dynamic visualization techniques in the construction of training systems in the field of computer information technologies are considered. The key stages of a systematic approach to the design and development of such systems are given.

Одним из приоритетных направлений в области повышения качества обучения техническим дисциплинам является разработка и внедрение инновационных образовательных технологий, основанных на применении современных аппаратно-программных средств компьютерной техники. Практика применения компьютерных обучающих систем совместно с традиционными средствами

обучения демонстрирует существенное улучшение качества знаний и навыков слушателей. При этом на первый план выходит задача принципиально нового построения содержания учебного материала, деятельности преподавателя и учебной работы студента в компьютерной среде.

В контексте данной задачи наиболее перспективным направлением можно считать использование техники динамической визуализации (ДВ) и элементов виртуальной реальности. Они позволяют студенту самостоятельно исследовать процессы, протекающие в изучаемом объекте, понять основные закономерности, получить всестороннее представление об излагаемом материале. Часто компьютерная программа ДВ позволяет наглядно представить материал, словесное описание которого объемно и достаточно сложно для восприятия, а показ на натурном образце невозможен или затруднен (например, физические, информационные процессы и др.). Важным положительным свойством техники ДВ является возможность визуализации функционирования таких объектов и систем, в которых работа различных взаимосвязанных в систему компонентов полностью или частично совмещена во времени. Большим достоинством ДВ также является возможность имитации и моделирования протекания различных явлений и процессов в реальном, ускоренном или замедленном масштабах времени; это позволяет акцентировать внимание обучаемого на принципиальных моментах функционирования системы. Кроме этого, ДВ с интерактивными возможностями предлагают обучаемому не «прочтение» с помощью компьютера целого курса или его фрагментов, а более высокий уровень представления в учебном процессе самого осваиваемого объекта.

Таким образом, по мнению автора, электронные средства ДВ являются одним из важнейших компонентов современных электронных учебно-методических материалов, а процесс их проектирования и разработки – как правило, один из самых сложных в практике создания электронно-обучающих систем. При этом важным является вопрос выбора инструментальных средств разработки программ ДВ. В настоящее время рынок подобного рода инструментальных систем предлагает средства 2D/3D графики, с наличием / отсутствием встроенного языка управления объектами, наличием / отсутствием встроенных библиотек типовых объектов и др. Примерами таких систем являются:

- 3D Studio MAX – один из самых известных пакетов 3D-анимации производства фирмы Kinetix. Программа обеспечивает весь процесс создания трехмерного фильма: моделирование объектов и формирование сцены, анимацию и визуализацию, работу с видео;

- TrueSpace – пакет фирмы Caligari предназначен для трехмерной анимации и отличается легкостью в использовании, гибкостью в управлении формами, поддержкой сплайнов и булевых операций над объектами;

- Ray Dream Studio - программа обеспечивает набор профессиональных инструментов для 3D-дизайна и анимации;

- Macromedia Flash – одна из передовых технологий для создания различных элементов динамической визуализации. Главная особенность Macromedia Flash в том, что он поддерживает исполнение кода, написанного на ActionScript. Отличается высокой производительностью приложений ДВ, которые требуют большого объема вычислений (к примеру, параметрические эффекты, визуализация динамических сцен и др.) [1, 2].

Именно в силу своих функциональных особенностей и производительности пакет Macromedia Flash был выбран в качестве базового для создания электронных ДВ-средств обучения.

Технический опыт в области разработки средств ДВ позволил сформулировать следующие ключевые этапы, позволяющие осуществить системный подход к проектированию и разработке средств обучения данного типа:

1) детальный анализ объекта анимации – предполагает всестороннее исследование натуральных образцов (моделей) и их характеристик (методов, алгоритмов, чертежей, схем функционирования объекта), технической документации, фотографий, видеоматериалов и других информационных источников;

2) выделение принципиальных (ключевых) событий функционирования объекта – имеет своей целью обобщить информацию об объекте и определить перечень сцен, которые, с научно-методической точки зрения, в наибольшей степени отражают специфику работы исследуемого объекта;

3) определение структуры динамических сцен в программе ДВ и построение графа переходов;

4) предварительная разработка сценариев динамических иллюстраций. Реализация данного этапа предполагает: детализацию сцен до уровня отдельных компонентов; проектирование интерфейса взаимодействия с пользователем; определение расположения основных и периферийных объектов в окне сцены; решение вопросов изображения крупным планом принципиальных компонентов сцен и схематизации иных визуальных объектов, наличие которых в сцене необходимо для понимания студентом принципа функционирования системы в целом;

5) проектирование и разработка отдельных базовых элементов динамических сцен (конкретных объектов, систем, подсистем и др.) – осуществляется, как правило, с использованием программных систем векторной графики. При этом положительным свойством анимационных инструментов является возможность импортирования готовых компонентов. Важным аспектом разработки на данном этапе является ведение и использование библиотек базовых элементов, что во многих ситуациях позволяет унифицировать и существенно снизить трудоемкость программирования сцен;

6) программирование видеоматериалов сцен, включающее в себя разработку опорных (ключевых) кадров и анимационных переходов между ними;

7) программирование обработчиков элементов управления сценами с использованием встроенного языка анимационного редактора – дает возможность активизировать учебную и исследовательскую инициативу студента, поскольку последний имеет возможность *самостоятельно* управлять изучаемыми процессами (объектами);

8) обязательная разработка подсистемы методических указаний, включающих детальные описания характеристик и принципов работы исследуемого объекта, элементов управления ДМ и правил их использования для демонстрации возможных режимов работы объекта. Отсутствие в ДМ-программе информации подобного типа в ряде случаев превращает разработку в «головоломку», снижая практически до нуля её обучающий эффект;

9) согласование сцен и интегрирование в единую систему;

10) обязательное тестирование полученного варианта системы с привлечением в качестве экспертов лиц соответствующей квалификации;

11) опубликование, защита и электронное тиражирование программы ДМ.

Разработанные автором принципы построения средств ДМ были практически реализованы в интерактивных обучающих программных системах:

– «Маршрутизация потоков в базовой сети обмена данными»;

– «Принципы межсетевого взаимодействия по протоколу без установления соединения Internet Protocol (IP)»;

– «Принципы функционирования компонентов статической памяти ЭВМ».

Первые две системы представляют собой программные комплексы для исследования принципов межсетевого взаимодействия и адаптивной маршрутизации в объединенных гетерогенных IP-сетях; позволяют на базе современных средств информационных технологий обеспечить всестороннее изучение наиболее сложных динамически протекающих многоуровневых процессов передачи и маршрутизации в вычислительных сетях TCP/IP [3] с активным участием обучаемого. Третья разработка ориентирована на динамическую визуализацию режимов работы запоминающих элементов устройств статической памяти ЭВМ. Необходимость разработки данных систем обусловлена тем, что специфика данного тематического материала (при его представлении в традиционной форме) создает объективные затруднения в его комплексном понимании.

Таким образом, современные информационные технологии предлагают сегодня широкие возможности для создания высокоэффективных компьютерных средств, позволяющих внедрять в образовательный процесс активные методики обучения. Однако, важно понимать, что наилучший эффект может быть достигнут только при использовании компьютерных разработок в совокупности с традиционными, проверенными временем и практикой, методами обучения.

Список использованных источников

1. Пакнелл Ш., Хогг Б., Суонн К. Macromedia Flash 8 для профессионалов / Шон Пакнелл, Брайан Хогг, Крейг Суонн. – М.: Вильямс, 2006. – 672 с.

2. Блейк Б., Салин Д. Мультимедиа-дизайн во Flash 8. – М.: НТ Пресс, 2008. – 592 с.

3. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для ВУЗов. Юбилейное издание. – СПб.: Питер, 2020. – 1008 с.

УДК 338.242

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.А. Муха, В.М. Горбач, Е.Г. Беликова

Брестский государственный технический университет, Брест,

Беларусь, b0005407@g.bstu.by

The Republic of Belarus does not stand aside from global trends. The country pays close attention to global digitalization. State strategies and programs adopted in recent years in the field of e-government development provide for a number of serious measures to deepen electronic interaction between business, citizens and government agencies.

Начиная с 2010 года развитие информационного общества является одним из основных факторов обеспечения конкурентоспособности и инновационного развития национальной экономики, совершенствования системы государственного управления, повышения зрелости гражданского общества.

Усовершенствование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) играет важную роль для социально-политического и экономического развития как каждой страны в отдельности, так и мирового сообщества в целом, так как оно даёт возможность к развитию ИКТ, создаёт возможности для экономического развития, роста благосостояния.

Система государственного управления и самоуправления, использующая ИКТ, является частью информационного пространства. Такую систему называют «электронное правительство». Электронное правительство является системой государственного управления, которая основана на электронных средствах обработки, передачи и распространения информации. Оно способствует упрощению и ускорению оказания электронных услуг, оказываемых государством населению, в том числе и в реальном времени [1, с. 124].

На сегодняшний день во многих странах мира существуют государственные программы, ориентированные на дигитализацию и автоматизацию управленческих процессов, которые касаются вопросов разработки и внедрения электронного правительства.

Республика Беларусь не стоит в стороне от мировых тенденций. В стране уделяется пристальное внимание глобальной цифровизации. Государственные стратегии и программы, принятые в последние годы в области развития электронного правительства, предусматривают ряд серьёзных мер по углублению электронного взаимодействия бизнеса, граждан и государственных органов.

Реализация целенаправленной государственной политики в сфере электронного правительства даёт определённые результаты. Очевидно, что переход к информационному обществу – это процесс, требующий больших материальных затрат на формирование и развитие информационной среды, индустрии информационных услуг и «доведения» их до каждого гражданина страны.

В настоящее время Республика Беларусь все быстрее погружается в эпоху цифровых технологий, что выражается, в частности, в переводе отдельных этапов налогового администрирования в электронный (цифровой) формат. Безусловно, цифровизация отдельных этапов взаимодействия налоговых органов и налогоплательщиков позволяет оптимизировать и даже в некоторых случаях упростить налоговое администрирование. Однако при этом необходимо учитывать все особенности детально регламентированных процедур, предусмотренных законодательством о налогах и сборах Республики Беларусь [2].

Ранее согласно перечню административных процедур, подлежащих осуществлению в электронной форме через единый портал электронных услуг, установленному приложением к постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 6 мая 2020 г. N 271 в отношении граждан в электронном виде, налоговыми органами осуществлялись четыре административные процедуры:

- зачет, возврат сумм налогов, сборов (пошлин), пеней;
- выдача справки об уплате подоходного налога с физических лиц, земельного налога и налога на недвижимость в отношении отчуждаемого объекта не-

движимого имущества (в случае отчуждения объекта недвижимого имущества, принадлежащего постоянно проживающему за пределами Республики Беларусь гражданину Республики Беларусь, иностранному гражданину, лицу без гражданства);

- выдача справки о постоянном местопребывании физического лица в Республике Беларусь в налоговом периоде в целях избежания двойного налогообложения;

- выдача выписки из данных учета налоговых органов об исчисленных и уплаченных суммах налогов, сборов (пошлин), пеней.

В течение 2020 г. Министерством по налогам и сборам Республики Беларусь переведены в электронную форму для осуществления через единый портал электронных услуг еще четыре административные процедуры, осуществляемые налоговыми органами в отношении граждан:

- выдача справки о наличии (отсутствии) исполнительных листов и (или) иных требований о взыскании с заявителя задолженности по налогам, другим неисполненным обязательствам перед Республикой Беларусь, ее административно-территориальными единицами, юридическими и физическими лицами для решения вопроса о выходе из гражданства Республики Беларусь;

- выдача справки об уплате (удержании) подоходного налога с физических лиц в целях избежания двойного налогообложения;

- выдача справки о доходах для решения вопроса о выдаче путевок (курсовок);

- выдача справки о доходах для решения вопроса о передаче ребенка (детей) на усыновление [2].

Указанные примеры не являются исчерпывающим перечнем форм электронного взаимодействия субъектов налоговых правоотношений, но позволяют сделать вывод о том, что в настоящий момент электронный документооборот, являющийся основой взаимодействия налоговых органов и налогоплательщика, все с большей степенью переводится в цифровой формат. В связи с этим 25 июня 2021 г. подписан Указ Президента Республики Беларусь № 240 «Об административных процедурах, осуществляемых в отношении субъектов хозяйствования».

Основная цель подготовки документа – совершенствование порядка осуществления административных процедур в отношении субъектов хозяйствования и оптимизация действующих административных процедур.

Указ предусматривает:

1. Трехуровневую систему регулирования административных процедур:

- на уровне Главы государства определены подходы и принципы осуществления административных процедур, заложены механизмы снижения административной нагрузки на субъекты хозяйствования, включая цифровую трансформацию процессов взаимодействия государственных органов и субъектов хозяйствования;

- на уровне Правительства утверждается единый перечень, административных процедур, осуществляемых в отношении субъектов хозяйствования, а также обеспечивается практическая реализация подходов, принципов и механизмов, определенных Главой государства;

– на уровне органов-регуляторов осуществляется разработка и утверждение регламентов – пошаговых алгоритмов административных процедур, а также перевод их осуществления в электронную форму.

2. Цифровую трансформацию процессов взаимодействия органов власти с субъектами хозяйствования, которая позволит в последующем снизить нагрузку на бизнес.

3. Создание реестра административных процедур в целях обеспечения доступности информации об административных процедурах для субъектов хозяйствования. Посредством данного реестра неограниченному кругу пользователей будет предоставлен круглосуточный, быстрый, удобный и бесплатный поиск достоверной информации об административных процедурах [2]. Здесь же представлены пошаговые алгоритмы для десяти деловых ситуаций:

- государственная регистрация медицинских изделий;
- размещение нестационарного объекта общественного питания;
- создание крестьянского (фермерского) хозяйства;
- перевод статуса жилого помещения в нежилое с целью ведения бизнеса;
- получение сертификата продукции собственного производства;
- размещение наружной рекламы;
- изменение помещений (перепланировка, реконструкция и прочее);
- взыскание задолженности в порядке приказного производства;
- приобретение изолированного помещения (офис, складское помещение);
- продажа доли в уставном фонде ООО.

4. Проведение дальнейшей работы по сокращению и упрощению общего регулирующего воздействия административных процедур на условия ведения экономической деятельности в Республике Беларусь.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что в настоящее время идет планомерная и последовательная деятельность государства по переводу административных процедур в цифровой формат. Цифровизация налогового администрирования, несомненно, способствует оптимизации и упрощению взаимодействия налоговых органов и налогоплательщиков, сокращая финансовые и временные издержки субъектов налоговых правоотношений. Реализация закрепленных положений Указом № 240 позволит снизить административную нагрузку на бизнес, а также упростит порядок осуществления административных процедур [3].

Полная цифровизация учета, контроля за уплатой налогов, внедрение интеллектуальной системы анализа рисков неисполнения налоговых обязательств позволяет завершить построение современной IT-инфраструктуры налоговых органов. Это должно быть безусловным приоритетом в вашей стратегии развития.

В Республике Беларусь успешно идет процесс внедрения технологий информационного общества в сферу функционирования властных структур. Однако технократический подход, ориентация на нужды государства, определяющие специфику «политики информатизации» в Беларуси, вступают в серьёзные противоречия с концепциями максимизации трансформационного эффекта проектов «электронного правительства» [4].

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии оказывают огромное влияние на развитие современного общества, происходит дигитализация всех сфер общества, в том числе и сферы государственного управления.

Следует понимать, что информатизация системы государственного управления – это требование времени, технологизация современных управленческих процессов, а электронное правительство – масштабный и долгосрочный проект. Дебюрократизация государственного аппарата требует повышения уровня информатизации в сфере работы с гражданами и организациями и это является её основным моментом. Поэтому курс на дебюрократизацию приведёт в дальнейшем к увеличению объёма государственных электронных услуг. При этом вся система органов государственного управления должна рассматриваться как единая сервисная организация, предназначенная для оказания услуг населению, а их деятельность должна быть открытой и информационно прозрачной для граждан. В совокупности все это призвано повысить как качество оказания услуг населению, так и эффективность функционирования системы государственного управления Республики Беларусь.

Развитие электронного взаимодействия с плательщиками, максимальная автоматизация процессов налогового администрирования будут способствовать расширению интеграционных процессов, установлению международных деловых контактов, упрощению торговых отношений между субъектами и странами.

Список использованных источников

1. Некрасов, В.Н. Инновация, информатизация, цифровизация: соотношение и особенности правовой регламентации // В.Н. Некрасов / Вопросы российского и международного права. – 2018 – Том 8 – № 11А. – С. 137–143.
2. Цифровизация административных процедур, осуществляемых налоговыми органами // Налоги Беларуси: электрон. научн. журн. 2021. №09 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://info-center.by/journals_archive/?type=nb. – Дата доступа: 25.10.2022.
3. Административные процедуры: от бумаг к «цифре» // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/elektronnyj-reestr-administrativnyh-procedur-dlya-biznesa-v-belarusi/>. – Дата доступа: 25.10.2022.
4. Шумилин, А.Г. На надёжном фундаменте инноваций [Электронный ресурс] / А.Г. Шумилин // Беларуская думка. – Режим доступа: <http://www.gknt.gov.by/notes/stati/nadezhnom-fundamente-innovatsiy-statya-a-shumilina-v-zhurnale-belaruskaya-dumka/>. – Дата доступа: 25.10.2022.

УДК 004.94:338

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ERP-СИСТЕМ В ВУЗЕ

И.Н. Аверина, П.А. Федосюк

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
inaverina@mail.ru

The article is devoted the virtualization tools as well as their use for studying ERP-systems at the BSTU Department of the Intelligent Information Technologies.

Для подготовки ИТ-специалистов важно организовать в вузе информационное сопровождение учебного процесса актуальным программным обеспечением. В статье рассматривается возможность применения инструментов виртуа-

лизации для организации изучения ERP-систем в вузе. Как известно виртуализация позволяет повысить эффективность использования ресурсов, распределить нагрузки на базовое оборудование при запуске приложений, обеспечить мобильность и защиту рабочих станций.

Учебный процесс по ИТ-дисциплинам чаще всего организован в вузе в виде лабораторных занятий в компьютерных классах с персональными компьютерами различных моделей. Компьютерные классы объединены локальной вычислительной сетью на основе клиент-серверной архитектуры, оснащенной локальным файловым хранилищем. Техническое разнообразие оборудования затрудняет типизацию сопровождения учебного процесса. Кроме того, студенты практикуют использование личной техники для выполнения лабораторных работ в учебных аудиториях или в удаленном формате.

ERP-система – это интегрированная корпоративная система автоматизированного учета, планирования и управления всеми ресурсами предприятия, представляющая собой модульное программное приложение, предназначенное для интеграции основных функциональных областей бизнес-процессов организации в единой информационной базе данных.

Особенностью изучения ERP-систем в вузе является использование в учебном процессе легальных сетевых демо-версий корпоративных информационных систем, предоставляемых фирмами-разработчиками тиражируемых в Республике Беларусь решений. В частности БрГТУ имеет давние партнерские отношения с фирмой «1С» (г. Москва), разработчиком «1С: ERP. Управление предприятием», и фирмой «ТопСофт» (г. Минск), разработчиком «Галактики ERP».

В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную бизнес-информацию и обеспечивающего одновременный доступ к ней любого необходимого числа сотрудников предприятия, наделенных соответствующими полномочиями. Декларируется, что это должно не только повысить эффективность производственной деятельности предприятия, но и сократить внутренние информационные потоки, уменьшив тем самым затраты на их обеспечение [1]. Для освоения принципов использования ERP-систем в вузе требуется организация персонализированных баз данных для каждого студента в отдельности.

В существующих технических условиях учебном заведении с учетом периодически сменяемого состава большого количества пользователей возникают проблемы оптимального и оперативного администрирования сетевого использования ERP-систем. В качестве одного из способов организации учебного процесса по изучению корпоративных информационных систем в вузе предлагается применение инструментов виртуализации.

За последние 20 лет виртуальные машины стали стандартом де-факто для корпоративной виртуализации, и они дают множество преимуществ.

Понятие виртуализации условно можно разделить на две фундаментально различающиеся категории:

– виртуализация платформ – продуктом этого вида виртуализации являются виртуальные машины – некие программные абстракции, запускаемые на платформе реальных аппаратно-программных систем.

– виртуализация ресурсов – данный вид виртуализации преследует своей целью комбинирование или упрощение представления аппаратных ресурсов для пользователя и получение неких пользовательских абстракций оборудования, пространств имен, сетей и т.п. [2].

Существует две технологии виртуализации рабочих станций: виртуальные машины (далее – VM) и контейнеры. Метод применения виртуальных машин основан на использовании гипервизоров. В свою очередь, контейнеры — это метод, основанный на создании изолированной среды для запуска множества отдельных приложений в рамках установленной на сервере операционной системы.

VM на основе гипервизоров используют их, как программный слой, установленный поверх аппаратного обеспечения системы. Известные гипервизоры, как VMware, vSphere, ESXi, Microsoft Hyper-V и Oracle Virtual Box, воспринимаются как самостоятельные операционные системы [3]. После установки уровня гипервизора администраторы могут создавать экземпляры виртуальных машин из доступных вычислительных ресурсов системы [4].

В системе может быть создано множество виртуальных машин. VM имеют ряд общих характеристик:

– изолированность друг от друга, то есть сбои и отказы в ОС или приложениях VM не повлияют на другие VM;

– совместимость со стандартными ОС, приложениями и другими программными компонентами;

– переносимость VM с одного компьютера на другой позволяет сбалансировать работу на нескольких системах для повышения производительности и поддержки задач обслуживания системы. VM также можно копировать в файлы или восстанавливать из них, что обеспечивает быструю защиту и восстановление VM.

– экономность, поскольку несколько VM могут быть инициализированы и развернуты на одном физическом компьютере, система может эффективно размещать несколько рабочих нагрузок без необходимости покупать новое оборудование;

– гибкость, так как для каждой VM требуется своя ОС, но каждая ОС может быть разной. Это позволяет предприятию использовать несколько ОС на одном сервере;

– безопасность гипервизоров и логическая изоляция, которую они обеспечивают для VM.

В то же время можно отметить и недостатки виртуальных машин:

– экземпляры VM могут быть большими при использовании нескольких процессоров и значительного объема памяти;

– создание и развертывание VM может занимать от нескольких секунд до нескольких минут;

– каждая VM нуждается в ОС и рабочей нагрузке, поэтому стоимость лицензирования ОС и приложений может стать значительной.

Виртуализированная контейнерная среда устроена по-другому. При использовании контейнеров сначала на систему устанавливается ОС хоста, например Linux, а затем поверх нее устанавливается слой контейнеров – это, как правило, менеджер контейнеров, например Docker. Менеджер контейнеров, по сути, обеспечивает функцию гипервизора для контейнеров [4].

Для визуального сравнения на рисунке 1 представлены модели виртуализации на основе технологии ВМ и контейнеров.

После установки слоя для контейнеров администратор может создавать экземпляры контейнеров из доступных вычислительных ресурсов системы и развертывать компоненты корпоративных приложений в контейнерах. Однако каждое контейнерное приложение использует одну и ту же базовую ОС – единую ОС хоста. Контейнеры используют одно общее ядро ОС и не используют собственные уникальные ОС, поэтому контейнеры являются гораздо меньшими логическими единицами. Небольшой размер экземпляров контейнеров позволяет создавать и уничтожать их гораздо быстрее, чем ВМ. Для хостинга и управления контейнерами используются специализированные гипервизорные платформы: Docker, rkt и Apache Mesos. В отличие от ВМ, контейнеры не изменяются. Вместо этого контейнеры запускаются и останавливаются, когда они необходимы.

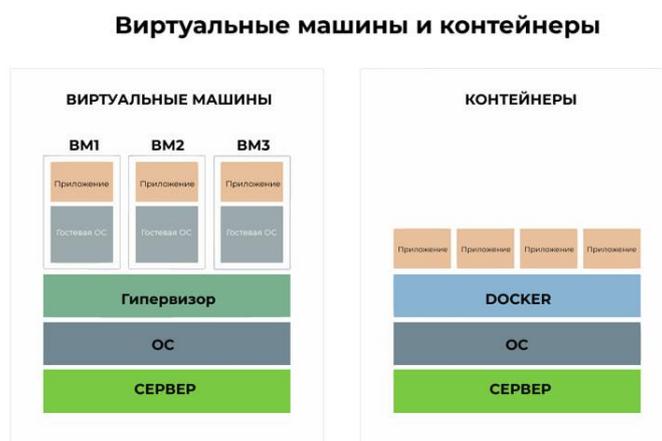


Рисунок 1 – Технологическая структура инструментов виртуализации [5]

В то же время можно отметить и ряд недостатков:

- контейнеров может быть много, и контейнеры используют общую ОС в дополнение к контейнерному слою, это сказывается на производительности;
- контейнеры, упакованные для одной платформы, такие как Docker, могут не работать с другими платформами, то есть имеется проблема совместимости;
- данные в контейнере исчезают, когда исчезает контейнер, так как контейнеры изначально спроектированы так, чтобы быть без статических данных;
- контейнеры, как правило, представляют собой небольшие и гибкие структуры, лучше всего подходящие для приложений и микросервисов.

Учебный процесс кафедры интеллектуальных информационных технологий БрГТУ организован на основе операционных систем Linux и Windows 10. Это обуславливает применение технологии виртуальных машин, для создания которых применено кроссплатформенное решение Oracle Virtual Machine. Для организации изучения ERP-системы «Галактика 9.1» и платформы «1С: Предприятие» с приложениями создана ВМ Windows 10 с применением базы данных PostgreSQL для платформы Hyper-V. Предусмотрено хранение собранной первоначальной копии ВМ на локальном сервере кафедры. Студенты же будут иметь копии данной ВМ на учебных компьютерах в аудиториях, а также возможность скачать ПО на свою студенческую ПЭВМ.

Архитектура ВМ в реализованном сценарии выглядит следующим образом:

1. В качестве операционной системы использован облегченный образ Windows 10.

2. В качестве СУБД будет выступать PostgreSQL, которая развёрнута на системном разделе в виде SQL-сервера и клиента администратора для редактирования БД на прямую.

3. «Галактика ERP» развёрнута в системном разделе наряду с сервером БД.

Результаты выполненной студентами работы сохраняются либо на личных накопителях данных, либо данные можно сохранить в личной папке на ВМ или на физической машине. При использовании данного сценария реализации решения каждый студент будет использовать личную базу данных, располагающуюся на ВМ наряду с используемой ERP-системой.

Благодаря использованию предложенной технологии существенно упрощается администрирование ERP-приложений для учебного процесса.

Список использованных источников

1. Функции ERP-систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.erp-online.ru/erp/functions/> – Дата доступа: 09.09.2022.

2. Соколова, М. Ю. Технологии виртуализации и виртуальные машины / М. Ю. Соколова, А. С. Сатаева, М. А. Чернова [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sisupr.mrsu.ru/2012-1/PDF/14_inf/Sataeva_Chernova.pdf – Дата доступа: 10.09.2022.

3. What is virtualization? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://opensource.com/resources/virtualization> – Дата доступа: 09.09.2022.

4. Подробно о виртуализации: типы, преимущества и решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://onbiz.biz/ru/about-virtualization/> – Дата доступа: 09.09.2022.

5. Контейнеры и виртуальные машины: В чем ключевые различия? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itc.by/kontejnery-i-virtualnye-mashiny-v-chem-klyuchevye-razlichiya/> - Дата доступа: 11.09.2022.

UDC 004.62:378.4

RESEARCH ON DIGITAL CAMPUS INFORMATION SERVICE SYSTEM BASED ON CRM CONCEPT

Hongxu Zhu, V.S. Razumeichik

Brest state technical university, Brest, Belarus, zhuhongxu08@gmail.com

In the era of "customer-centred" economy, this paper introduces customer relationship management, which is widely used by enterprises, into higher vocational institutions, updates the concept of higher vocational education, restructures business, allocates teaching resources reasonably, makes "customer satisfaction" and "customer loyalty," and effectively improves the core competitiveness of higher vocational institutions.

There are many problems, such as the mismatch between majors and courses and the needs of society, the unreasonable allocation of teaching resources, the lack of management of student services, the existence of "I want to learn", a single learning model, asymmetrical information about the supply and demand of talents, the lack of

services for employers, the need to further improve the motivation and creativity of teaching staff, etc. In the era of "customer-centred" economy, this paper introduces customer relationship management, which is widely used by enterprises, into schools, updates the concept of contemporary education, reorganises business, allocates teaching resources rationally, makes "customer satisfaction" and "customer loyalty". This effectively enhances the core competencies of the school, adds value to the school brand, optimises management effectiveness, motivates students, teachers and staff, and brings the campus into line with the business and marketplace. Customer Relationship Management (CRM) originated in the early 1980s as "contact management", which was dedicated to collecting and collating all information about customer contact with the company. In the early 1990s it evolved into CustomerCare, which included a call centre and support for data analysis.

Customers and their relationships in the school CRM. Social enterprises, candidates or parents, students and teachers are all customers of the school and are one of the most important resources for the development of higher education institutions. The relationship between the college and the employer is that the college recommends its product - the student - to the employer, and the social enterprise recruits the college's graduates, which means that it uses the college's product, and at the same time, the college adjusts its majors and courses according to the requirements of the employer or the employer's evaluation of the "product".

The school adjusts its programmes and courses according to the requirements of the employer or the evaluation of the "product" by the employer. The relationship between the School and the candidates and parents is that the School advertises its brand and products to the candidates and parents, who apply for admission; the relationship between the School and the students is that the students take the School's majors and courses, and the School manages the students' registrations and comprehensive evaluations. The relationship between the school and its internal staff is that the school employs staff as teachers and is an important human resource for the development of the school, and the college has to manage and motivate the staff; the staff work in the school and teach on the platform provided by the college. Therefore, the CRM management system of the campus should have a wealth of customer information resources and be able to manage the various relationships that occur between the school and its customers.

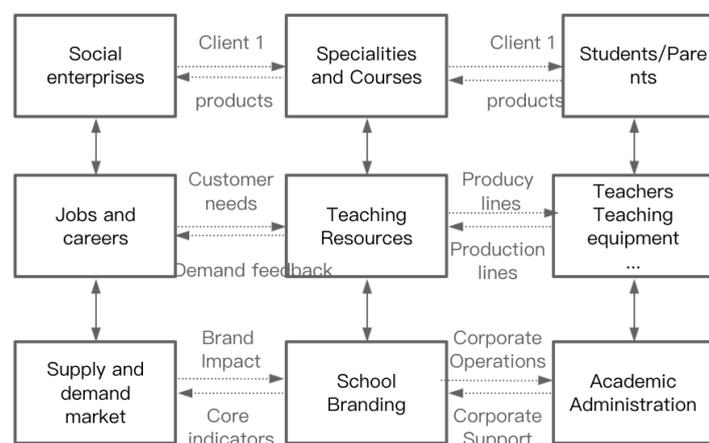


Figure 1 – CRM management system

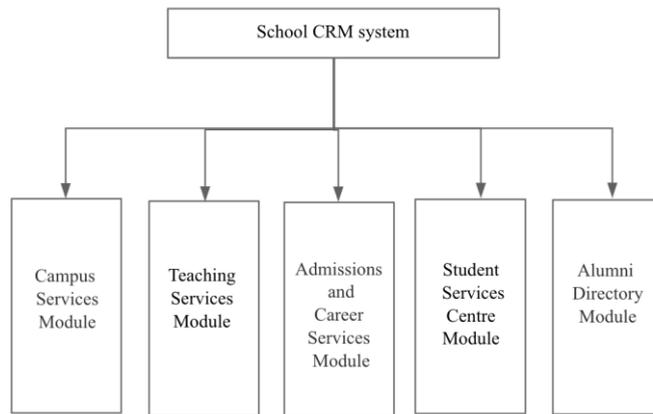


Figure 2 – Functional modules of CRM in higher education institutions

According to the analysis of CRM function in higher vocational institutions, CRM mainly consists of campus service module, teaching service module, recruitment and employment service module, student service centre module and alumni record module. The CRM system in higher vocational institutions should be able to achieve comprehensive management of teaching, campus services, enrollment and employment, etc. It can import, add or modify customer data, classify customers, analyze customer demand data and study market trends by using data mining and other tools, and realize automation of various business processes and online services.

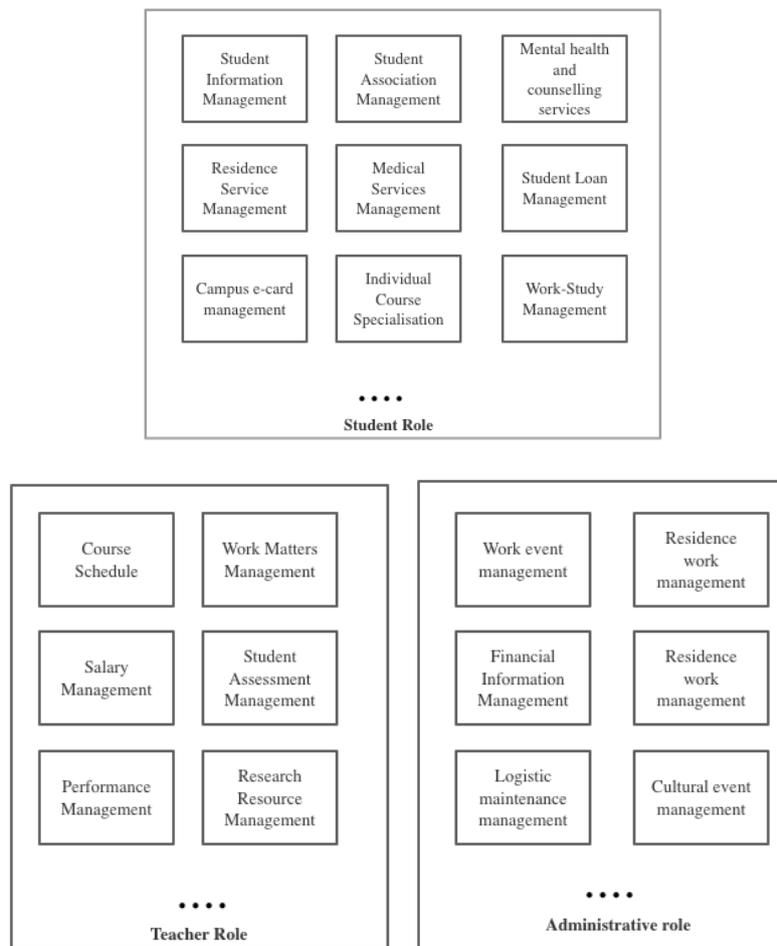


Figure 3 – Architecture of the Campus Services Module

Campus Services Module. The Campus Services module provides self-service and one-stop services for customers, including dormitory management and services, IC card management services, club management and services, medical management and services, mental health and counselling services, network management and services, loan and work-study management and services, and one-stop office services. Students, candidates, parents, staff, employers and visitors can each access the information and services they need in the campus services system, while keeping critical and important information securely protected.

Enrolment and employment module. This module is composed of two modules: admissions and employment. Candidates become students when they apply for admission, and students become graduates when they have completed a course of study and passed the relevant grades.

This process is the life cycle of the student. One of the functions of the Admissions and Careers module is to manage the life cycle of students, so that parents are assured that their children are coming to study and live at the school, candidates are confident that they are coming to study at the school, students are at ease with their studies, and graduates are employed or start their own businesses. Graduates are the products of the school, and when employers recruit graduates, they buy the products of the school, and their attitude, performance, ability and value are the value of the products cultivated by the school. If the employers are satisfied, they will form "customer loyalty" and will often come to the school to recruit graduates, and some of them will also promote and introduce other employers to the school to recruit graduates.

The same applies to "satisfied customers". The graduates will then pass on the school's teaching standards to their friends and family, and as word spreads, more candidates will apply to the school, and the quality of the candidates will be higher, and the school will produce better quality graduates. At the same time, the graduates will become alumni, and the alumni will know our school better, so they will recommend work units or their own companies to go back to their alma mater to recruit graduates; they will also choose to go back to their alma mater for further study and education according to their needs. This is a virtuous circle.

Customer service centre module. The module is mainly is a platform for communication between the school and candidates, parents, students, employers, staff and visitors, and can be used for communication, contact, enquiry, complaint, application and other matters through various tools such as Web, E-Mail, telephone, fax, SMS, forum, BBS, message board, video, letter and face-to-face. It also provides a key channel for the school to collect customer information and understand customer needs.

The Customer Service Centre module is the school's focal point for reflecting customer needs to the relevant departments for processing and response. The Customer Service Centre is a humanised service for the school, providing regular or occasional customer care, making customers feel welcome and satisfied with the school's services, and maintaining customer loyalty.

Conclusion. The management of education in schools is a complex and timeless subject, as schools are educational institutions where students learn and receive their education, which affects their lives and their contribution to society. In schools, the

philosophy of education should be changed so that all school work is 'customer focused' and 'customer satisfaction' is the aim; in higher education institutions, all school-customer relationships should be managed systematically so that the customer is one of the most important resources of the school.

The system is designed to manage and serve the whole process from candidates to graduates to alumni, and to manage the life cycle of students; to improve the efficiency of management, reduce management costs, improve the automation of management and services, and reduce the workload of staff; to classify, summarise and analyse data from the system, and to find rules and regulations to provide a basis for scientific and rational decision-making in schools. As schools pay more attention to their customers, the market demands are stronger, information technology is more mature, and schools are well equipped to implement it, CRM in higher education institutions is bound to flourish.

References

1. Zhang Houqi. CRM management ideas and their applications Manager World, 2002, Manufacturing.com [Electronic resource] - Access mode: <http://www.xinxihua.cn /CRM/2002-06/13138.html>.
2. Mei Qinghao, Zhai Transmei. Establishing S_CRM in schools. Journal of East China University of Science and Technology, 2002(3). – P. 47–49.
3. Ross Jay. Customer management. Shanghai: Shanghai Far Eastern Publishing House, 2002. – P. 2–59.
4. Li Xiaosheng. How to do customer relationship management. Beijing: Peking University Press, 2003. – P. 54–62.

УДК 004.77

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО КОНТЕНТА

И.В. Черноокий

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь,
ilyachernookiy@gmail.com

This article discusses modern ways of distributing information content, modern elements of the media sphere, the main trends in the development of the media, the most popular domestic and foreign media resources and the main specifics of their work.

Эпоха активного развития компьютерных технологий и проникновения интернета во все сферы общественной жизни увеличило потребность человека в информационном контенте. Информационный контент – информация в любом виде, которая дает исчерпывающий ответ на вопрос пользователя или рассказывает о чем-то.

Современные средства массовой информации (СМИ) появились в социальных сетях практически одновременно с началом роста популярности таких социальных сетей, как Вконтакте, Twitter, Одноклассники. Такие изменения по-

ставила средства массовой информации в ситуацию, когда гибкость, способность к быстрой переориентации, поиску и внедрению новых способов коммуникации с аудиторией, комфортных в первую очередь для самой аудитории, стали определяющими для выживания СМИ. Это в свою очередь перевело коммуникацию значительной части населения планеты в интернет-пространство, что позволило СМИ использовать сети как дополнительный способ контакта с аудиторией посредством предоставления информационного контента. [1]

Условно весь информационный контент можно поделить на две большие группы: *динамический* – он меняется в зависимости от нововведений, вопросов пользователя, последних событий в мире. Например, статья о ФЗ «Об ОСАГО» будет динамической, если к ней будут постоянно добавляться заметки о новых изменениях в законе и их правильной трактовке; *статический* – такой контент публикуется один раз и не меняется в зависимости от внешних факторов. Статический контент обычно тот, который дает ответы на распространенные вопросы – например, как выбрать фундамент, построить дом из SIP-панелей, отрегулировать фары на автомобиле ВАЗ 2114. Вне зависимости от внешних факторов, информация останется прежней. Также информационный контент делится на: *текст* – любые статьи, кейсы из практики, короткие заметки в социальных сетях, публикации в личном блоге и другие текстовые материалы; *видео* – видеоформат более гибкий: есть информационные видео длиной от 10 секунд до нескольких часов; *изображения* – чаще всего это инфографика о статистике либо какой-то полезный факт, оформленный в виде картинки.

Изменение моделей поведения человека в социальных сетях (социальных медиа) привело к новым практикам потребления контента. Увеличение информационного потока существенно скорректировало пропорции вербальной и невербальной составляющей информационных фреймов (постов, сообщений, заметок и т.д.). Постепенно информация в глобальной сети стала двигаться в сторону визуализации. Сдвиг в пропорции визуальной составляющей в контенте современных СМИ повлиял не только на объемы текстовой информации, но и на ее содержание. В частности, все большим изменениям подвергаются стилистические параметры. Среди наиболее выраженных изменений необходимо отметить упрощение конструкций предложений (отказ от сложносочиненных и сложноподчиненных предложений), игнорирование орфографических и грамматических норм (вырабатываются и принимаются искаженные словоформы как норма, происходит уход от использования знаков препинания), исключительная свобода в использовании варваризмов (заимствованные слова быстро принимаются и внедряются в коммуникацию) и т. д. [2]

Уменьшение формализации контента также связано с разнообразием всевозможных каналов распространения и сложностью в типизации представления информационного контента. К основным каналам распространения информационного контента можно отнести:

1. *Сайт*. Чаще всего информационные материалы выкладывают на личном или корпоративном сайте, есть также целое направление «информационные сайты» или «инфосайты». В подавляющем большинстве случаев – в блоге, в виде полезных статей о самостоятельном продвижении в Instagram, выборе

площадки для продажи товаров, взаимодействии с клиентами и о многих других темах. Информационный контент на сайтах существует в виде FAQ, описаний товаров, обзоров, подкастов, кейсов и продвигается за счёт правильной SEO-оптимизации, контекстной или таргетированной рекламы.

2. *Социальные сети (SMM)*. Пользователь в социальных сетях концентрируется на одном объекте в среднем 8 секунд, поэтому здесь преобладает короткий формат. Информационные материалы подаются в виде небольших постов с интересными фактами, отдельными страницами с большими статьями или руководствами, инфографикой или видео. Сейчас очень активно используется редактор статей ВКонтакте.

3. *YouTube и другие видеохостинги*. Видео – основной вид информационного контента на них. Например, компании рассказывают о работе изнутри, блогеры говорят о своем мнении относительно нашедшего события, пользователи публикуют обзоры популярных товаров. Также востребованы подборки, например – ТОП-10 странных существ, снятых на камеру: такие материалы тоже относятся к информационным. Начать здесь нужно с создания своего канала на Ютубе.

4. *Другие площадки*. Можно размещать информационный контент в СМИ, в посещаемых блогах, новостных сайтах и других площадках. Такие гостевые посты приведут посетителей на сайт, повысят узнаваемость бренда, помогут заявить о себе и расширить охват ЦА. [3]

Общеизвестно, что современные СМИ подвержены персонализации коммуникации, что приводит не просто к трансляции СМИ контента, а к взаимодействию с аудиторией, созданию своего рода межличностного общения. Данное обстоятельство ярко проявляется в использовании мессенджеров. Пик популярности этих систем пришелся на начало развития мобильных технологий и массового распространения мобильного интернета. Мессенджеры существенно повлияли на позиции социальных сетей, сконцентрировав в себе фактически все повседневное общение пользователей.

Наиболее распространенными мессенджерами являются Telegram, WhatsApp, Facebook, Viber, Skype, Snapchat, QQ, WeChat. Причем пропорции распространенности зависят от региона. Так, среди пользователей Азии наиболее популярными являются QQ и WeChat; в Северной Америке и Западной Европе – WhatsApp, Facebook и Snapchat; в России и Беларуси – Telegram, Viber. Специфика использования мессенджеров современными СМИ зависит от особенностей того или иного приложения. Принципы их работы схожи: мгновенный обмен текстовыми сообщениями, изображениями, файлами, ссылками, стикерами. Мессенджер, как правило, интегрирован в какую-либо систему: социальную сеть (Facebook, VK), либо телефонную книгу устройства (Viber, Telegram, WhatsApp, Snapchat). [4]

Современные интернет-пользователи, а это значительная часть населения развитых и развивающихся стран, освоив всемирную сеть не просто как площадку для получения информации, но и как коммуникационную платформу, достаточно быстро (в течение 15 лет) и легко подвергли коммуникацию серьезным трансформациям. Изменились не только формы общения (разделение на живое и онлайн общение), но и язык, принципы, поведенческие модели и нормы. [5]

Многие обычные пользователи сами являются «генераторами» информационного контента: они выкладывают фотографии, видеоролики, обсуждают происходящие события в пабликах и чатах, публично комментируют различные высказывания и ролики, но данный контент не всегда становится популярным и востребованным обществом. Чтобы создать действительно полезный и качественный информационный контент, нужно:

1. Определить целевую аудиторию и узнать, о чем им будет интересно читать. Для этого можно использовать формы опроса клиентов компании, статистику запросов в Яндекс.Вордстат, обсуждения в соцсетях или последние тренды сферы.

2. Собрать материал. В зависимости от формата, соберите факты, ссылки на исследования, проведите тестирование товара или подготовьте подробное описание своего мнения.

3. Создать текст, изображение или видео. Пишите лаконично, по делу, не отвлекаясь на несущественные отклонения от темы. Это сделает материалы насыщенными, короткими, интересными.

К созданию информационного контента можно привлечь другие компании или авторов, чтобы они писали гостевые статьи, либо публиковались на сайте под своим именем. Также можно писать свои гостевые посты на популярные площадки. [6]

В современной медиасфере происходят глубокие и фундаментальные перемены. В первую очередь меняется общество, выставляются новые стандарты и требования ко многим составляющим жизнедеятельности человека. Интернет проникает во все сферы жизни, существенно изменяя их. Понимание смены парадигм, принятие такого положения вещей и готовность работы в нетипичных условиях – реальная возможность для СМИ сохранить свое доминирующее место и статус.

Список использованных источников:

1. Азбука терминов. Информационный контент. [Электронный ресурс]. – <https://semantica.in/blog/chto-takoe-informacionnyj-kontent.html>. – Дата доступа: 29.10.2022. [1, с.1]

2. Виды контента и основные требования. [Электронный ресурс]. – <https://gusarov-group.by/vidy-kontenta-osnovnye-trebovaniya/>. – Дата доступа: 29.10.2022. [2, с.1]

3. Информационный контент: виды, создание, каналы распространения. [Электронный ресурс]. – <https://postium.ru/informacionnyj-kontent/>. – Дата доступа: 29.10.2022. [3, с.2]

4. Информационный контент в социальных сетях. [Электронный ресурс]. – <https://smmplanner.com/blog/vidy-kontenta-sistemiziruj-eto/> Дата доступа: 29.10.2022. [4, с.2]

5. Контент и его применение. [Электронный ресурс]. – <https://sendpulse.com/ru/blog/7-types-of-content-for-involvement>. – Дата доступа: 29.10.2022. [5, с.3]

6. Новые формы представления контента в интернет-СМИ. [Электронный ресурс]. – <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/16659/1/Hradiushka.pdf>. – Дата доступа: 29.10.2022. [5, с. 3]

Секция 3

Интеллектуальные встроенные системы и робототехника, средства компьютерного зрения, биометрические технологии. Системное и прикладное программное обеспечение, технологии и средства человеко-машинного взаимодействия

«HomeMODE» – МОДУЛЬНАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»

И.В. Шанюкевич, Е.Д. Курганов

Белорусский национальный технический университет, Минск,
Беларусь, shaniukevich@gmail.com, kurganovegor2000@gmail.com

With the appearance of smartphones, people increasingly began to use wireless data transmission methods. This trend has not bypassed the Smart Home systems market, some representatives of which have already felt that the usual methods of automation through the use of wired systems are not relevant for people living in already built apartment buildings, as well as entrepreneurs who want to have all the advantages of smart technologies in rented premises. In this regard in the article is discussed the features of the use of the Smart Home and offered the modular wireless complex of the Smart Home system, the special features of which are the modular design, compact form factor, convenient of transportation and quick installation.

С появлением смартфонов, люди все чаще стали пользоваться беспроводными способами передачи данных, такими как Wi-Fi, Bluetooth и др. Такая тенденция не обошла стороной и рынок систем «Умный дом», некоторые представители которого уже ощутили, что привычные способы автоматизации за счет применения проводных систем не актуальны для людей, живущих в уже построенных многоквартирных жилых домах, а также предпринимателей, желающих иметь все преимущества «умных» технологий, но не имеющих достаточных ресурсов или необходимости в арендованных помещениях внедрять проводную систему.

Беспроводная система «Умный дом» – это система, в которой все управляющие устройства связываются между собой по беспроводному протоколу передачи данных. К её преимуществам относятся:

- простота в установке за счет применения беспроводных исполнительных приборов, когда элементы системы легко и быстро устанавливаются в объект недвижимости и настраиваются через единое приложение;
- стоимость таких решений ниже, чем у проводных аналогов;
- быстрое развертывание сети за счет отсутствия проводной, когда происходит соединение всех устройств между собой в единую сеть, что позволяет сократить время на установку системы;
- легкость настройки системы, т.к. в отличие от проводных систем, конфигурация которых происходит в специальных программных комплексах (например, HDL Buspro), беспроводные системы настраиваются через единое приложение, которое устанавливается на различные портативные устройства на IOS, Android, Mac;
- мобильность системы, т.к. применение беспроводных технологий передачи данных позволяет устанавливать систему в различных типах недвижимости, а также, в случае необходимости, перемещать на другие объекты.

Однако, следует отметить и недостатки беспроводных систем, а именно:

- меньшее количество автоматизированных категорий нежели у проводных аналогов;
- ограниченный срок службы источников питания пульта управления (батареи или пьезо–элементы);
- влияние внешней среды на качество передачи данных между устройствами системы.

Авторами весной 2022 г. был проведен опрос, в котором приняло участие 118 респондентов разных возрастов. Целью проведения опроса было определить готовность пользователей к внедрению системы «Умный дом» в их повседневную жизнь. По результатам было выявлено, что:

1. Около половины респондентов (49,2%) обладают базовой информацией о системе «Умный дом», но не пользуются ею, а 28,8% пользуются системой или ее отдельными элементами. При этом большинство (80,5%) положительно относятся к ее внедрению и считают такую интеграцию в повседневную жизнь «вопросом времени», хотя 11,9% считают, что в применении такой системы нет необходимости, а остальные (6,8%) были затруднены дать ответ;

2. Высокая стоимость оборудования является самым популярным ответом среди основных причин, отталкивающих респондентов от приобретения системы «Умный дом» (65,3%). Также популярными ответами было отсутствие массового применения (42,4%) и недостаточная информированность (38,1%);

3. Значительная часть респондентов (43,5%) готовы вложить не более 10% от стоимости своего объекта недвижимости в его интеллектуализацию, а 29,7% – не более 20%;

4. Большинство опрошенных (64,4%) ответили, что именно беспроводные системы получат более широкое распространение в будущем по сравнению с проводными.

В связи с актуальностью внедрения технологии «Умный дом», авторы предлагают применение модульной беспроводной системы «HomeMODE», которая представляет собой модульный комплекс для автоматизации освещения, отопления и системы безопасности в жилые и коммерческие объекты недвижимости. Под модульным комплексом понимается набор устройств, объединенных для решения определенных задач. Рассматриваемая система построена на оборудовании компании Xiaomi, поддерживающая протокол передачи данных Zigbee. Zigbee – это сетевой протокол, основанный на спецификации IEEE.802.15.4, т.е. стандарте для низкоскоростных беспроводных персональных сетей (WPAN). Главное преимущество Zigbee перед другим сетевым протоколом, таким как WiFi, заключается в том, что он маломощный. Несмотря на то, что устройства Zigbee могут не иметь большого диапазона или пробрасывать большие объемы данных, они экономят электроэнергию, деньги и обслуживание [1].

«HomeMODE» предполагается устанавливать в случае невозможности применения проводных систем, в частности, в существующие объекты недвижимости. Стоит отметить, что система ориентирована на группы населения, не имеющих достаточных денежных средств или не желающих устанавливать проводные системы, но заинтересованных во внедрении «умных» технологии в

свою повседневную жизнь. «HomeMODE» включает в себя несколько комплексов в зависимости от назначения объектов недвижимости:

1. «HomeMODE.Flat», которая ориентирована, в первую очередь, на молодые и семейные пары в возрасте 26–45 лет, живущие в одно- и двухкомнатных квартирах. При этом в рамках развития комплекса «Flat» были разработаны концепции применения для двух социально важных групп населения в Республике Беларусь: многодетных семей и людей пожилого возраста. Соответственно, система делится на два готовых комплекса [2]:

- «Family» – система готовых сценариев, призванная облегчить многодетным семьям контроль за детьми путем анализа их местонахождения и повысить уровень защиты в случае проникновения третьих лиц в жилые помещения, а также перевести жизнь таких семей на более качественный уровень за счёт тесной интеграции «умных» устройств в повседневную жизнь;

- «Parents» – система готовых сценариев, которая за счёт взаимодействия «умных» устройств повышает безопасность людей пожилого возраста, а также уровень их комфортности.

2. «HomeMODE.Office», которая ориентирована на объекты коммерческой недвижимости таких как, административно–торговые помещения, офисные помещения и т.п. площадью до 100 м².

3. «HomeMODE.Village» – это концепция «умного» загородного дома, основными преимуществами которого являются: стоимость ниже конкурентов (при этом включена установка фундамента и сборка на месте строительства); большая, чем у конкурентов, площадь модулей с возможностью комбинирования; внедрение системы «Умный дом», что уже заложено в стоимость [3].



Рисунок 1 – Внешний и внутренний вид прототипа системы HomeMODE

Примечание: собственная разработка авторов

Отличительными особенностями решений «Flat» и «Office» являются:

- стоимость системы ниже проводных аналогов;
- компактный оригинальный форм–фактор в виде чемодана, что способствует удобной транспортировке системы до места установки;

- простота и быстрота установки за счет применения беспроводного типа системы (установка и настройка системы для однокомнатной квартиры составит около 20 минут);

- доступность кастомизации содержимого, когда количество устройств и модулей, таких как «Освещение», «Отопление», «Безопасность» для каждого клиента рассчитывается индивидуально.

В рамках данной статьи представлен модульный комплекс «Освещение», готовый прототип которого представлен на рисунке. Он повысит уровень комфортности пользователям при взаимодействии с источниками освещения на объектах недвижимости, сократит уровень энергопотребления, а также, имея определенные встроенные сценарии, позволит автоматизировать освещение объектов недвижимости.

Например, «Flat» имеет такие сценарии как:

- удаленное управление источниками света, такими как: светильники, лампы, торшеры и т.п. Кроме включения и выключения света, имеется возможность настроить теплоту свечения источника света, а также яркость;

- в темное время суток, система «проведет» пользователя до нужного помещения, например, ванной комнаты или в темную прихожую. Также такой сценарий заметно снизит шанс разбудить остальных членов семьи за счет бесшумного включения и выключения света;

- заходя с тяжелыми сумками в квартиру, система автоматически включит свет как в самом коридоре, так и «сопроводит» при необходимости до кухни;

- тематические режимы для придания особой атмосферы, например, «Мерцание свечи», «Романтика» и другие.

«Office» имеет такие сценарии как:

- включение и выключение определенных групп источников освещения или всех полностью;

- сценарий «Имитация», когда источники света попеременно имитируют активность в помещениях в темное время суток;

- СМС–уведомление об активности в ночное время суток, либо когда работника не будет внутри помещения.

При этом основными элементами систем «Flat» и «Office» в модульном комплексе «Освещение» являются:

1. Wi-Fi AIoT роутер, который служит для стабильного покрытия интернет-соединения, так как беспроводная система чувствительна к передаче сигнала;

2. блок управления (хаб) – предназначен для связи устройств в единую систему;

3. датчики движения – фиксируют движение в помещениях и передает данные в хаб;

4. умные лампочки – являются исполнительными приборами.

Таким образом, представлена концепция модульной беспроводной системы «Умный дом» – «HomeMODE». Стоит отметить, что в рамках проведенного исследования, применение доступного аналога в лице устройств компании Xiaomi для создания системы «Умный дом» является конкурентоспособным решением для рынка беспроводных систем в Республике Беларусь, однако на сегодняшний день нет организации, которая бы использовала потенциал устройств для построения единой системы и последующей коммерциализации. В связи с этим, результаты проведенного исследования и авторские подходы к применению систем «Умный дом» могут быть использованы организациями, специализирующимися на услугах в отношении установки таких системы. При этом рост интереса к подобным системам «Умный дом» произойдет после качественной маркетинговой компании, ориентированную на заинтересованную и платежеспособную группу населения.

Список использованных источников

1. Zigbee Technology Advantages and Disadvantages [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aplustopper.com/zigbee-technology-advantages-and-disadvantages/> – Дата доступа 21.09.2022.
2. Курганов Е.Д. «Модульная система «Умный дом» для многодетных семей и пожилых людей» / Е.Д. Курганов, Е.С. Реут, И.О. Марков, И.В. Шанюкевич // Новые горизонты-2021: сборник материалов VIII белорусско-китайского молодежного инновационного форума, 11 - 12 ноября 2021 года / Белорусский национальный технический университет. - Минск: БНТУ, 2021 – С.175 – 177.
3. Курганов Е.Д. «Проект модульного дома с применением системы «Умный дом»» / Е.Д. Курганов, В.С. Олесик, И.В. Шанюкевич // Беларусь - Китай: Мост для Инноваций: сборник материалов Научно - практической конференции «Минск - Шанхай - Чанчунь: стратегия прорывного сотрудничества», 21 – 22 апреля 2022 года / Белорусский национальный технический университет. - Минск: БНТУ, 2022 - С.167 – 170.

UDC 004.62+004.93

DEVELOPMENT OF A BIOMETRIC VERIFICATION SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF AIRPORT PASSENGERS

Y.H.N. AL-Ajeely

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus,
yasserhuda310@gmail.com

The purpose of the work is to develop a verification system that allows to identify traveler using their real fingerprint. To model the system use case diagram, activity diagram, logical database model and wiring diagram were used. R305 Optical Fingerprint Scanner Sensor Module, Arduino IDE, Esp32-camera, Ethernet shield HR911105A, Esp32-wifi, VisualBasic.NET, XAMPP, .NET framework MySQL were employed. The developed system allows to check the validity of a passport, and also offers other opportunities - data storage, searching and disseminating reliable information about travelers.

Introduction

The world is rapidly moving towards automation, and people have less time to deal with any work with a huge amount of data and information, so automation is a simple way to deal with any device or machine that will work according to our desire.

Clearly, that designing a passport that protects against current and future attacks represents today a significant challenge for national printers and public authorities. The true identity of a person can accurately be verified using biometric system. Biometrics is an automated method of recognizing a person based on a biological or behavioral characteristic. In [1] fingerprint verification methods and technologies are described. The focus of this work is on the use of fingerprints for personal authentication. In [2] a brief review of the literature related to biometric authentication and an example of developing simple verification system are reviewed.

The goal of the research is to develop a verification system that allows to identify traveler using their real fingerprint.

It must be implemented three main stages: enrollment, storage, and comparison. During the enrollment stage fingerprint of the real user is read using the fingerprint

sensor. Then sensor generates a fingerprint's template and puts it in to device memory along with the corresponding ID. During the storage stage the additional information about the user (such as Name, Surname, etc.) is entered and stored in a centralized database. During the comparison stage the sensor compares the fingerprint of a real traveler with templates from the sensor database. If a match is found, the system provides information about the traveler. Otherwise, the system will issue an appropriate message.

1. System modeling

For the verification system, two actors must be defined to ensure its operation: administrator and user. Authorization of each user carried out by entering a login and password.

The following functionality must be implemented for the system administrator:

- login to Database Server Account;
- access to custom application;
- performing connection between database and hardware of the system through the custom application;
- getting fingerprint ID for traveler to check status by viewing passport details;
- adding, editing, modifying, deleting traveler passport data;
- adding a new system user with User Permissions.

The following functionality must be implemented for the system user:

- login to Database Server Account with custom permission;
- access to custom application;
- performing connection between database and system hardware through the custom application;
- checking traveler status by getting fingerprint ID and viewing passport details;
- adding new traveler information.

Database model, represented on the figure 1, shows the logical structure of the verification system database, including the relationships and types that determine how data can be stored and accessed.

As a *hardware* of the verification system R305 Optical Fingerprint Scanner Sensor Module [3], Arduino IDE, Esp32-camera, Ethernet shield HR911105A, Esp32-wifi module [4] were selected. Figure 2 shows the block scheme of hardware equipment.

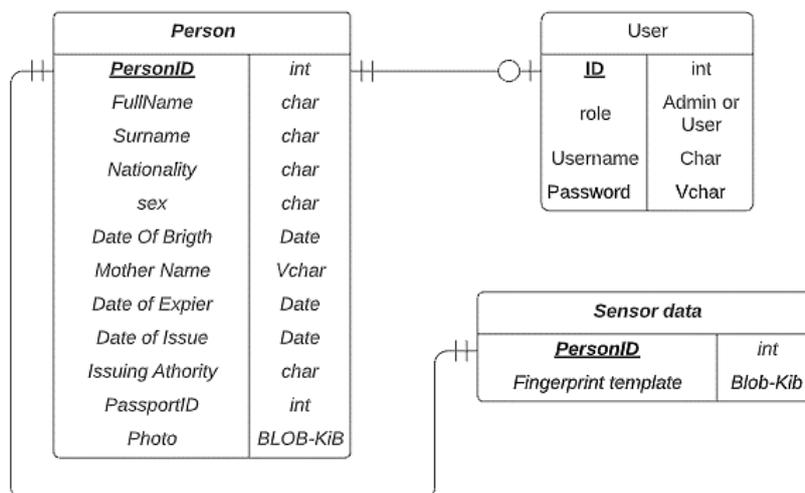


Figure 1 – Logical Database Model

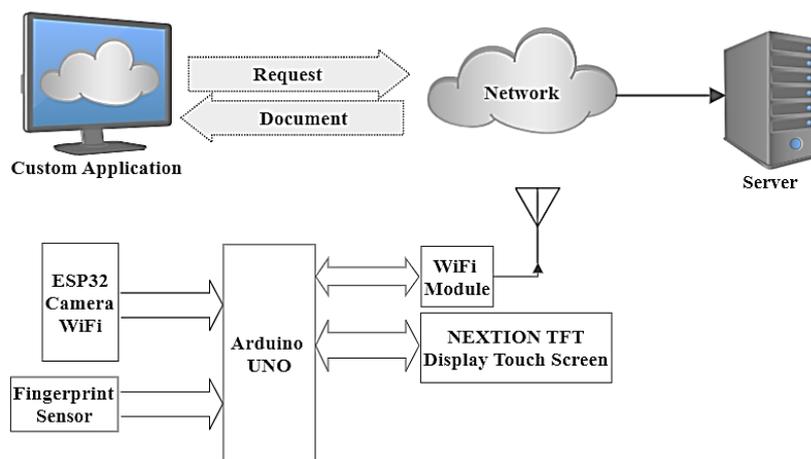


Figure 2 - Block scheme of hardware equipment

Figure 3 shows the *user interface sketch* of the custom application.

2. Implementation

For programming implementation VisualBasic.NET, XAMPP, .NET framework MySQL are used.

The following main *functionalities* have been implemented in the custom application:

- connection with Database and Hardware of the system;
- traveler identification;
- adding and modifying Database.

To initialize these functions, the corresponding buttons located in the left area of the application window are used.

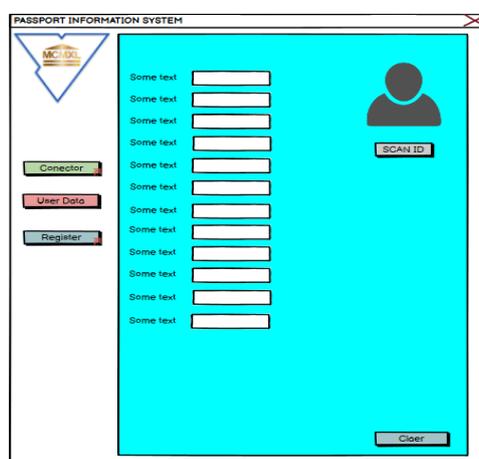


Figure 3 – UI design

Conclusion

This paper presented the development of the verification system that allows to identify traveler using their real fingerprint. To model the system use case diagram, activity diagram, logical database model and wiring diagram were used. R305 Optical Fingerprint Scanner Sensor Module, Arduino IDE, Esp32-camera, Ethernet shield HR911105A, Esp32-wifi, VisualBasic.NET, XAMPP, .NET framework MySQL were employed.

The developed system allows to check the validity of a passport, and also offers other opportunities - data storage, searching and disseminating reliable information about travelers.

References

1. O’Gorman, L. An overview of fingerprint verification technologies / L. O’Gorman // Inf. Secur. Tech. Rep. – 1999. – Vol. 4, No. 1. – P. 28–29.
2. Kalunga, J. Development of Fingerprint Biometrics Verification and Vetting Management System / J. Kalunga, S. Tembo // American Journal of Bioinformatics Research. – 2016. – Vol. 6(3). – P. 99-112.
3. Agnihotri, N. How to enroll and match fingerprint templates with Adafruit and R30X fingerprint scanner [Electronic resource] / N. Agnihotri. – Mode of access: <https://www.engineersgarage.com/arduino-adafruit-r30x-r307-fingerprint-scanner>. – Date of access: 20.02.2022.
4. Geddes, M. Arduino Project Handbook, Volume II / M. Geddes. – San Francisco: No Starch Press. – 2017. – 272 p.

УДК 655.1

О ПРИМЕНИМОСТИ АЙТРЕКЕРОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СЕГМЕНТА В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧАХ

Л.И. Давыдюк, Д.А. Костюк, А.А. Маркина

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
d.k@list.ru

An analysis of the use of oculography-based effectiveness assessment of the human-machine interaction with modern oculographic devices (eye-trackers) of the consumer segment is presented. An overview of using such eye trackers to map the hit points of the user's gaze in usability research tasks is given, considering the issues of their performance and limitations.

При взаимодействии с современным аппаратным и программным обеспечением зрение часто играет роль основного, а в ряде случаев и единственного канала восприятия информации. Изображение, формируемое на сетчатке светом, проходящим через зрачок, хрусталик и стекловидное тело, обрабатывается и распознается мозгом с помощью 24 базовых стереотипов – геометрических пиктограмм или геонов, из которых строятся все остальные объекты [1]. При этом четкое и детализированное зрение, обеспечиваемое центральной частью сетчатки, известной как макула или желтое пятно, охватывает крайне небольшую площадь, но на него отводится половина процессов обработки информации зрительной коры головного мозга. При этом четкое и детализированное зрение, обеспечиваемое центральной частью сетчатки, охватывает крайне небольшую площадь, но на него приходится половина процессов обработки информации зрительной коры головного мозга. Соответственно, детализированная информация получается с помощью зрительной выборки и сканирования [2].

Окулографическое исследование подразумевает анализ движения взгляда и зон визуальной фокализации, на которых концентрируется взгляд. Его примене-

ние для оценки эффективности человеко-машинного взаимодействия можно разделить на три категории [3]:

- выяснение причин возникших у пользователя затруднений (долгое заполнение формы и др.), в особенности, связанных с заметностью элементов, точками фокуса внимания, ментальной нагрузкой и отвлечениями;
- выявление особенностей поведения пользователей (стратегии визуального поиска, паттерны чтения и сканирования);
- сравнение нескольких дизайнерских решений в совокупности с другими видами тестирования (анкетированием, биометрической оценкой).

Использование окулографических устройств, называемых также айтрекерами, не требует вербализации (нет необходимости, чтобы испытуемые комментировали свои действия), что является преимуществом, т. к. вербализация сама по себе может влиять на поведение пользователей (выдача желаемого результата, завышение собственных оценок и др.) [4, 5]. Окулографические исследования позволяют избежать как подобных искажений, так и трудоёмкого ручного анализа поведения пользователя на видеозаписи, и потому достаточно актуальны при исследовании эргономики графических приложений.

До недавнего времени малая распространённость и высокая стоимость требуемого оборудования ограничивали использование окулографии для оценки эффективности работы человека-оператора. Однако в последнее время на рынке появилось значительное число биометрических устройств, предназначенных потребительского сегмента: в частности, окулографические устройства в данной категории представлены игровыми айтрекерами, выпускаемыми фирмой Tobii [6–8].

Роль провайдеров биометрии при мониторинге состояния человека-оператора для потребительских устройств не является основной, поэтому при выработке приборных подходов к оценке эффективности человеко-машинного взаимодействия необходимо решать задачи и находить нестандартные архитектурные решения, связанные с доступом к измеряемым ими показателями. Однако перечисленные недостатки компенсируются тем, что подобные устройства обладают приемлемой точностью, пригодны к непрерывному мониторингу, способны передавать данные в персональный компьютер и при этом, благодаря массовому производству, являются более доступными.

Айтрекеры определяют ориентацию оптической оси глазного яблока и динамику изменения этой ориентации во времени. По принципу действия их можно разделить на три большие группы: устройства на основе механического контакта с глазом, устройства, измеряющие электрические потенциалы на электродах, расположенных вокруг глаз, и устройства на основе бесконтактных оптических методов регистрации движения глаз. Окулографические устройства потребительского сегмента, представленные на рынке, относятся к последней категории.

В целом, данные устройства обычно с меньшей точностью отслеживают движения глаз по сравнению с использованием механического контакта или принципа электроокулографии, а также имеют ряд ограничений (невозможность регистрации движений глаз во время сна и др.). Однако они достаточно эффективны для отслеживания направления взгляда (т. е. нахождения точки пе-

ресечения оптической оси глазного яблока и плоскости экрана), а потому востребованы в задачах, требующих сравнительно недорогого оборудования и неинвазивной процедуры эксперимента.

Обычно в айтрекерах данного типа используется отражение инфракрасной подсветки от роговицы глаз для расчета направления на центр глазного яблока и дальнейшего сравнения с координатами центра зрачка, либо отражение от хрусталика глаза (по аналогии с эффектом «красных глаз» на любительских фотографиях).

Айтрекер может закрепляться неподвижно либо монтироваться на голове испытуемого. Айтрекеры потребительского сегмента относятся к первой категории: устройство закрепляется на ноутбуке или корпусе монитора и подключается к компьютеру по шине USB. Подобная схема позволяет не выполнять учёт и компенсацию движения головы испытуемого относительно координат экрана, что приводит к несколько меньшим вычислительным затратам.

Тем не менее, в целом оптическая окулография характеризуется высокими требованиями к вычислительным ресурсам компьютера и пропускной способности шины подключения. Фактически взгляд перемещается быстрыми скачками (саккадами) с короткими паузами между ними (фиксациями, во время которых зрительный анализатор человеческого мозга получает основное количество информации), как показано на рис. 1. Средняя продолжительность фиксаций находится в диапазоне от 200 мс (чтение текста) до 350 мс (изучение статического изображения), а саккада занимает до 200 мс. Поэтому для оптической окулографии решающую роль играет частота кадров, с которой выполняется видеосъемка.

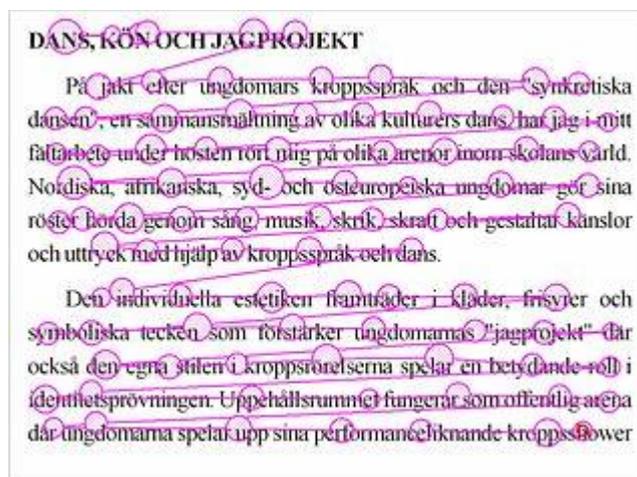


Рисунок 1 – Пример саккад и фиксаций

Айтрекеры потребительского сегмента выполняют видеосъемку с частотой от 30 кадров в секунду. В частности, айтрекеры фирмы Tobii работают на следующей частоте кадров: 30 Гц (наиболее ранняя модель, Tobii REX), 70 Гц (Tobii EyeX), 90 Гц (Eye Tracker 4C) и 133 Гц (выпускающийся в настоящий момент Eye Tracker 5). Поскольку более высокая частота обеспечивает регистрацию большего процента движений глаз, профессиональные окулографические устройства характеризуются частотой выше 100 Гц, а для ряда применений, связанных с точным отслеживанием движений глаз, выпускаются модели,

работающие на частоте 300–1000 Гц [9]. Однако для большинства задач, связанных с оценкой человеко-машинного взаимодействия, подобная точность является избыточной.

Поскольку устройство Tobii EyeX, использованное нами в экспериментах, предназначено для потребительского сегмента, а не для научных исследований [3], его технические характеристики целесообразно рассмотреть более подробно. Рабочее расстояние (обозначено на рис. 2 как «ближняя зона») – расстояние между глазами пользователя и устройством, на котором может выполняться отслеживание взгляда при сохранении достоверности данных – составляет для EyeX – 450-800 мм.

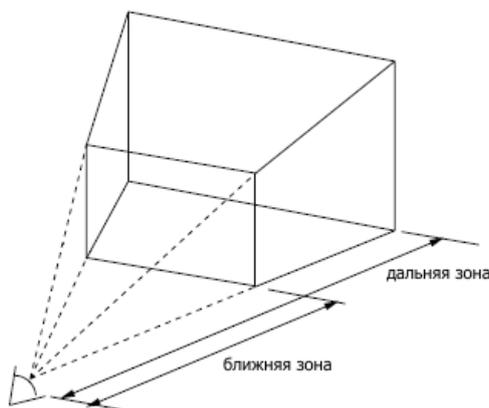


Рисунок 2 – Область поля зрения

EyeX позволяет свободно двигать головой, в то время как голова находится внутри обратного усеченного конуса с вершиной, расположенной в центре устройства. Таким образом, допустимые горизонтальные и вертикальные движения головы изменяются в зависимости от расстояния пользователя от экрана. Например, на расстоянии 700 мм пользователи могут перемещать голову на 240 мм влево или вправо и на 195 мм вверх или вниз. Максимальный рекомендуемый размер экрана для EyeX – 24 дюйма. Когда пользователь находится на границе дальней зоны рабочего расстояния (800 мм), рабочий диапазон устройства в градусах угла зрения составит $[-18^\circ, 18^\circ]$ по оси x и $[-10,5^\circ, 10,5^\circ]$ по оси y . Устройство, вероятно, будет обеспечивать оценку взгляда при более широких углах взгляда, однако в ущерб точности и четкости, особенно в углах монитора. Частота дискретизации устройства, то есть количество выборок данных в секунду, собираемых для каждого глаза, для Tobii EyeX составляет, как уже упоминалось, 60 Гц.

При использовании айтрекера в научных исследованиях важно также точное описание пространственных и временных характеристик устройства: необходимо оценить точность и достоверность окулографии, а также системную задержку и изменчивость частоты дискретизации. Под точностью определения взгляда понимается средняя угловая ошибка оценки взгляда, когда пользователь зафиксировал взгляд на заданной пространственной локации. Таким образом, определение точность взгляда – это распределение оценок угловой позиции направления взгляда когда глаза неподвижны и зафиксированы на заданной цели. Существует вероятность что раздражающие факторы в виде объектов на мониторе компьютера могут приводить к нежелательному изменению положения

взгляда. Задержка системы может быть определена как задержка между изменением местоположения взгляда и моментом, когда соответствующее изменение будет зарегистрировано. Сквозная задержка состоит из времени экспозиции камеры айтрекера, времени считывания и передачи изображения, времени обработки изображения, времени передачи данных между драйвером Tobii EyeX Engine и конечным приложением, а также частоты обновления дисплея.

Список использованных источников

1. Semmelmann, K. Online webcam-based eye tracking in cognitive science : a first look / K. Semmelmann, S. Weigelt // Behavior Research Methods. – Vol. 50. – 2018. – P. 451–465.
2. Titz, J. Comparing eye trackers by correlating their eye-metricdata / J. Titz, A. Scholz, P. Sedlmeier // Behavior Research Methods. – Vol. 50. – 2018. – P. 1853–1863.
3. Дубицкий, А. Применение айтрекеров для юзабилити-исследований ПО в GNU/Linux / А. Дубицкий, Д. Костюк, А. Маркина, С. Фомин // Четырнадцатая конференция разработчиков свободных программ: тезисы докладов – Калуга, 22–24 сентября 2017 г. – М. : Базальт СПО, 2017. – С. 36–41.
4. Arhippainen, L. Empirical evaluation of user experience in two adaptive mobile application prototypes / L. Arhippainen, M. Tähti // Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. Norrköping, Sweden, 10–12 December 2003. – P. 27–34.
5. Mandryk, R. L. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies / R. L. Mandryk, K. M. Inkpen, T. W. Calvert // Behaviour & Information Technology, Vol. 25 (2), 2006. – P. 141–158.
6. Костюк, Д. А. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя / Д. А. Костюк, О. О. Латий, А. А. Маркина // Вестник БрГТУ. – № 5 (101) : Физика, математика, информатика. – 2016. – Брест : Издательство БрГТУ. – С. 46–49.
7. Gibaldi, A. Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research / A. Gibaldi [et al.] // Behavior Research Methods, Vol. 49, 2017. – P. 923–946.
8. Drachen, A. Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in First-Person Shooter games / A. Drachen [et al.] // Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games. – Los Angeles : CA, 2010. – P. 49–54.
9. Duchowski, A. Eye Tracking Methodology. Theory and practice. Second edition. – London : Springer, 2007. – 334 p.

УДК 004.35

КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТИПА «ПЕРЧАТКА» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КИСТИ РУКИ В ПРОСТРАНСТВЕ

И.Д. Козик, Ю.В. Савицкий

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
zmyhpyh@yandex.ru

An own concept of a hardware-software complex, consisting of a virtual reality glove, has been developed. This system has the basic functions of tracking, capturing and transmitting information about the flexion of the joints of all five fingers, detecting the position and orientation of the hand in space, and also has wireless communication.

Введение

В настоящее время наблюдается стремительное увеличение количества разработок в области технологии виртуальной реальности, имеющей большое практическое значение в современных предметных областях – от применения в игровом контенте до создания сложных обучающих систем, манипуляторов в медицине, технике и др. Виртуальная реальность (VR) — созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и др. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени.

Объекты VR обычно ведут себя близко к поведению аналогичных объектов материальной реальности. Пользователь может воздействовать на эти объекты в согласии с реальными законами физики (гравитация, свойства воды, столкновение с предметами, отражение и т.п.). Для взаимодействия с виртуальными объектами используются различные устройства, в частности перчатки, которые позволяют определять положение руки и пальцев пользователя и передавать эти данные на вычислительный модуль системы виртуальной реальности.

В данной работе предлагается концепция и реализация устройства типа «VR Перчатка», позволяющего считывать положение кисти руки в пространстве. В контексте предмета исследования и разработки VR Перчатка – это устройство ввода в виде перчатки, которая посредством движений руки и пальцев осуществляет ориентацию в виртуальном пространстве. Современные реализации VR перчатки помимо функции навигации и ориентации в виртуальном пространстве также предлагают возможность тактильной обратной связи.

1 Концепция и структура системы

В результате анализа имеющихся на рынке перчаток, позволяющих отслеживать руки в виртуальной реальности, были выявлены их преимущества и недостатки. Часто встречающиеся недостатки, присущие практически всем рассмотренным системам:

- высокая стоимость;
- значительная часть таких устройств систем недоступна обычному пользователю; их можно приобрести только разработчикам VR приложений и систем;
- сложная настройка и калибровка устройств;
- невозможность использовать их в широкодоступных VR-проектах.

Результаты данного анализа позволили разработать собственную концепцию аппаратно-программного комплекса, состоящего из оптимальной в стоимостном аспекте VR перчатки, которая сочетает в себе базовые функции отслеживания, захвата и передачи информации о сгибании суставов всех пяти пальцев руки, обнаружения положения и ориентацией руки в пространстве, а также беспроводным сопряжением. Таким образом, концептуальная модель должна:

1) иметь перечисленные ниже характеристики:

- компактность, возможность удобного размещения на руке;
- наличие встроенного аккумулятора;
- легкая калибровка;
- небольшая стоимость, в сравнении с конкурентами;

2) выполнять следующие функции:

- считывание положения кисти и пальцев в пространстве;
- фильтрация полученных данных и приведение их к требуемому формату;
- передача данных на обрабатывающий модуль;
- использование протокола Bluetooth для связи с обрабатывающим модулем;
- все модули устройства должны быть расположены на одной печатной плате.

В целом система представляет собой клиент-серверную архитектуру, где в качестве сервера выступает VR-перчатка, а в качестве клиента – обрабатывающий модуль (ЭВМ, VR-гарнитура, смартфон и др.); взаимодействие осуществляется по протоколу Bluetooth. Клиент должен провести сопряжение с устройством для дальнейшего взаимодействия.

2 Характеристика выбранных для реализации системы аппаратных модулей

В качестве управляющего звена программно-аппаратного комплекса выбран микроконтроллер серии ESP32. Данная платформа является наиболее удобной для прототипирования компактных аппаратно-программных комплексов: в зависимости от поставленных задач, используемых датчиков и дополнительных модулей, существует возможность выбирать разные микроконтроллеры серии ESP (платформа ESP имеет собственную IDE, которая облегчает разработку, тестирование, отладку и загрузку программ в микроконтроллер).

Для прототипирования на текущем этапе будет использована версия ESP-WROOM-32S. Данная версия: обладает большим количеством аналоговых и цифровых интерфейсов; имеет встроенный Bluetooth-передатчик; обладает очень низким энергопотреблением, что особенно важно при использовании автономного источника питания; по параметрам процессора и памяти оптимальна в контексте решаемой задачи.

Для отслеживания сгибания пальцев предполагается использовать миниатюрный переменный резистор (потенциометр). В зависимости от угла поворота ручки потенциометра изменяется приходящий на микроконтроллер сигнал, что позволяет сделать выводы об угле поворота пальца. В случае же использования двух и более потенциометров появляется возможность отслеживать даже угол поворота отдельной фаланги пальца, что положительно сказывается на точности измерений.

Для данного проекта было решено использовать схему с двумя потенциометрами, соединенными через гибкое сочленение. Схема модуля отслеживания сгибания пальцев приведена на рисунке 1.

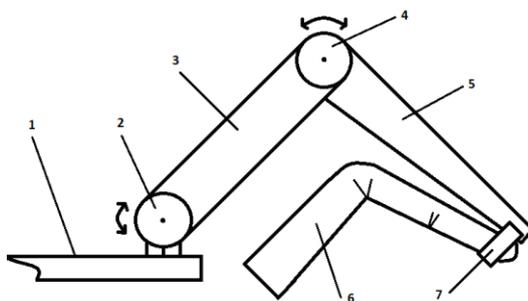


Рисунок 1 – Схема модуля отслеживания сгибания пальцев: 1-печатная плата устройства, 2 – первый потенциометр, 3 – перемычка, 4 – второй потенциометр, 5 – перемычка, 6 – палец, 7 – силиконовое либо пластиковое кольцо для пальца

Таким образом, для пяти пальцев имеем 10 потенциометров и 10 аналоговых сигналов, с помощью которых будет происходить эмулирование движения суставов пальцев в виртуальной среде.

Для передачи ориентации в пространстве будет использован инерциальный модуль на 9 степеней свободы (IMU модуль) MPU 9250. Это позволит точно отслеживать перемещение и вращение всей руки в пространстве, а также положение и вращение пальцев относительно руки. В состав данного модуля входит три датчика, каждый из которых отвечает за следующие показатели относительно собственных осей X, Y и Z: трёхосный акселерометр – считывает ускорение; трёхосный гироскоп – считывает скорость вращения; трёхосный магнетометр / компас – считывает напряженность магнитного поля.

Исходя из выбранных решений, функции VR-перчатки можно сформулировать следующим образом:

- 1) считывание аналогового сигнала с потенциометров;
- 2) получение информации о положении устройства в пространстве с IMU-модуля;
- 3) преобразование полученных данных в радианы;
- 4) объединение данных в единый пакет для отправки;
- 5) отправка пакетов данных по протоколу Bluetooth.

3 Инструментарий программной разработки

Для программирования микроконтроллера ESP32 была выбрана свободно распространяемая среда разработки Visual Studio Code, для которой дополнительно установлено расширение PlatformIO, позволяющее использовать Visual Studio Code для разработки программного обеспечения для микроконтроллеров.

Для создания API для взаимодействия с устройством было решено использовать среду Processing. Это графическая библиотека, язык и среда разработки, специализированная на разработку и отладку программного обеспечения для микроконтроллеров. Язык Processing основан на Java, что дает возможность преобразовывать его в байт-код и использовать на любой поддерживаемой ОС. Processing в первую очередь предназначен для работы с графикой, в том числе и трехмерной, что подходит для задач визуализации работы устройства.

4 Результаты

Самостоятельно изготовленное устройство представляет собой компактный модуль с автономным питанием и разработанным в соответствии с эргономикой руки человека; прошло все необходимые этапы тестирования и отладки аппаратно-программного обеспечения.

Ряд результатов (в виде скриншотов визуализации) приведен на рисунке 2. При физическом воздействии на устройство – поворот и изменение положения пальцев – меняется и положение компьютерной модели (см. рисунок 2). В приведенном примере первоначально (слева) показано состояние устройства в нейтральном положении с прямыми пальцами, а затем (справа) – устройство, изменившее свое положение в пространстве, в котором при этом были согнуты некоторые пальцы.

Таким образом, предпринята попытка реализовать все этапы построения достаточно сложной системы человеко-машинного интерфейса – от создания концепции до конечной реализации функционирующего образца. Устройство

изготовлено из типовых компонентов; программное обеспечение разработано на основе инструментальных средств, имеющих открытый доступ. Эти факторы обусловили небольшую стоимость системы, особенно в сравнении со стоимостью коммерческих разработок.

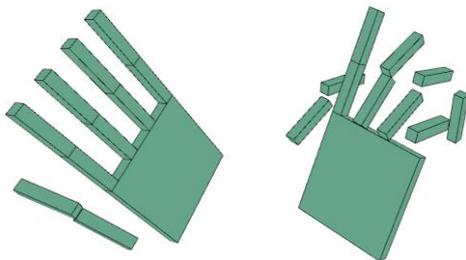


Рисунок 2 – Построенная трехмерная модель кисти (слева); изменение положения пальцев и кисти при воздействии на устройство (справа)

5 Дальнейшие перспективы

В качестве перспективы данного направления авторы считают организацию силовой обратной связи в системах виртуальной реальности, в частности, применение для этой цели синтетических мускулов [1].

Современные исследования в этой сфере позволили открыть новые типы материалов, с которыми синтетические мускулы могут быть использованы в системах обратной связи, поскольку обладают следующими свойствами: возможность отливки или 3D печати любых форм, низкая себестоимость. На рисунках 3, 4 представлена примерная схема функционирования перчатки с силовой обратной связью.

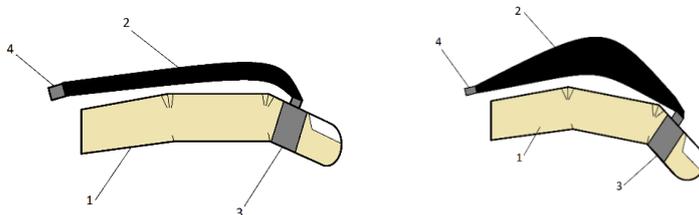


Рисунок 3 – Схематичное изображение пальца с прикрепленной синтетическим мускулом в неактивном состоянии (слева), активном состоянии (справа): 1 – палец, 2 – пассивный синтетический мускул, 3 – крепление для пальца, 4 – крепление к перчатке

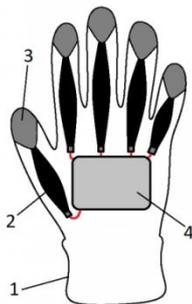


Рисунок 4 – Схематичное изображение перчатки с силовой обратной связью: 1 – перчатка, 2 – синтетический мускул, 3 – крепление для пальца, 4 – управляющий модуль

Список использованных источников

1. Aslan Miriyev , Kenneth Stack, Hod Lipson, Soft material for soft actuators [Электронный документ] / Демонстрационное видео // Youtube. – 2020. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00685-3>, свободный (дата обращения 26.10.2022).

СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А.В. Лютыч

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

This article is devoted to evaluating the effectiveness of human-machine interaction. It is proposed to use the stability platform as a tool for measuring the physiological state of the user before and after his work with a specific device.

Измерение физиологического состояния пользователя персонального компьютера позволяет достаточно быстро определить слабые стороны разрабатываемого продукта. Биометрические данные, по сравнению с подходами, предусматривающими участие эксперта по эргономике интерфейса, опрос пользователей и т.д., более пригодны для автоматической интерпретации и последующей оценки физической и когнитивной нагрузки пользователя в процессе работы [1].

Известно, что когнитивные расстройства в целом и состояние сферы внимания в частности оказывают влияние на функцию равновесия. Поэтому к числу информативных параметров организма, помимо сердечного ритма, кровяного давления, электропроводности кожи, активности мышц и головного мозга, можно отнести устойчивость вертикальной позы человека, его способность сохранять равновесие с открытыми и закрытыми глазами.

Разработанная на базе датчика BWT901CL стабилOMETрическая платформа с мобильным доступом [2] использована для измерения физиологического состояния пользователя персонального компьютера до и после его работы с конкретным программным обеспечением или устройством с целью оценки эффективности человеко-машинного взаимодействия.

Так, в рамках лабораторных занятий по дисциплине «Психология человеко-машинного взаимодействия» проводится оценка физической и ментальной нагрузки человека-оператора при работе с нестандартными устройствами ввода. В частности, проводились исследования эргономичности клавиатуры, внешний вид которой представлен на рисунке 1.

В отличие от обычных клавиатур, т.н. «ломаные» клавиатуры с приподнятой центральной частью (клавиатуры класса Healthier) способствуют более удобному расположению кистей для печати. Это способствует минимизации риска возникновения «туннельного синдрома». Проблема заключается в том, что человек-оператор, ранее не работавший с данным видом клавиатур, может испытывать некоторые затруднения.



Рисунок 1 – Внешний вид эргономичной клавиатуры

Суть эксперимента заключалась в наборе человеком-оператором заранее заданного текста сначала посредством обычной, а затем эргономичной клавиатуры. Текст представлял собой два четверостишья на английском языке.

Измерения для каждого испытуемого проводились в три этапа:

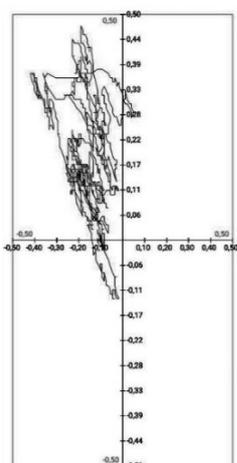
- в начале эксперимента – этап 1;
- после взаимодействия с обычной клавиатурой – этап 2;
- после взаимодействия с эргономичной клавиатурой – этап 3.

В ходе эксперимента фиксировалось время набора текста и количество ошибок (таблица 1).

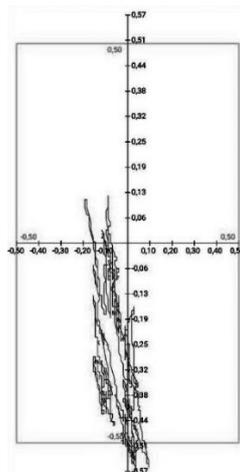
Таблица 1 – Результаты выполнения заданий в первой серии экспериментов

	Испытуемый 1		Испытуемый 2	
	Длительность, мин.	Количество ошибок	Длительность, мин.	Количество ошибок
Этап 2	65+109	5	76+75	5
Этап 3	177+144	5	188+135	10

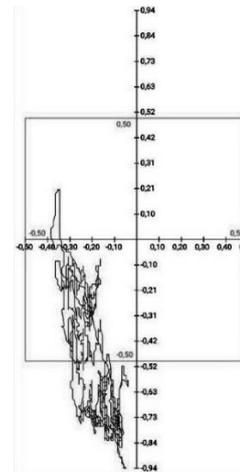
Измерения стабилметрических параметров на каждом этапе проводились по методу Ромберга – с открытыми и закрытыми глазами. На рисунках 2 и 3 представлены статокинезиограммы, полученные на трех этапах, для испытуемого 1 и испытуемого 2 соответственно. На графиках прямоугольником выделены пороговые значения допустимого отклонения центра давления по осям X и Y, при этом для состояния «глаза открыты» эти значения установлены в 0,5, а для состояния «глаза закрыты» - в 0,9.



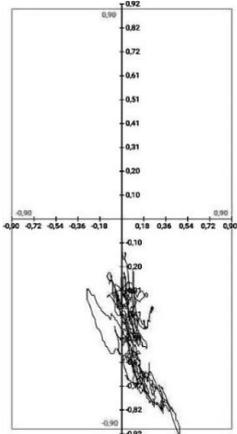
этап 1, глаза открыты



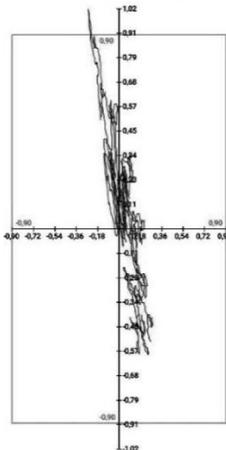
этап 2, глаза открыты



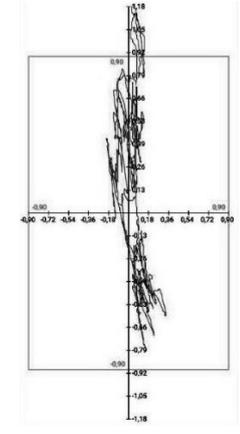
этап 3, глаза открыты



этап 1, глаза закрыты



этап 2, глаза закрыты



этап 3, глаза закрыты

Рисунок 2 – Статокинезиограммы испытуемого 1

Результаты экспериментов показали, что для испытуемого 1 наблюдается поэтапное ухудшение функции его вертикальной устойчивости, как с открытыми, так и с закрытыми глазами. Данный испытуемый изначально имел худшие показатели, по сравнению с испытуемым 2. Для испытуемого 2 существенных изменений, связанных с работой на нестандартной клавиатуре, в статокинезиограммах не наблюдается.

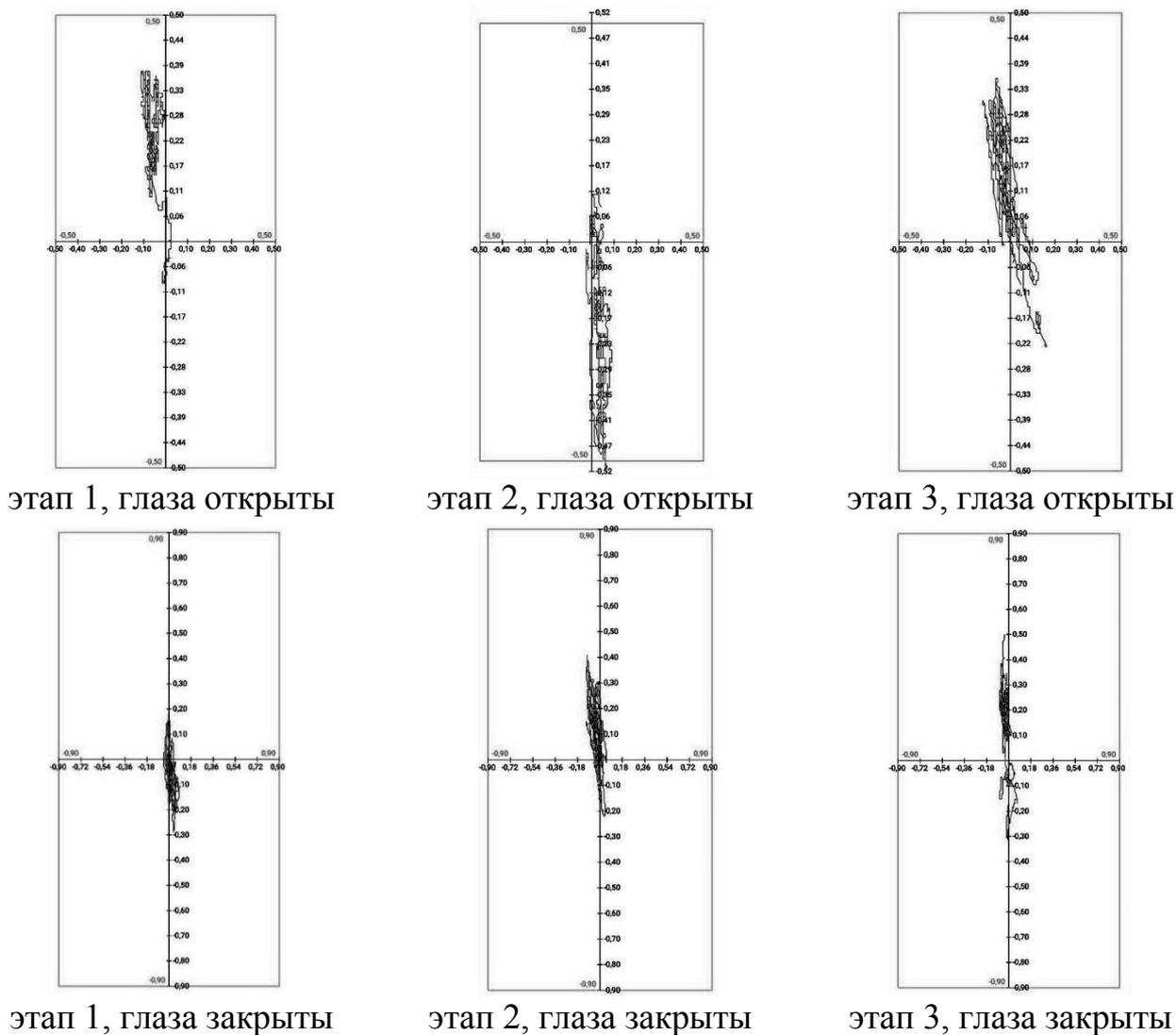


Рисунок 3 – Статокинезиограммы испытуемого 2

Была проведена вторая серия таких же экспериментов, но уже над другими испытуемыми (таблица 2). В таблицах 3-4 представим числовые значения стабилметрических параметров.

Таблица 2 – Результаты выполнения заданий во второй серии экспериментов

	Испытуемый 3		Испытуемый 4	
	Длительность, мин.	Количество ошибок	Длительность, мин.	Количество ошибок
Этап 2	79+75	0	57+46	0
Этап 3	252+217	0	189+136	0

Таблица 3 – Стабилометрические параметры испытуемого 3

Этап	Состояние	Среднее значение		Средне-квadraticное отклонение		Статокинезиограмма		Коэффициент Ромберга
						Длина	Площадь	
		~X	~Y	σX	σY	L	S	QR
1	ГО	-0,12	0,01	0,06	0,11	11,01	0,1448	35,40
	ГЗ	0,07	0,69	0,08	0,35	18,01	0,4091	
2	ГО	0,11	-0,20	0,03	0,06	11,02	0,0637	38,30
	ГЗ	0,07	-0,37	0,05	0,17	15,32	0,1669	
3	ГО	0,00	0,05	0,04	0,07	8,03	0,0617	52,87
	ГЗ	0,03	-0,12	0,04	0,11	10,95	0,1166	

Таблица 4 – Стабилометрические параметры испытуемого 4

Этап	Состояние	Среднее значение		Средне-квadraticное отклонение		Статокинезиограмма		Коэффициент Ромберга
						Длина	Площадь	
		~X	~Y	σX	σY	L	S	QR
1	ГО	-0,11	-0,09	0,07	0,09	10,87	0,1391	144,16
	ГЗ	0,01	-0,13	0,03	0,12	13,83	0,0965	
2	ГО	-0,05	-0,07	0,03	0,10	8,34	0,0580	53,59
	ГЗ	-0,02	0,10	0,04	0,14	12,22	0,1083	
3	ГО	-0,07	0,05	0,02	0,07	8,79	0,0415	53,49
	ГЗ	-0,05	0,01	0,03	0,11	9,73	0,0775	

Детальный анализ результатов второй серии экспериментов показал улучшение показателей вертикальной устойчивости для обоих испытуемых: уменьшение значений длины и площади статокинезиограммы, а также среднеквадратичного отклонения, в большей степени в состоянии «глаза закрыты». Вероятно, это связано с повышением концентрации и внимания, связанным с ответственным выполнением поставленной задачи: испытуемые не допустили при наборе текста ни одной ошибки. Таким образом, можно наблюдать два вида сценариев работы испытуемых: с мотивацией на более быстрое и с мотивацией на максимально безошибочное выполнение заданий.

Для дальнейшего изучения факторов, имеющих отражение в значениях показателей вертикальной устойчивости, необходимо увеличить количество испытуемых, зафиксировав их индивидуальные особенности (антропометрические показатели, острота зрения и др.), а для повышения достоверности оценки целесообразным является одновременное измерение нескольких биометрических параметров (ЧСС, кровяное давление, активность головного мозга и т.д.) с последующим отслеживанием их корреляции.

Таким образом, стабилометрическая платформа может являться инструментом для оценки особенностей воздействия программных и аппаратных продуктов на состояние человека-оператора и на эффективность его работы.

Список использованных источников

1. Костюк Д.А., Латий О.О., Маркина А.А. Биометрическая измерительная система для оценки состояния пользователя ПК // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018): материалы международной научной конференции. Минск, БГУИР, 25 октября 2018 г. – С. 166–167.

2. Старосотников, В.Д., Царик, В.А. Стабилоплатформа с микроконтроллерным управлением // Электронные системы и технологии: сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Минск, 18–22 апреля 2022 г. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 321–323.

UDC 004.514.62

APPLYING KALMAN FILTER FOR THE TASK OF THE BIOMETRIC DATA TIME SERIES UNIFICATION

A.A. Shulgan

Brest State Technical University, Brest, Belarus, shulgan.antip@gmail.com

The use of the recursive Kalman filter for restoring missed values and time series frequency unification is discussed for the use case of biometric data collected from the user-grade devices to monitor the mental and physical load on the user while working with some software or hardware product. Specifics of applying filter to the biometric data is considered, as well as simplifying the implementation with the high-level pykalman software library.

Working with a computer, whether it is interacting with a specific application or simply with a graphical shell, involves cognitive, visual and motor processes. Categories of the same name can be distinguished for the loads experienced by the operator in the course of work.

A promising approach to determining the effectiveness of the user's work is to measure the user's body parameters associated with physical and cognitive load (for example, heart rate, blood pressure, skin electrical conductivity, β -rhythms of the brain, etc.) during work. Until recently, the use of this approach was limited by the low prevalence and high cost of the required equipment, but recently a significant number of devices with biometric sensors have appeared in the area of fitness and entertainment (photoplethysmographic heart rate sensors in fitness trackers and smart watches, consumer devices that register gaze direction or brain electric activity, etc.).

All these devices have the following advantages from the researcher's point of view [1, 2]:

- they are capable of continuous monitoring,
- they allow transmitting data to a personal computer,
- they widely available on the market due to mass production.

However, given that biometric measurements are indirect and are affected by extraneous external and internal factors [2], at least paired measurements are appropriate (for example, galvanic skin response measured in pair with heart rate). Therefore, the use of a heterogeneous set of biometric data obtained from several unrelated sources, aimed at building a model from the most complete set, creates additional problems, since it usually turns out that some time series have a higher sampling rate than others do.

Different-frequency time series of data require preliminary transformation. In this case, either the data of lower frequencies are interpolated to the upper frequency [3],

or the data of higher frequencies are aggregated to the lower one. Depending on the parameter type, a higher frequency is aggregated into a lower frequency by either averaging, summing, or taking a representative value.

Time aggregation leads to the loss of information originally present in the sample, and the loss of information, in turn, reduces the accuracy and efficiency of the forecast [4]. In addition, frequently used interpolation methods do not fully utilize all available information about the sample. Interpolation requires reducing a low frequency variable to a higher frequency by recovering some missing measurements. The formation of missing data can be performed either immediately in the process of comparing and analyzing the measurement results (using a model that reflects the behavior of the corresponding biometric parameter), or in two stages, when the missing data are first interpolated (based on the existing model or statistically), and then the comparison and analysis of the results use the resulting time series [4]. Obviously, no method can be called universal.

To unify the time series of biometric data, we tested the use of the recursive Kalman filter (KF). This recursive filter calculates an estimate of the state of the indicator for the current cycle of work, using the estimate of the state (in the form of an estimate of the state of the indicator and an estimate of the error in determining this state) on the previous cycle of work, as well as measurements on the current cycle.

Each iteration of KF includes two phases: extrapolation and correction. During extrapolation, the filter obtains a preliminary estimate of the state of the system $\hat{x}^k|k-1$ for the current step according to the final assessment of the state from the previous step (or a preliminary assessment for the next step according to the final assessment of the current step, depending on the interpretation). This preliminary estimate is also referred to as the prior state estimate, since observations of the corresponding step are not used to obtain it. In the correction phase, the a priori extrapolation is supplemented with relevant current measurements to correct the estimate. The corrected estimate is also called the posterior state estimate, or simply the estimate of the state vector \hat{x}^k . Usually, these two phases alternate: extrapolation is performed based on the results of the correction until the next observation, and the correction is performed together with the observations available at the next step, etc. However, if for some reason the observation turned out to be unavailable, then the correction stage can be skipped and extrapolation uses the unadjusted estimate, (a priori extrapolation). Similarly, if independent measurements are available only in separate cycles of work, corrections are still possible (usually using a different observation matrix Hk).

To test the effectiveness of unification of biometric data time series using the Kalman filter, the Python library *pykalman* was used, which contains the implementation of KF as a smoothing filter.

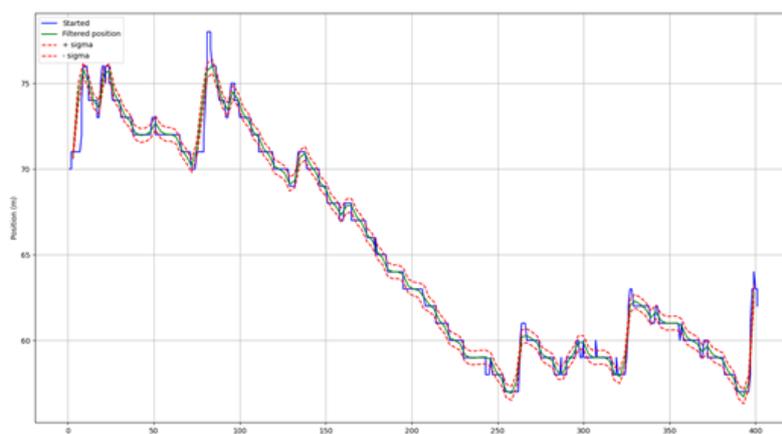


Figure 1 - The result of applying the filter

Both KF and its smoothing implementation are often used with parameters already set. In the case of the *pykalman* library, the *KalmanFilter* class can be initialized with any subset of the normal model parameters and used without fitting. All undefined parameters are set to their default values.

A smoothing implementation can include "future" measurements as well as past ones at the same computational cost $O(Td^3)$, where T is the number of time steps and d is the dimension of the state space.

In addition, the *KalmanFilter* class of the library implements the expectation maximization (EM) algorithm. This iterative algorithm is a way to maximize the probability of observed measurements.

In real biometric equipment, a temporary failure of one of the sensors occurs (for example, a short-term loss of contact), and the use of KF and EM allows you to handle this scenario.

An example of the application of KF on the time series of the galvanic skin response of the user [5] is available in fig. 1. Note that the use of KF is more effective for slowly changing biometric indicators, such as skin electrical conductivity and heart rate, and the least effective for such time series that are difficult to predict, such as electroencephalogram rhythms, which are the summed electrical noise of a subset of neurons in areas of the cerebral cortex.

Thus, it can be said that the use of frequency unification of the biometric data time series is appropriate when conducting complex biometric testing to assess the loads experienced by a human operator due to the heterogeneity of available biometric equipment and the need to use a set of available biometric indicators, and the Kalman filter is one of effective methods for solving this problem.

References

1. Костюк Д.А., Маркина А.А. Подход к комплексному межгрупповому usability-тестированию для платформы GNU/Linux // Тринадцатая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе»: Материалы конференции. – Переславль, 26–28 января 2018 г. – М.: Basealt, 2018. – С. 39–44.
2. Костюк Д.А., Латий О.О., Маркина А.А. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя // Вестник Брестского государственного технического университета. Физика, математика, информатика. – 2016. – № 5(101). – С. 46-49.
3. Onof C. et al. Spatial-temporal rainfall fields: modeling and statistical aspects // *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 4, iss. 4, 2000. – p. 581-601.

4. Durbin, J. Time Series Analysis by State Space Methods: Second Edition. / J. Durbin, S. J. Koopman. Oxford Scholarship Online: December 2013.

5. Журавский В.И., Костюк Д.А., Латий О.О., Маркина А.А., Поляков В.И. Измерение и анализ электрической активности кожи для задач мониторинга состояния пользователя // Вестник БрГТУ. – 2018. – №5(113): Физика, математика, информатика. – С. 74–76.

УДК 004.383::616-079

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕИНВАЗИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ГЛЮКОМЕТРИИ

А.И. Дыдик, В.С. Разумейчик

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, du-alig@yandex.ru

The article highlights the problem of diabetes. Existing methods for determining the level of glucose in blood are considered. Much attention is paid to non-invasive methods for determining blood glucose. The method of near infrared spectroscopy was applied in practice. Based on the results obtained, this method has a place to exist, and it is also necessary to be improved to create a universal non-invasive glucometer.

В мире сохраняется тенденция роста числа людей, страдающих сахарным диабетом. В среднем этот показатель за год составляет 5 %. Официальная статистика показала, что за период с 1980 г. по 2014 г. число людей, болеющих сахарным диабетом, увеличилось до 422 миллионов. За 20 лет в Беларуси количество больных с сахарным диабетом выросло в 3 раза. По состоянию на 1 января 2019 г. на учёте находилось 336 тысяч человек. К 2030 году сахарный диабет станет 7-й причиной смерти во всём мире [1].

Уход за больными и лечение диабета (DCCT) показали, что более частый контроль глюкозы и инсулина в крови может предотвратить многие из долгосрочных осложнений сахарного диабета [2].

Как высокий, так и низкий уровень сахара в крови негативно воздействуют на организм человека. Недостаточный контроль гипергликемии (уровень глюкозы в крови слишком высок) приводит к множеству осложнений, связанных главным образом с поражением мелких и/или крупных сосудов (микро- и макроангиопатии). Долгое нахождение человека в состоянии гипогликемии (снижение уровня глюкозы ниже 3,3 ммоль/л) в конечном итоге может привести к гипогликемической коме. Длительная гипогликемия приводит к отеку вещества головного мозга, появлению мелкоточечных геморрагий в мозговые ткани, что в конечном итоге является причиной структурных нарушений в клетках коры мозга, их гибели [3].

Метод определения уровня глюкозы в органических жидкостях (кровь, ликвор и т.п.) называется глюкометрия, а устройство – глюкометр.

На сегодняшний день существуют такие типы глюкометров:

– фотометрические – уровень глюкозы в крови человека определяется в зависимости от окраски тест-зоны. Технология этих приборов, разработанных до-

статочно давно, уже устарела.

– электромеханические – показатель уровня сахара измеряется величиной тока. Данная технология применяется во всех инвазивных глюкометрах. В ряду своих достоинств: быстрота измерения, точность, доступность, – он обладает и недостатками, важнейшим из которых является необходимость прокола пальца для получения капли крови. При таком способе измерения человек испытывает болезненные ощущения, а также есть возможность заразить себя болезнью, попадающей в организм с кровью. К тому же ежедневные проколы пальцев по 4-7 раз на день способствуют образованию мозолей, в следствие чего снижается чувствительность подушечек пальца и усложняется процесс кровообращения [4].

В последнее десятилетие по всему миру стали проводиться исследования по неинвазивным способам измерения уровня сахара в крови. Первые попытки сделали в области изучения человеческого пота. Для данного способа пациенту необходимо каждый раз вводить специальные препараты, которые усиливали потоотделение и выделяли на коже человека различные концентрации веществ, по которым и происходит определение уровня глюкозы в крови. Также были исследованы и другие биологические жидкости человека: слюна, моча, глазная жидкость. И в настоящее время уже разрабатываются контактные линзы, которые смогут определять уровень глюкозы по слезе человека. Причём, делать это они смогут постоянно, что позволит следить за динамикой изменения. Исследования слюны человека показали, что сахар в ней пропорционален уровню сахара в крови. Отличительной особенностью является то, что в слюне уровень сахара ниже, чем этот же уровень в крови (около 1000-2000 раз), что делает использование слюны в диагностике очень сложным и глюкометры для домашнего использования не обнаружат такую концентрации [5].

Широкий пласт исследований неинвазивных способов пришёл на оптические методы. Они предполагают использование оптического (в том числе лазерного) излучения для зондирования тканей и органов пациента с целью получения по отраженному (рассеянному) или прошедшему ткань насквозь свету диагностической информации о биохимическом составе и морфологическом строении обследуемого участка мягких тканей тела пациента. В таблице 1 представлены оптические методы измерения глюкозы и их краткое описание [4].

Таблица 1 – Оптические методы измерения глюкозы

Метод	Краткое описание
Ближняя инфракрасная спектроскопия (NIR)	Поглощение или излучение данных в 0,7 до 2,5 мкм.
Спектроскопия комбинационного рассеяния Raman Spectroscopy	Лазерный свет используется, чтобы вызвать излучение переходов вблизи уровня колебания
Фотоакустическая спектроскопия Photoacoustic Spectroscopy	Лазерное колебание жидкости используется для генерации звукового отклика и настройки лазерного спектра
Изменения рассеивания Scatter Changes	Рассеивание света применяется для указания на изменение в материале
Поляризационные изменения Polarization Changes	Наличие глюкозы в жидкости вызывают поляризацию в проходящем свете
Mid-Infrared Spectroscopy Mid-Инфракрасная спектроскопия	Поглощение или излучение данных в области 2,5 мкм - 25 мкм

Метод ближней инфракрасной спектроскопии – один из самых простых для реализации в глюкометре. Спектр оптического поглощения глюкозы в крови человека сложный: он имеет ряд полос поглощения в видимой и инфракрасной областях спектра, по интенсивности которых можно измерять концентрацию глюкозы. Реализация остальных методов на сегодняшний день неэкономична в связи с дороговизной применяемых компонентов для проведения тех или иных измерений, а также размер подобных устройств слишком большой по сравнению с бытовыми глюкометрами, что не позволит их брать с собой в дорогу. И для проведения таких измерений необходимы лабораторные условия.

Рассмотрим подробнее метод ближней инфракрасной спектроскопии. На рисунке 1 представлен оптический спектр поглощения глюкозы в крови человека.

В оптическом диапазоне спектра поглощения глюкозы характерны три максимума: 840; 940 и 1045 нм. В то же время максимум в спектре поглощения воды составляет 960 нм. Наиболее приемлемый максимум поглощения глюкозы 940 нм. Этому максимуму не мешает поглощение кожи человека, поглощение воды, содержащейся в разных слоях кожи, наличие других компонентов, входящих в ее состав. Для этой области существуют специальные оптические излучатели и оптические приёмники. Однако данный метод, как и большинство неинвазивных методов определения уровня глюкозы, обладает рядом проблем, связанных с необходимостью периодической калибровки с использованием эталонного инвазивного метода и сложностью индивидуальной калибровки прибора [6].

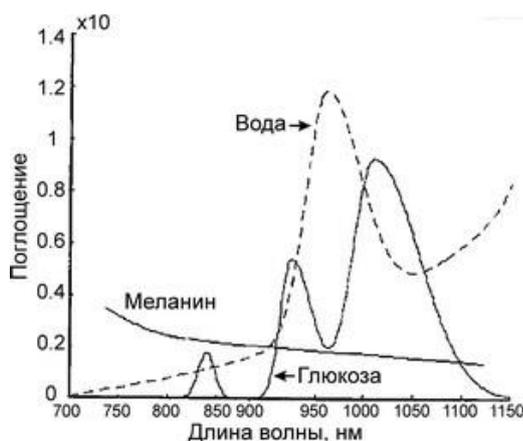


Рисунок 1 – Оптический спектр поглощения глюкозы в крови человека

Существующие недостатки не остановили нас в попытке создать экспериментальный образец неинвазивного глюкометра, использующий вышеописанный метод. В итоге прибор представляет собой аппаратно-программный комплекс. Аппаратная часть устройства состоит из датчика (инфракрасный излучатель – инфракрасный приёмник) в виде прищепки, чтобы лишний свет не попадал на приёмник, и микроконтроллера, обрабатывающего полученные данные.

В качестве оптического излучателя используется светодиод ВІR ВМ 1331 с параметрами: длина волны – 940 нм, ток потребления – 80 мА при напряжении 5 В. В качестве оптического приёмника – фотодиод типа ВL-L3522PD, имеющий параметры: длина волны – 940 нм, ток потребления – $I = 0,55$ мА при напряжении $U = 5$ В. Управление всей логикой представлено на микроконтроллере АТmega328, так как он наиболее популярен, имеет достаточно высокую производительность и низкое энергопотребление. Для управления функционалом применяются кнопки, отображение результатов происходит на ЖК-дисплее LCD1602.

Использование данного метода предполагает определение аналитической точности получаемых результатов и необходимость калибровки значений. Были проведены серии вычислительных экспериментов. В течение двух недель проводился контроль уровня сахара в крови инвазивным домашним глюкометром. Измерения проводились трижды: натощак, тридцать минут после еды и два часа после приёма пищи. Параллельно считывались девять значений, получаемых с датчика неинвазивного глюкометра. В таблице 2 представлены некоторые результаты, полученные в ходе данных двухнедельных измерений.

Таблица 2 – Результаты первой серии измерений

Инвазивный метод, ммоль/л	Неинвазивный метод, В								
	5,5	3,91	3,93	3,87	3,90	3,94	4,05	3,91	3,88
6,3	4,15	4,21	4,14	4,00	4,10	3,95	4,12	4,19	4,17
5,2	3,86	3,90	4,00	3,92	3,79	3,80	3,86	3,84	3,88
5,0	3,89	3,92	3,79	3,80	3,86	3,85	3,88	3,92	3,93
7,0	4,40	4,37	4,45	4,50	4,46	4,40	4,44	4,38	4,42
5,7	4,01	4,00	3,95	3,98	3,97	4,05	4,10	4,02	4,00
4,9	3,84	3,85	3,88	3,82	3,84	3,77	3,75	3,86	3,80
6,6	4,25	4,21	4,30	4,29	4,26	4,31	4,30	4,26	4,12
5,6	3,96	3,97	4,05	3,97	4,05	3,85	3,88	4,00	3,97
5,8	4,01	3,99	3,97	4,04	4,12	4,03	4,22	3,99	4,02
7,4	4,64	4,70	4,71	4,66	4,57	4,61	4,76	4,51	4,56
6,0	4,03	4,05	4,10	4,01	3,98	4,08	4,06	4,02	4,11

Обнаружено, что среди значений, полученных неинвазивным глюкометром, были те, которые значительно отличались от остальных. Для выяснения причины этих отклонений было проведено несколько дополнительных тестов.

В первую очередь мы определили влияние движение кисти человека на получаемые результаты. Если в состоянии покоя (кисть руки неподвижна) результат при уровне глюкозы в крови 5,5 ммоль/л составлял 3,93 В, то при движении – 4,2 В. Отклонения результатов измерений составили до 5 %.

Далее мы проверили влияние температуры рук исследуемого. Тёплые руки человека при уровне глюкозы 5,5 ммоль/л давали результат 3,91–3,94 В, холодные руки – 3,85–3,9 В. Отклонения составили до 5 %. Влажные руки человека характеризуются большим разбросом получаемых результатов: ± 1 В при нормальном значении в 3,93 В (сухие руки).

Следующим этапом стало проведение измерений неинвазивным глюкометром для другого испытуемого, полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты второй серии измерений

Инвазивный метод, ммоль/л	Неинвазивный метод, В								
	5,3	3,51	3,55	3,48	3,50	3,55	3,48	3,52	3,50
6,9	4,01	3,99	3,95	3,98	4,07	4,05	4,08	4,05	4,01
4,9	3,32	3,35	4,27	3,38	3,36	3,28	3,30	3,34	3,31
5,5	3,55	3,56	3,50	3,62	3,55	3,49	3,54	3,51	3,49
7,1	4,04	4,01	3,99	3,99	4,07	4,12	4,08	4,11	4,12
6,0	3,71	3,68	3,67	3,73	3,66	3,75	3,69	3,70	3,71

Для сравнения полученных результатов выполнена их статистическая обработка, результаты сведены в таблицы 4 и 5.

Таблица 4 – Обработанные данные первой серии измерений

Инвазивный метод, ммоль/л	Неинвазивный метод, В	
	Среднее арифметическое	Среднеквадратичное отклонение
5,5	3,92	0,055
6,3	4,11	0,087
5,2	3,87	0,064
5,0	3,87	0,051
7,0	4,42	0,042
5,7	4,01	0,045
4,9	3,82	0,043
6,6	4,26	0,060
5,6	3,97	0,067
5,8	4,04	0,079
7,4	4,64	0,081
6,0	4,05	0,043

Таблица 5 – Обработанные данные второй серии измерений

Инвазивный метод, ммоль/л	Неинвазивный метод, В	
	Среднее арифметическое	Среднеквадратичное отклонение
5,3	3,51	0,027
6,9	4,02	0,044
4,9	3,43	0,315
5,5	3,53	0,042
7,1	4,06	0,053
6,0	3,7	0,029

Для визуализации различий результатов измерений у двух испытуемых, полученные результаты представим в графическом виде. На рисунке 2 представлены графики зависимости значений неинвазивного метода от значений инвазивного.

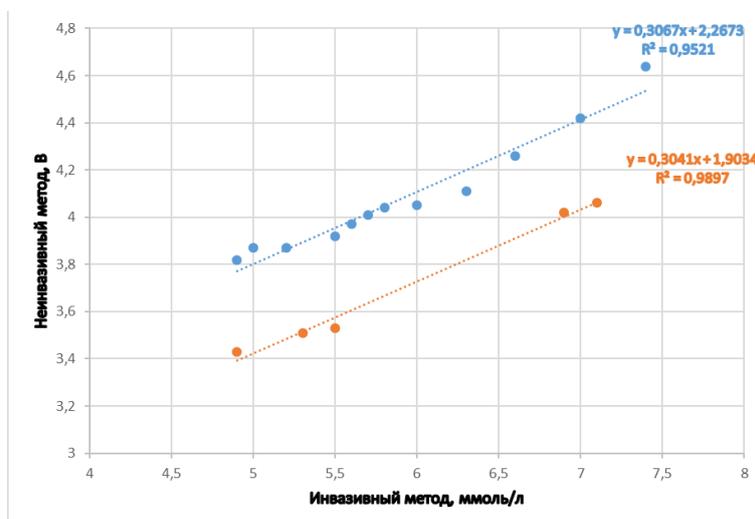


Рисунок 2 – Графики зависимостей показателей неинвазивного и инвазивного измерений

Несмотря на существенные различия значений в двух сериях проведенных экспериментов, корреляционный коэффициент при линейной аппроксимации зависимостей в обоих случаях стремится к 1. Таким образом, можно сделать вывод о линейном характере зависимости результатов, полученных классическим инвазивным методом и методом ближней инфракрасной спектроскопии.

Целью дальнейших исследований является выявление факторов, влияющих на показания неинвазивного глюкометра. В частности, при визуальном сравнении двух испытуемых наблюдались следующие различия: телосложение, цвет кожи, ее толщина (грубость). Так или иначе, применение неинвазивного глюкометра однозначно требует индивидуальной его калибровки.

Список использованных источников

1. МГБСМП [Электронный ресурс] / Сахарный диабет. Актуальность проблемы – Режим доступа: <https://www.mgbsmp.by/informatsiya/informatsiya-dlya-patsientov/543-sakharnyj-diabet-aktualnost-problemy> – Дата доступа: 25.10.2022.

2. ГУЗ «Городская поликлиника №3 г. Гродно» / Гипогликемия – истинная и ложная – Режим доступа: <http://www.3grp.by/hls/page-doctors/page-endocrinologist/727/> – Дата доступа: 25.10.2022.

3. Медицинский онлайн-справочник MSD Manuals [Электронный ресурс] / Diabetes Mellitus (DM) – Режим доступа: <https://www.msmanuals.com/en-sg/professional/endocrine-and-metabolic-disorders/diabetes-mellitus-and-disorders-of-carbohydrate-metabolism/diab-etes-mellitus-dm> – Дата доступа: 25.10.2022.

4. Томский политехнический университет, VI научно-практическая конференция [Электронный доступ] / Неинвазивные методы измерения сахара в крови – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/53086006.pdf> – Дата доступа: 25.10.2022.

5. Мой диабет [Электронный доступ] / Определение уровня сахара в крови через слюну – Режим доступа: <https://moidiabet.ru/news/opredelenie-urovnja-sahara-v-krovi-cherez-sljunu> – Дата доступа: 25.10.2022.

6. БГУИР, 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов [Электронный доступ] / Метод неинвазивного определения уровня глюкозы в крови – Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/32913/1/Krivosos_Metod.pdf – Дата доступа: 25.10.2022.

UDC 004.383::611.85

BALANCE THERAPY GAMIFICATION BASED ON STABILOTRAINER WITH MOBILE ACCESS

A.V. Lyutch

Brest State Technical University, Brest, Belarus

This article is devoted to the gamification of balance therapy based on stabilotrainer with mobile access, with the preservation of training results on a cloud server and the differentiation of access to a remote database. Variants of game training are considered.

The stabilotrainer is an electronic device that allows you to develop movement coordination, body sensitivity and concentration. Exercises on a Stabilotrainer help to improve the sensitivity of the feet and leg muscles, coordination of movements, reaction speed and physical dexterity.

Earlier, the concept of a biofeedback stabilotrainer oriented for home use was proposed [1].

The following structure of the complex was justified:

- stabilometric platform with mobile access;
- control unit – a portable device (laptop or smartphone) that receives data from the stabilometric platform and controls the system;
- data display device (external monitor) – displays the instructions and training results;
- server – synchronizes the control device and the data display device, stores the results of trainings.

It is convenient to save the results of the training sessions on a cloud server – it will allow users to access the studies from any device, as well as provide an opportunity to maintain a database of users. Authorization and user registration service will allow each user to have his own set of saved results, as well as differentiate access to the database.

The ability to manage the simulator remotely allows the instructor to regulate the training process by continuously monitoring the condition of the trainee and the dynamics of the training process. In addition, the evaluation of process dynamics can be automated, based on the data continuously obtained during training. The stabilometric platform is able to assess the degree of tiredness, which can help to improve the effectiveness of ongoing training without compromising health.

Typical exercises on stabilotrainer are:

- hold in the center – this is an exercise for maximum stability – you need to hold the cursor as close to the center of the circle as possible;
- bypassing the circles – by changing the center of gravity of your body you need to place the cursor in the center of each circle displayed on the monitor in turn;
- slalom – it is necessary to follow the sinusoidal guide as precisely as possible.

In general, there are the following control possibilities [2]:

- changing the duration of the workout – up to the onset of physical tiredness;
- changing the scale of displayed processes;
- change of success criterion;
- change of frequency of task changes.

Changing the scale in the exercise "Target" makes it possible to consistently narrow the zone of permissible deviations (see Figure 1).

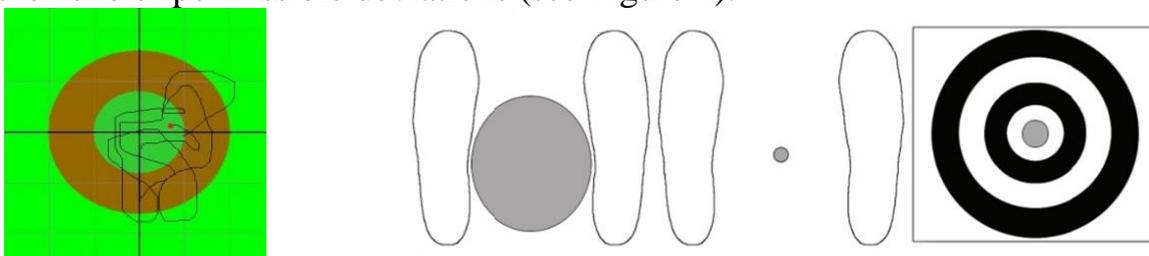


Figure 1 - Scale changing in the test "Target"

At the initial stages of training it is advisable to scale up so that in the patient's coordinates such a target occupies almost the entire area of support. As the motor skill is practiced, the stabilometric platform will record fewer and fewer instances of the trainee's center of pressure leaving the target, and at the right moment the stabi-

lotrainer will be able to independently decide to change the scale towards narrowing the target.

For the exercise “Slalom” it is possible to adjust the width of the permissible deviation and the sinusoid parameters in the same way.

By introducing multimedia games into training for athletes, for rehabilitation patients, or for balance therapy, variety and additional motivation in passing the tests are created. The patient (the trainee), controlling what is happening on the screen with his own body movements, plays the role of a kind of game manipulator. For example, in the game "Labyrinth", the user can be tasked to pass it in a certain time, gradually complicating the levels of the game (Figure 2).



Figure 2 - Concept of the game "Labyrinth" in the stabilotrainer

One way or another, the gamification of balance therapy can be implemented on the basis of a stabilometric platform with mobile access. In this case, one can either create a game story and the application itself from scratch, or use existing games available in the public domain, replacing the input data in them with the data obtained from the stabilometric platform.

References

1. Лютыч А. В. Стабилотренажер с биоуправлением по опорной реакции // Сборник курсных научных работ студентов и магистрантов Ч.1 / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н.Н. Шалобыта [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2022. – С. 101–105.

2. Стабилметрическое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://biomera.ru/upload/biblio/skvortcov_preprint.pdf – Дата доступа: 25.10.2022.

УДК 656.13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПОСРЕДСТВОМ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА

Е.В. Швецова, В.Н. Шуть, Е.Е. Пролиско

Брестский государственный технический университет, Беларусь, Брест,
helengood@gmail.com, lucking@mail.ru, prolisko@mail.ru

Information technologies are used in various areas of human activity, including the organization of passenger transportation, allowing you to track changes in passenger traffic in real time and carry out adequate dispatching of the transportation process. The proposed work describes the concept of a robotic passenger transport system based on unmanned electric vehicles, in which the organization of the transportation process is based on the use of information technology and intelligent algorithms for processing the received information in real time.

Городская пассажирская транспортная на базе беспилотных транспортных средств. Подробно концепция транспортной системы описана в работах [1-4]. Основной транспортной единицей является беспилотный электрокар небольшой вместимости (до 30 человек), называемый инфобусом (рисунок 1).

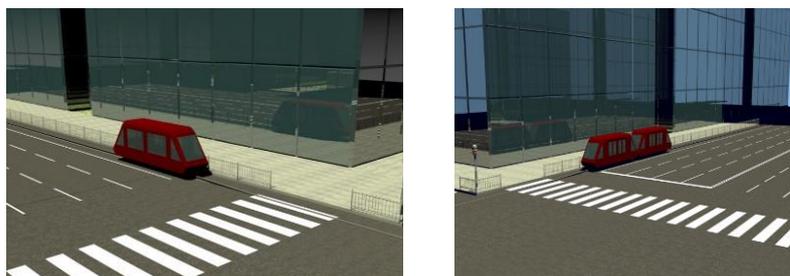


Рисунок 1 – Инфобус и кассета инфобусов

Каждый инфобус оснащен бортовой системой управления, получающей команды от единого информационного сервера. Инфобусы передвигаются как автономно, так при необходимости объединяясь в кассеты. Здесь под кассетой инфобусов понимается совокупность электрокаров, объединяющихся на определенном участке маршрута в единое транспортное средство, в котором пассажиры могут за время движения перейти по необходимости из одного инфобуса в другой и продолжить в нем дальнейшее движение после его отсоединения от кассеты. Движение инфобусов происходит по фиксированному маршруту (рисунок 2). Начинается из Накопителей, находящихся в начале и конце маршрута, в которых электрокары осуществляют подзарядку.

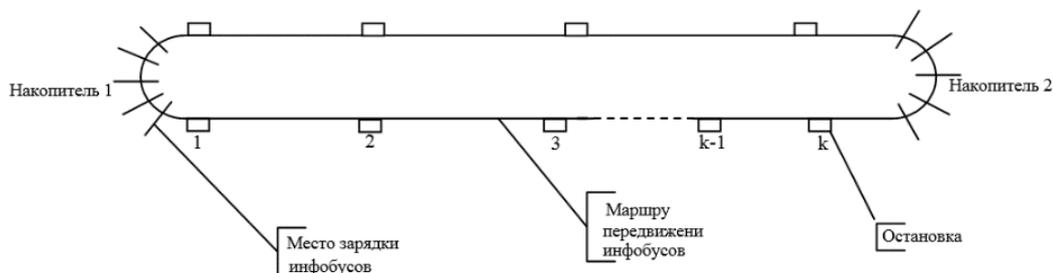


Рисунок 2 – Маршрут движения инфобусов

Сбор заявок от пассажиров на перевозку осуществляется через терминалы, располагающихся на остановках маршрута (рисунок 3).



Рисунок 3 – Терминалы на остановках

Поданная заявка моментально поступает в информационную систему единого управляющего сервера транспортной системы и сразу же фиксируется в матрице корреспонденций (рисунок 4), являющейся информационной основой организации перевозочного процесса. Матрица имеет размер $k \times k$ (по числу остановок маршрута). Каждый элемент $m_{ij}, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k}$ матрицы содержит число пассажиров, желающих ехать с остановки i на остановку j .

$$M_z = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{34} & \dots & m_{3j} & \dots & m_{3k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4 – Матрица корреспонденций

Всякий раз при поступлении новой заявки на перевозку с остановки i на остановку j сервер проверяет соблюдение условия достаточности накопления заявок по данной корреспонденции:

$$m_{ij} \geq a * V, a \in [0.8, 1), i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k}, \quad (1)$$

где a - коэффициент эластичности, используемы для обеспечения резерва мест для пассажиров, которые могут подойти на остановку к моменту появления там транспортного средства.

При накоплении достаточного числа заявок на перевозку (1) по корреспонденции $i-j$ информационный сервер фиксирует матрицу корреспонденций и по ней составляется план перевозки, в котором определяется число инфобусов, участвующих в перевозке; для каждого инфобуса идентификационный номер, график движения [5,6] и остановки посадки – высадки пассажиров. Сформированные планы перевозки пересылаются для их исполнения бортовым системам инфобусов.

Алгоритм составления плана перевозки по матрице корреспонденций. Рассмотрим на примере один из алгоритмов составления плана перевозки по

зафиксированной сервером матрице корреспонденций, представленной на рисунке 5. В примере маршрут состоит из 14 остановок, объем инфобуса $V=25$. Данный алгоритм выделяет в матрице элемент, удовлетворяющий условию (1), называемый критическим элементом, и для него составляется план перевозки, который еще предполагает дополнительный попутный подвоз пассажиров помимо «пассажиры критического элемента».

Элемент, удовлетворяющий условию (1) $m_{59} = 20$, это указывает на то, что с пятой на девятую остановку маршрута будет перевезено без остановок как минимум 20 пассажиров. При движении от Накопителя к пятой остановке инфобус может произвести дополнительный подвоз. Для его организации анализируются элементы $m_{i5}, i = \overline{1,4}$. В данном случае для дополнительного подвоза на пятую остановку будут взяты пассажиры с первой, третьей и четвертой остановок. А так же анализируются на возможность перевозки элементы m_{13}, m_{14}, m_{34} , т.к. инфобус может осуществить перевозку с первой на третью и четвертую остановки, с третьей на четвертую. Выбранные алгоритмом элементы выделены в матрице, представленной на рисунке 5.

$$M_z = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \boxed{2} & 11 & \boxed{15} & 3 & 3 & 3 & 7 & 1 & 0 & 1 & 0 & 11 \\ 0 & 0 & 3 & 1 & 14 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & \boxed{1} & \boxed{3} & 6 & 2 & 0 & 3 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \boxed{4} & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 4 & 2 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 8 & \boxed{20} & 1 & 7 & 5 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 7 & 1 & 0 & 7 & 2 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 & 4 & 2 & 0 & 2 & 1 & 14 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 2 & 7 & 6 & 1 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \boxed{6} & 10 & \boxed{5} & 4 & \boxed{12} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 & \boxed{1} & 1 & \boxed{1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & \boxed{11} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5 – Зафиксированная матрица корреспонденций

Аналогичным образом дополнительный подвоз будет осуществлен с девятой, десятой и двенадцатой остановок на четырнадцатую.

В результате основной подвоз пассажиров с пятой на девятую остановки будет произведен в режиме такси (без остановок) и при этом на других участках маршрута транспортное средство произведет еще дополнительный подвоз пассажиров, что сделает перевозку более экономически эффективной. Не выбранные алгоритмом для перевозки элементы матрицы возвращаются в базу данных и принимают участие в формировании следующей матрицы.

Заключение. Предложена новая технология городских пассажирских перевозок, которая способна адаптивно реагировать на изменения спроса на перевозку за счет активного использования возможностей информационных систем для оперативного сбора и анализа данных.

Список использованных источников

1. Shviatsova A. The smart urban transport system based on robotic vehicles / A. Shviatsova, V. Shuts // Artificial Intelligence. – Kiev: Science and Education, 2019. – №3-4(85-86). – P. 40-49.
2. Швецова Е.В. Пассажирская транспортная система для новой городской мобильности/ Е.В. Швецова, Т.А. Глущенко // Новые математические методы и компьютерные технологии

в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы XXIII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов, Гомель, 23–25 марта 2020 . – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2020. – С. 181-182.

3. Shviatsova A. The Smart Urban Transport System / A. Shviatsova, V. Shuts// Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19-22 Feb. 2020. – Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. – P. 349-352.

4. Shuts, V. System of urban unmanned passenger vehicle transport / V. Shuts, A. Shviatsova // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, Ternopol, 28-29 May 2019. – Ternopol: TNTU, 2019 – С. 174-184

5. Shuts V. The drawing up of the motion schedule in the intelligent urban passenger transport system / V. Shuts, A. Shviatsova // Artificial Intelligence. – Kiev: Science and Education, 2021. – №2. – P. 104-109.

6. Швецова Е.В. О построении графика движения транспортных средств в городской пассажирской транспортной системе / Е.В. Швецова, В.Н. Шуть // Вестник БелГУТа: Наука и Транспорт. – Гомель: 2021. – № 2. – С. 21-24.

Научное издание

**ЦИФРОВАЯ СРЕДА:
ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

ДЕТР 2022

**Сборник материалов
международной научно-практической конференции**

Текст печатается в авторской редакции, орфографии и пунктуации

Ответственный за выпуск: Разумейчик В. С.
Редактор: Митлошук М. А.
Компьютерная верстка: Митлошук М. А.

Издательство БрГТУ.
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569 от 16.10.2017 г.
Подписано в печать 28.11.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 9,07. Уч. изд. л. 9,75. Заказ № 1280. Тираж 100 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-570-6

