

Для цитирования: А.А. Олейников, А.А. Сорокин, И.А. Береснев. Система поддержки принятия решения для оценки элементов систем передачи данных. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020; 47(2): 86-97. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-86-97

For citation: A. A. Oleynikov, A. A. Sorokin, I. A. Beresnev. Decision support system for evaluating the elements of data transmission system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47 (2): 86-97. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-86-97

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

УДК 004.6+004.3654.1

DOI: 10.21822/2073-6185-2020-47-2-86-97

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Олейников А.А.^{1,2}, Сорокин А.А.¹, Береснев И.А.²

¹Астраханский государственный технический университет,

¹414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Россия,

²АО «Южный центр судостроения и судоремонта»,

²416111, Астраханская область, г. Нариманов, ул. Береговая, д. 3, Россия

Резюме. Цель. В настоящее время, строительство сетей передачи данных ускоряется и для поддержания их в актуальном состоянии требуется своевременное обслуживание, ремонт и модернизация сетевого оборудования. В этой статье мы предоставляем поэтапное описание системы поддержки принятия решения для оценки элементов систем передачи данных, которые используются для повышения эффективности обслуживания сетей электросвязи. **Метод.** В исследовании использовались методы системного анализа, теории нечетких множеств, нейронных сетей, теории графов и математического моделирования. **Результат.** Разработана система поддержки принятия решений для оценки эксплуатационных состояний элементов систем передачи данных в процессе эксплуатации сетевой инфраструктуры оператора связи. **Вывод.** Разработанная система поддержки принятия решения позволит снизить нагрузку на высококвалифицированный персонал и повысить качество принимаемых решений при развитии сетей передачи данных.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, элементы систем передачи данных, телекоммуникационная сеть, нечеткая логика, нейронные сети

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EVALUATING THE ELEMENTS OF DATA TRANSMISSION SYSTEMS

A.A. Oleynikov^{1,2}, A.A. Sorokin¹, I.A. Beresnev²

¹Astrakhan State Technical University,

¹16 Tatischeva St., Astrakhan 414056, Russia,

²South Center for Shipbuilding and Ship Repair JSC,

²3 Beregovaya St., Astrakhan region, Narimanov 416111, Russia

Abstract. Aim. At present, the construction of data transmission networks is undergoing rapid development, which actualized the problem of the timely maintenance, repair, and modernization of network equipment. This article provides a step-by-step description of the decision support system for evaluating the elements of data transmission systems used to improve the efficiency of telecommunication network maintenance. **Method.** The research methodology involved the methods of system analysis, fuzzy set theory, neural networks, graph theory, and mathematical modelling. **Results.** A decision

support system was developed for evaluating the operational state of the elements of data transmission system during operating the network infrastructure of a communications service provider. **Conclusion.** The developed decision support system reduces the workload of highly qualified personnel and improves the quality of decisions made during the development of data transmission networks.

Keywords: decision support system, elements of data transmission systems, telecommunications network, fuzzy logic, neural networks

Введение. Развитие сетей передачи данных влечёт увеличение числа компетентных сотрудников, в штате операторов связи, способных своевременно принимать обоснованные решения по модернизации и ремонту. Масштабы сетей некоторых операторов, особенно федерального уровня, имеют значительную зону покрытия. Оборудование, используемое на таких сетях, в большинстве своем имеет схожие эксплуатационные параметры, в этом случае прослеживается необходимость автоматизации принятия однотипных решений, не требующих глубокого анализа [1, 5-7]. В основе предлагаемого к рассмотрению исследования лежат алгоритмы принятия решения по развитию сети доступа оператора связи и мониторинга состояния элементов систем передачи данных (ЭСПД) после внедрения проекта модернизации [2-4, 8-16].

Постановка задачи. Цель работы заключается в разработке системы поддержки принятия решения для оценки эксплуатационного состояния элементов систем передачи данных.

Методы исследования. Принятие решений по развитию сети доступа. Во время анализа данных, при изменении эксплуатационной нагрузки на ЭСПД, возможно возникновение не классифицируемых состояний. В алгоритме предусматривается использование обратных связей для снижения уровня принятия ошибочных решений. Первая обратная связь, в случае неправильной классификации, на основе динамики данных, поступающих в реальном времени от конкретного ЭСПД, предусматривает повторную кластеризацию для определения новых классов оборудования распределенных по текущим эксплуатационным состояниям (рис. 1.).

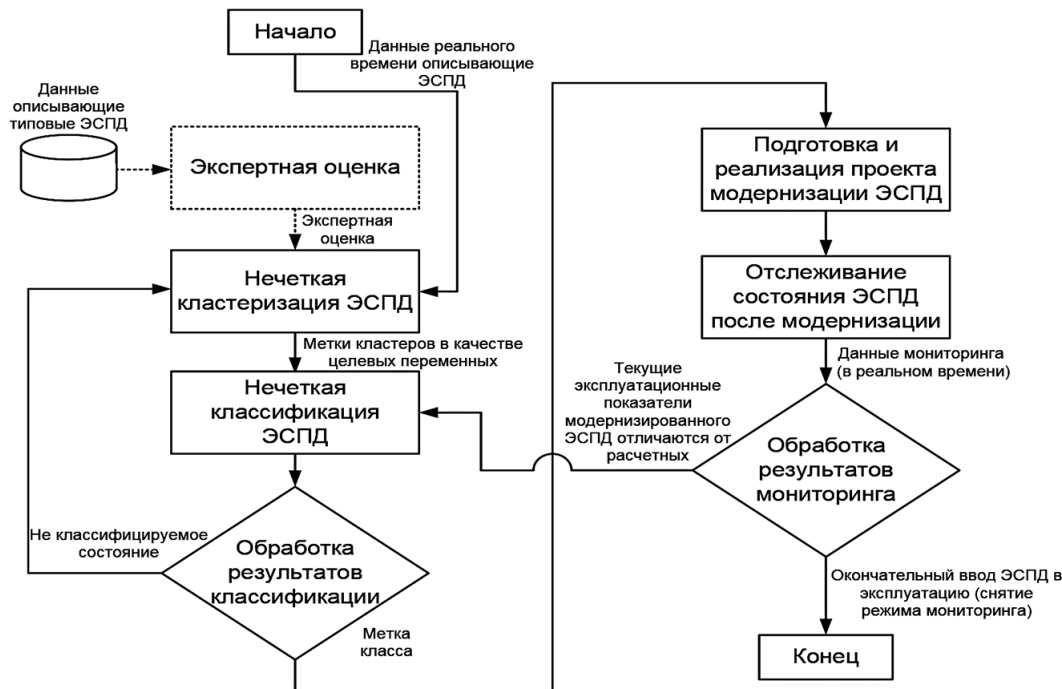


Рис. 1. Алгоритм оценки состояния ЭСПД

Fig. 1. The algorithm for assessing the state of EDTS

Вторая обратная связь связывает блок мониторинга и блок нечёткой классификации. Здесь происходит контроль эксплуатационных параметров модернизированного оборудования. Если отсутствует факт превышения показателей в установленный период, проект вводится в окончательную эксплуатацию и снимается с мониторинга.

Алгоритм предусматривает повторную классификацию, а в случае увеличения уровня влияния иных эксплуатационных параметров на повторную кластеризацию. При работе алгоритма изменение функций принадлежности и нечётких продукционных правил происходит в автоматическом режиме.

Алгоритм усиленного мониторинга состояния элементов систем передачи данных после модернизации. Учитывая социотехническую природу систем передачи данных, требуется обращать внимание на изменения уровня востребованности услуг на модернизированном оборудовании в зависимости от изменения факторов социального характера.

Необходимость контроля эксплуатационного состояния ЭСПД возникает при увеличении спроса на предоставление услуг при подключении абонентов через модернизированный элемент сети.

Наиболее актуальные данные можно получить в часы пиковых нагрузок согласно алгоритму, показанному на рис.2.

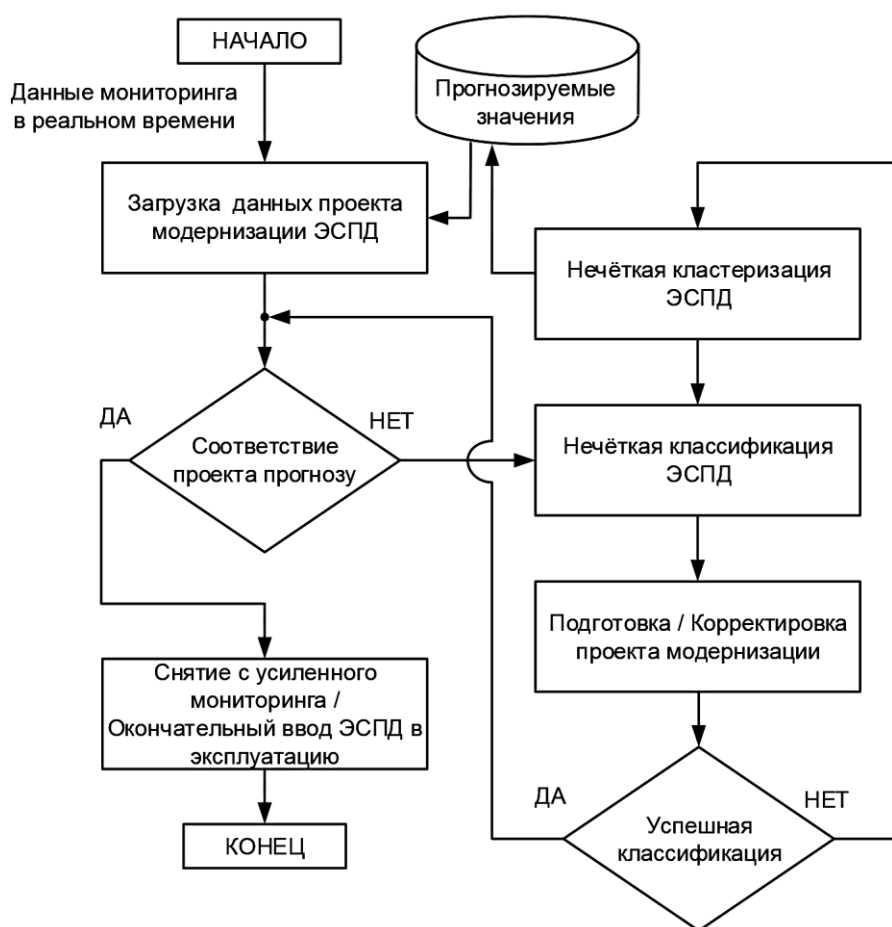


Рис. 2. Алгоритм усиленного мониторинга состояния ЭСПД после модернизации
Fig. 2. The algorithm for enhanced monitoring of the state of EDTS after modernization

По завершении работ по модернизации ЭСПД, элемент ставится на усиленный мониторинг. Данные реального времени от анализируемого оборудования, сравниваются с прогнозными значениями. Если полученные показатели соответствуют требуемым нормативам в течение установленного периода времени, ЭСПД снимается с усиленного мониторинга. В противном случае, производится анализ состояния ЭСПД путём нечёткой классификации. При отсутствии возможности отнести ЭСПД к одному из эксплуатационных классов, производится новая группировка путём нечёткой кластеризации, сопровождающаяся наполнением базы данных сведениями, используемыми при определении сроков модернизации.

Состав системы поддержки принятия решения. Диагностика ЭСПД представляет собой установление актуального состояния элемента, путем соотнесения с некоторым классом эксплуатационного состояния. Класс описывает состояние на основании заданных критериев в предварительно обобщенной форме совокупности состояний.

На начальном этапе производится анализ и распознавание данных. На их основе выявляются признаки состояний ЭСПД и формируются их наборы. В этот момент формируется вектор состояний. Низкая чувствительность алгоритма классификации состояний затрудняет учёт изменений при оценке ЭСПД в переходных состояниях, при изменении класса. Для этого требуется дополнительное уточнение эксплуатационных состояний ЭСПД.

На следующем этапе происходит сравнение анализируемых и проверочных данных. На этом этапе принимается решение о соотнесении одного из классов, характеризующих состояние с анализируемым ЭСПД.

Классификация элементов, имеющих пограничные состояния происходит за счет использования нечёткой кластеризации, позволяющей определять принадлежность классифицируемых ЭСПД к нескольким классам с разной степенью.

На этом основании предлагается система поддержки принятия решений (СППР), для оценки состояния и мониторинга ЭСПД структура которой представлена на рис.3.

В состав СППР входят следующие блоки:

«Блок экспертной оценки» использует для работы данные ретроспективного характера, обрабатываемые с привлечением экспертных групп.

В нем формируются классы для последующей группировки блоком нечёткой кластеризации по эксплуатационным состояниям ЭСПД, требующим проведения мероприятий по поддержанию работоспособности оборудования.

Перечень классов представлен в табл.1.

Таблица 1. Классы эксплуатационных состояний ЭСПД
Table 1. Classes of operational states of EDTS

Название класса Class name	Описание Description	Значимость Relevance
Class 1	Проведение работ не требуется No work required	Низкая Low
Class 2	Модернизация необходима в течение 3 лет Retrofitting required within 3 years	Средняя Average
Class 3	Модернизация необходима в течение 1 года Upgrades are required within 1 year	Высокая High
Class 4	Требуется немедленная модернизация Immediate upgrade required	Очень высокая Very high

Длительность временных периодов была выбрана экспертной группой на основе параметров имеющих высокую значимость в процессе эксплуатации сети (табл. 1).

Также блок осуществляет формирование базы нечётких продукционных правил, применяемых при нечёткой классификации. Далее выбираются факторы, в лучшей степени, описывающие эксплуатационное состояние конкретного типа ЭСПД, и формализуются в виде массива входных переменных $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$.

«Блок нечёткой кластеризации» обрабатывает данные ретроспективного характера и данные, поступающие в реальном времени. Эти данные подвергаются группировке на основании рекомендаций, полученных от экспертов в блоке экспертной оценки.

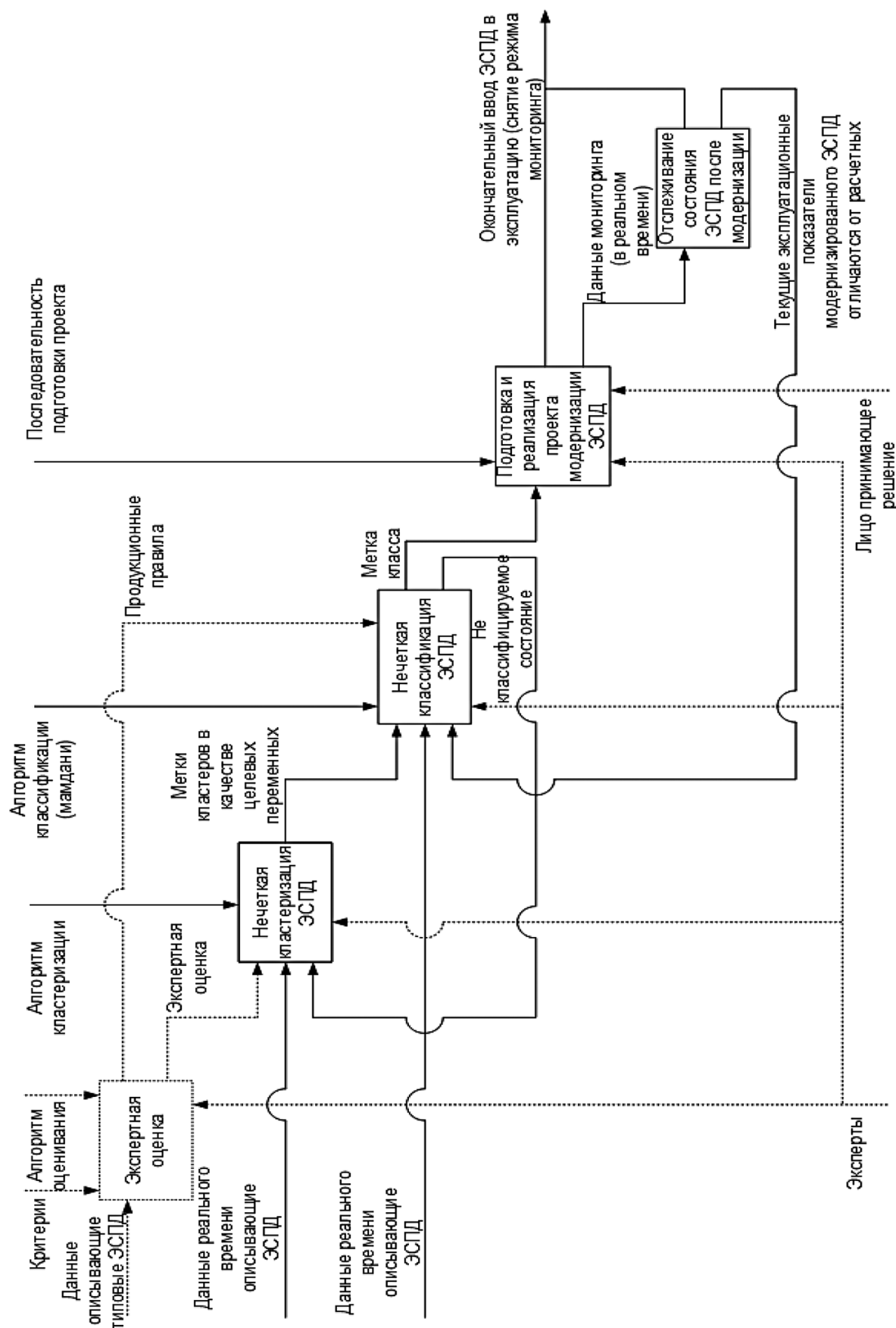


Рис. 3. Обобщенный вид системы поддержки принятия решения по оценке состояния ЭСПД
 Fig. 3. A generalized view of the decision support system for fssessing the status of EDTs

При работе алгоритма нечёткой кластеризации, fuzzyc-means, получаем метки кластеров, в виде массива.

Далее этот массив передается блоку нечёткой классификации в качестве целевой функции:

$$T_{fuzzy}(U, q, n) = \sum_{i=1}^V \sum_{j=1}^q z_{ij}^n \rho^2(\gamma_i, \varepsilon_j),$$

где $U \subset R^a$ - данные для обучения векторов; $i \in V: 1 \leq i \leq w$ - номер вектора набора данных для обучения; $q \in V$ - количество кластеров; $j \in V: 1 \leq j \leq q$ - номер кластера; $\varepsilon_j \in R^a$ - центр-ид кластера с номером j , a вектор величины; $n \in R: n > 1$ - степень нечеткости целевой функции; z_{ij} - степень принадлежности объекта i к кластеру j ; $\rho(\gamma_i, \varepsilon_j)$ - функция расстояния, определяющая степень принадлежности вектора γ_i кластеру j ; T_{fuzzy} - значение целевой функции.

Блок нечёткой кластеризации на выходе предоставляет массив данных, описывающих центры кластеров. Они служат одним из входных параметров при работе блока нечёткой классификации.

«Блок нечеткой классификации», определяет степень принадлежности состояний ЭСПД к элементам массива меток кластеров:

$$\mu(a) = \frac{1}{\sum_{w=1}^L [\prod_{j=1}^G \gamma_M^{(w)}(a_i)]} \sum_{g=1}^L [\prod_{j=1}^G \gamma_M^{(w)}(a_i)] [p_{g0} + \sum_{j=1}^G p_{gj} a_j],$$

где L - число правил; G - количество входных переменных a_j ; $\gamma_M(a_i)$ - алгебраическое произведение w -го правила; $p_{g0} \dots p_{gj}$ - параметры.

Состояние ЭСПД соотносится с одним из четырёх классов эксплуатационного состояния оборудования с заранее установленными экспертами сроками проведения модернизации, как это показано в табл. 1.

В «блок подготовки и реализации проекта модернизации» передается метка класса эксплуатационного состояния ЭСПД, и начинается подготовка работ, определённых на временной период, получаемый в процессе классификации.

Утвержденный и реализованный проект модернизации ставится блоком отслеживания состояния ЭСПД после модернизации на усиленный мониторинг. Он отслеживает состояние ЭСПД, проводя повторную классификацию.

В процессе мониторинга используются средства визуализации, основанные на картах Кохонена, использующих взвешенные сумматоры:

$$f_j = h_j + \sum_{i=1}^m s_{ij} t_i,$$

где f_j - выход адаптивного сумматора, h_j - порог, s_{ij} - вес на j -нейроне i -входа, t_i - многомерный входной вектор.

При соответствии состояния ЭСПД классу оборудования, не требующего модернизации, проект можно отнести к успешным, и снять ЭСПД с усиленного наблюдения. В противном случае потребуется его дополнительная оценка на основе повторной кластеризации и классификации.

Обсуждение результатов. Структуризация системы поддержки принятия решения для оценки состояния элементов сетей передачи данных.

Разработанная СППР состоит из блоков, содержащих следующие укрупнённые функциональные группы: основные программные блоки, использующие в своей работе алгоритмы и методики на базе нечёткой логики и базы данных, в которых содержатся базы знаний, сформированные с привлечением экспертной группы и базы данных, содержащие информацию о состоянии ЭСПД и пополняемые в режиме реального времени (рис. 4.).

Работа предлагаемой СППР для оценки состояния ЭСПД, предполагает участие нескольких групп специалистов оператора связи и учитывает следующие особенности:

1. Блок экспертной оценки используется на первоначальном этапе, а также этапах проверки и корректировки работы системы в связи с исследованием эффективности её работы или

ввода новых эксплуатационных параметров, позволяющих производить оценку ЭСПД более полно.

2. Лицо, принимающее решение, производит периодический контроль подготовки и реализации проекта модернизации ЭСПД.

Данный функционал становится доступен посредством использования обратных связей между блоками СППР, дающими возможность контролировать процесс классификации и вести мониторинг сети после проведения этапа модернизации в автоматическом режиме, отправляя реализованный проект модернизации для повторного анализа.

Учитывая выше перечисленное, основное время работы СППР затребовано сотрудниками с недостаточным уровнем квалификации, которые будут обмениваться информацией с системой через человеко-машинный интерфейс. Эту группу специалистов отнесём операторам СППР. Высоко квалифицированные специалисты, основных направлений деятельности предприятия связи, выступая в роли экспертов, оценивают существующие проекты модернизации и проводят наполнение баз знаний используемых нечётких моделей.

Лицо, принимающее решение (ЛПР) контролирует работу СППР, в том числе на этапе внедрения и адаптации под конкретную СПД, предоставляя рекомендации для доработки и настройки.

Итоговый список вовлекаемого персонала включает: операторов СППР; экспертов; ЛПР. В качестве дополнительного участника можно указать искусственный интеллект на основе нечеткой логики и искусственных нечетких нейронных сетей, использование которого будет происходить при решении типичных задач на основе базы знаний, содержащих результаты внедрения схожих проектов.

Базы данных системы поддержки принятия решения для оценки состояния элементов систем передачи данных и их состав. СППР для оценки состояния ЭСПД в процессе работы связаны с пятью базами данных.

В первую базу исходных проектов вносятся тип ЭСПД и ретроспективные эксплуатационные данные или данные реального времени.

Вторая база данных с критериями оценки ЭСПД сохраняет пороговые значения факторов, оказывающих наибольшее влияние, в виде входных переменных для каждого из ЭСПД. Необходимо учитывать, что тип оборудования может влиять на число и тип критериев. В зависимости от типа оборудования количество и тип критериев могут различаться.

В третьей базе знаний хранятся данные, получаемые при кластеризации в виде массива, содержащего значения центров кластеров, используемых в качестве целевой функции в процессе классификации ЭСПД. Дополнительно база содержит правила нечётких продукций, используемые при оценке и мониторинге ЭСПД.

В четвёртой базе находится программное обеспечение на основе алгоритмов, используемых при работе СППР для оценки ЭСПД. В том числе, алгоритм расчёта экспертных оценок для определения посредством ранжирования наиболее существенных факторов для последующего наполнения базы критериев.

Дополнительно база данных содержит программное обеспечение на основе алгоритмов принятия решений по развитию сети доступа оператора связи, мониторинга состояния ЭСПД после модернизации, алгоритм нечёткой кластеризации и классификации.

В пятой базе реализованных проектов сохраняются данные по проектам. Присутствует информация об их успешности, текущем состоянии и состоянии узла до модернизации. Эта информация в дальнейшем используется для автоматизации принятия однотипных решений по схожим ЭСПД.

Программные компоненты системы поддержки принятия решения для оценки состояния элементов систем передачи данных и их состав.

На рис. 4 показаны блоки СППР оценки состояния ЭСПД, которые можно условно разделить на подсистемы хранения и обработки данных.

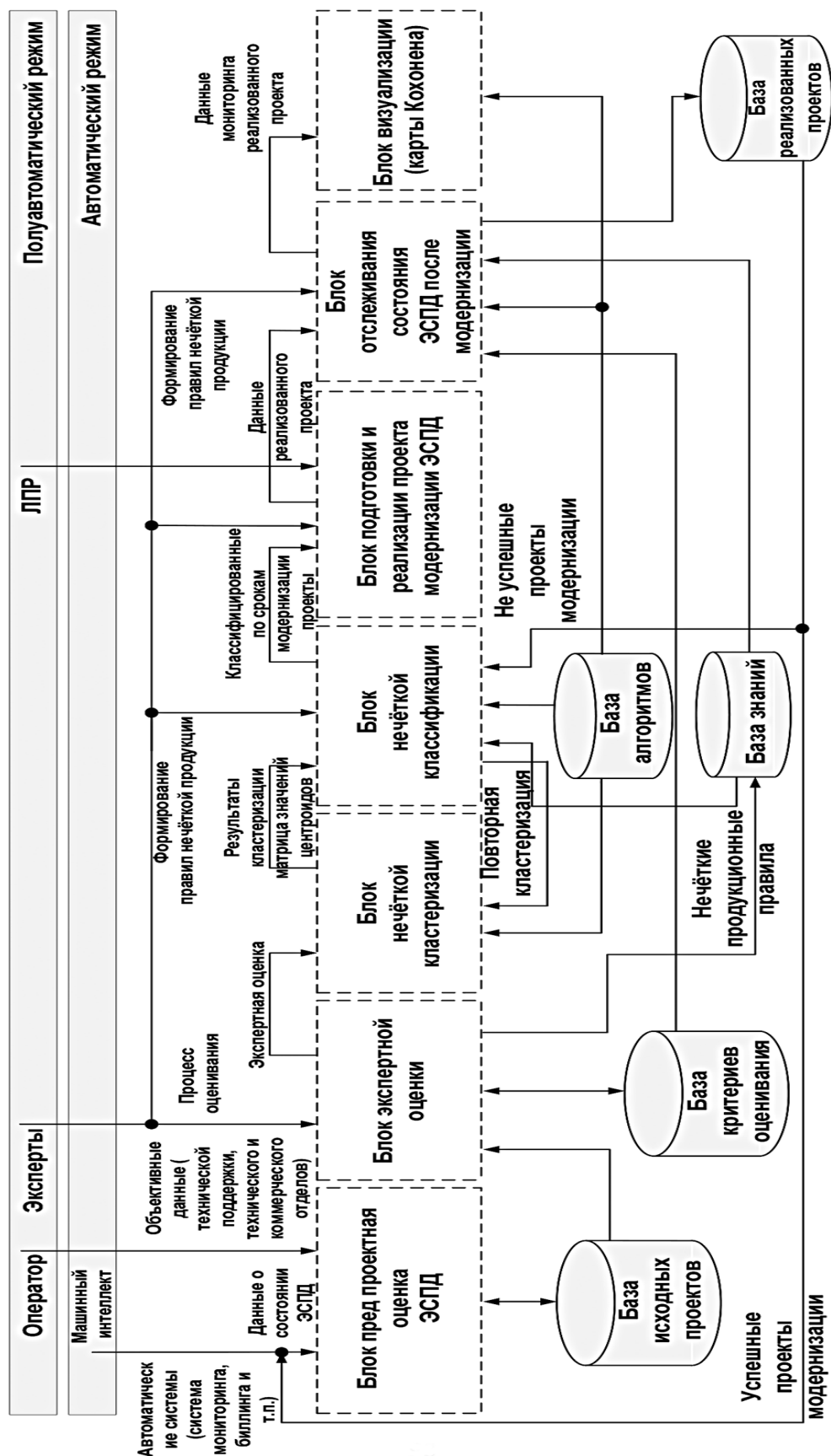


Рис. 4. Структурная схема модуля оценки состояния ЭСПД
 Fig. 4. Blok diagram of the module for assessing the state of EDTS

Блок «Предпроектная оценка ЭСПД» использует интерфейс для взаимодействия оператора и СППР для оценки ЭСПД.

В нем происходит ввод исходных данных о состоянии ЭСПД при первоначальной регистрации или корректировка существующих.

В «Блоке экспертной оценки» с использованием экспертных мнений производится выбор и оценка основных показателей по типу анализируемого ЭСПД.

В «Блоке нечёткой кластеризации» ретроспективные данные кластеризуются алгоритмом алгоритма fuzzys-means по качественным и количественным параметрам.

Полученные в процессе кластеризации массив центров кластеров передаётся в качестве целевой функции на «Блок нечёткой классификации», который принимает решения, на основе алгоритма Сугено, об отнесении ЭСПД к тому или иному кластеру, описывающему состояние ЭСПД.

«Блок подготовки и реализации проекта модернизации ЭСПД» работает с данными полученными при кластеризации, соотнося их с классами состояний ЭСПД, сформированными с участием экспертов и подготавливает проекты в соответствии с указанными приоритетами по классам (табл. 1).

В «Блоке отслеживания состояния ЭСПД после модернизации», проект модернизации ставится на усиленный мониторинг для определения уровня успешности и внесения в базу данных для последующего использования.

«Блок визуализации» использует карты Кохонена и является вспомогательным, при анализе состояний ЭСПД, специалистами, имеющими недостаточный уровень квалификации.

На начальном этапе взаимодействие с СППР для оценки ЭСПД происходит с привлечением экспертной группы и операторов, наполняющих базы данных актуальной информацией. ЛПР контролирует и согласует этот процесс.

При наполнении баз данных, данными по реализованным проектам, и другой ретроспективной информации, полученной от систем мониторинга состояния ЭСПД, биллинговых и иных систем оператора связи, работа СППР переходит в полуавтоматический режим. В этом режиме, специалисты контролируют исполнение проектов модернизации, анализ поступающих данных и принятие решений по типовым проектам производится модулем в автоматическом режиме.

Работа модуля оценки ЭСПД самостоятельно контролируется за счёт обратных связей между блоками «Нечёткой классификации» и «Нечёткой кластеризации» при невозможности отнести состояние ЭСПД к одному из классов производится повторная кластеризация с использованием данных, получаемых в реальном времени.

Вторая обратная связь, между блоками «Отслеживания состояния ЭСПД после модернизации» и «Нечёткой классификации ЭСПД» позволяет проводить мониторинг состояния узлового оборудования, прошедшего модернизацию, определяя уровень соответствия прогнозируемым параметрам, а при несоответствии критериям эффективности отправлять проект на доработку.

Предоставление персоналу, имеющему недостаточный уровень квалификации в технической области, инструмента, дающего возможность осуществлять оценку и мониторинг текущего состояния элементов сетевой инфраструктуры, позволит сократить число этапов в процессе согласования восстановления работоспособности узлового оборудования, исключив высококвалифицированный персонал, занимающийся анализом состояния ЭСПД, и автоматизировать процесс принятия решения по типовым ситуациям.

Предложенная СППР для оценки состояния ЭСПД на основе нечёткой логики, позволит учитывать пограничные и предаварийные состояния оборудования при прогнозировании сроков проведения работ по модернизации ЭСПД.

Принятие решений по проектам модернизации ЭСПД, в автоматическом режиме, позволит снизить количество некачественных решений, даст возможность планировать уровень за-

полнения ресурсной базы оператора на основе рекомендуемых сроков модернизации. Это позволит снизить сроки хранения материалов и избежать необоснованных затрат.

Вывод. Снижение уровня вовлеченности в процесс оценки эксплуатационных состояний типового оборудования высоко квалифицированного персонала было достигнуто за счет использования СППР, основанной на нечёткой кластеризации и нечеткой классификации.

Формализованные экспертные знания в виде правил нечеткой продукции по оборудованию, имеющему схожие эксплуатационные характеристики, позволили освободить квалифицированный персонал от принятия однотипных решений и снизить число некачественных решений, принимаемых в результате обработки больших объемов информации. Интерпретация результатов оценки ЭСПД производится специалистами, имеющими более низкую квалификацию.

Это позволяет сокращать расходы на обучение и содержание специалистов высокой квалификации и перераспределять существующих специалистов.

Библиографический список:

1. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневецкий. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Гитман М. Б., Столбов В.Ю., Гилязов Р.Л. Управление социально-техническими системами с учетом нечетких предпочтений // М.: Ленанд, 2011. – 272 с.
3. Гольдштейн, Б. С. Кучерявый А. Е. Сети связи пост_NGN /СПб.: БХВ_Петербург, 2014. —160 с.
4. Дмитриев В.Н. Алгоритм выбора места расположения узлов инфокоммуникационной сети, основанный на применении обобщенного показателя качества / В.Н. Дмитриев, А.А. Сорокин, Ю. Ахмат, Г.А.Х. Алавади // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 2. С. 71-78.
5. Киселева О.И, Шубат О.М Прогнозирование выручки предприятия: методические подходы и принципы // Материалы Международной конференции Российские регионы в фокусе перемен. Екатеринбург, 2017. С.597-604.
6. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. - СПб.: БХВ-Петербург. - 2005. 736 с.
7. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем // Вильямс. 2018. 864с.
8. Морозова Л.А., Хайков К.В. Методы решения управленческих задач в отрасли телекоммуникаций // Научные труды SWORLD. Иваново. 2015. Т.16. № 2 (39). С.22-27.
9. Олейников А.А., Сорокин А.А. Методика поддержки принятия решения в процессе модернизации элементов систем передачи данных// Вестник ТГТУ. 2018. Том 24. № 3. С. 446 - 454.
10. Паклин Н.Б. Бизнес-аналитика от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. - 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Технологии анализа данных, 2013. 704 с.
11. Проталинский О. М., Ажмухамедов И. М. Моделирование плохо формализуемых процессов в социотехнических системах // Прикладная информатика. 2013. № 4 (46). С. 106–113.
12. Райли Д., Кринер М. NGOSS. Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи // Альпина Бизнес Букс. 2007. 192 с.
13. Barabanova Elizaveta, Maltseva Natalia, Kvyatkovskaya Irina, Beresnev Ilya. Computer-Aided Design Software for Buffer Management in Routers. / First conference, CIT&DS 2015 Volgograd, Russia, September 15–17, 2015, pp. 160–169.
14. Barabanova E.A., Vytovtov K.A., Maltseva N.S., Kravchenko O.V., Kravchenko V.F. Models and algorithms of optical switching systems with decentralized control//2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2019 ElConRus).2019.pp. 64-68.
15. Oleynikov A.A., Pishin O.N., Sorokin A.A. Block diagrams of means of gathering information about the state of the subsystem access network of a cellular operator // 2018 International conference on actual problems of electron devices engineering APEDE 2018. pp.199-205.
16. Sorokin A. A., Oleynikov A. A., Goryunov A. A. Using fuzzy classification to support decisionmaking during the modernization of the network infrastructure elements // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies MWENT-2018

References:

1. Vishnevskiy V.M. Teoreticheskiye osnovy proyektirovaniya komp'yuternykh setey / V.M. Vishnevskiy. – М.: Tekhnosfera, 2003. – 512 s. [Vishnevsky V.M. Theoretical foundations for the design of computer networks / V.M. Vishnevsky. - М.: Technosphere, 2003. 512 p. (In Russ)]

2. Gitman M. B., Stolbov V.YU., Gilyazov R.L. Upravleniye sotsial'no-tekhnicheskimi sistemami s uchetom nechetkikh predpochteniy // M.: Lenand, 2011. – 272 s. [Gitman MB, Stolbov V.Yu., Gilyazov R.L. Management of socio-technical systems taking into account fuzzy preferences // M.: Lenand, 2011. 272 p. (In Russ)]
3. Gol'dshteyn, B. S. Kucheryavyy A. Ye. Seti svyazi post_NGN / SPb.: BKHV_Peterburg, 2014. —160 s. [Goldstein, B. S. Kucheryavyy A. E. Communication networks post_NGN / SPb.: BHV_Petersburg, 2014. 160 p. (In Russ)]
4. Dmitriyev V.N. Algoritm vybora mesta raspolozheniya uzlov infokommunikatsionnoy seti, osno-vanny na primeneni obobshchennogo pokazatelya kachestva / V.N. Dmitriyev, A.A. Sorokin, YU. Akhmat, G.A.KH. Alavadi // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2015. № 2. S. 71-78. [Dmitriyev V.N. Algorithm for choosing the location of the nodes of the infocommunication network, based on the use of a generalized quality indicator / V.N. Dmitriyev, A.A. Sorokin, Yu. Akhmat, G.A.Kh. Alavadi // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer technology and informatics. 2015. No. 2. pp. 71-78. (In Russ)]
5. Kiseleva O.I, Shubat O.M Prognozirovaniye vyruchki predpriyatiya: metodicheskiye podkhody i printsipy // Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii Rossiyskiye regiony v fokuse peremen. Yekateren-burg, 2017. S.597-604. [Kiseleva OI, Shubat OM Forecasting the company's revenue: methodological approaches and principles // Materials of the International conference Russian regions in the focus of change. Ekateren-burg, 2017.pp. 597-604. (In Russ)]
6. Leonenkov, A.V. Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH / A.V. Leonenkov. - SPb.: BKHV-Peterburg. - 2005. 736 s. [Leonenkov, A.V. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH / A.V. Leonenkov. - SPb.: BHV-Petersburg. 2005.736 p. (In Russ)]
7. Lyuger Dzh. Iskusstvennyy intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem // Vil'-yams. 2018. 864s. [Luger J. Artificial intelligence: strategies and methods for solving complex problems // Vilyams. 2018.864p. (In Russ)]
8. Morozova L.A., Khaykov K.V. Metody resheniya upravlencheskikh zadach v otrasli telekommunikatsiy // Nauchnyye trudy SWORLD. Ivanovo. 2015. T.16. № 2 (39). S.22-27. [Morozova L.A., Khaikov K.V. Methods for solving managerial problems in the telecommunications industry // Scientific works SWORLD. Ivanovo. 2015.T.16. No. 2 (39). pp.22-27. (In Russ)]
9. Oleynikov A.A., Sorokin A.A. Metodika podderzhki prinyatiya resheniya v protsesse modernizatsii elementov sistem peredachi dannykh// Vestnik TGTU. 2018. Tom 24. № 3. S. 446 - 454. [Oleinikov A.A., Sorokin A.A. Methodology for supporting decision-making in the process of modernizing elements of data transmission systems // Vestnik TSTU. 2018.Vol. 24.No. 3.pp. 446 - 454. (In Russ)]
10. Paklin N.B.Biznes-analitika ot dannykh k znaniyam / N.B. Paklin, V.I. Oreshkov. - 2- ye izd., pe-rerab. i dop. – SPb.: Tekhnologii analiza dannykh, 2013. 704 s. [Paklin NB Business analytics from data to knowledge / NB. Paklin and V.I. Oreshkov. p 2nd ed., Revised. and add. - SPb.: Technologies of data analysis, 2013.704 p. (In Russ)]
11. Protalinskiy O. M., Azhmukhamedov I. M. Modelirovaniye plokho formalizuyemykh protsessov v sotsiotekhnicheskikh sistemakh // Prikladnaya informatika. 2013. № 4 (46). S. 106–113. [Protalinsky OM, Azhmukhamedov IM Modeling of poorly formalized processes in socio-technical systems // Applied Informatics. 2013. No. 4 (46). pp. 106-113. (In Russ)]
12. Rayli D., Kriner M. NGOSS. Postroyeniye effektivnykh sistem podderzhki i ekspluatatsii setey dlya operatora svyazi // Al'pina Biznes Buks. 2007. 192 s. [Riley D., Kriner M. NGOSS. Construction of effective systems for support and operation of networks for a telecom operator // Alpina Business Books. 2007.192 p. (In Russ)]
13. Barabanova Elizaveta, Maltseva Natalia, Kvyatkovskaya Irina, Beresnev Ilya. Somputer-Aided Design Software for Buffer Management in Routers. / First conference, CIT&DS 2015 Volgograd, Russia, September 15–17, 2015, pp. 160–169. [Barabanova Elizaveta, Maltseva Natalia, Kvyatkovskaya Irina, Beresnev Ilya. Computer-Aided Design Software for Buffer Management in Routers. / First conference, CIT & DS 2015 Volgograd, Russia, September 15–17, 2015, pp. 160-169. (In Russ)]
14. Barabanova E.A., Vytovtov K.A., Maltseva N.S., Kravchenko O.V., Kravchenko V.F. Models and algorithms of optical switching systems with decentralized control//2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2019 ElConRus).2019.pp. 64-68. [Barabanova E.A., Vytovtov K.A., Maltseva N.S., Kravchenko O.V., Kravchenko V.F. Models and algorithms of optical switching systems with decentralized control // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2019 ElConRus). 2019.pp. 64-68. (In Russ)]
15. Oleynikov A.A., Pishin O.N., Sorokin A.A.Block diagrams of means of gathering information about the state of the subsystem access network of a cellular operator // 2018 International conference on actual problems of electron devices engineering APEDE 2018. pp.199-205. [Oleynikov A.A., Pishin O.N., Sorokin A.A.Block diagrams of means of gathering information about the state of the subsystem access network of a cellular operator // 2018 International conference on actual problems of electron devices engineering APEDE 2018. pp.199-205. (In Russ)]
16. Sorokin A. A., Oleynikov A. A., Goryunov A. A. Using fuzzy classification to support decisionmaking during the modernization of the network infrastructure elements // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Net-working Technologies MWENT-2018. [Sorokin A. A., Oleynikov A. A., Goryunov A. A. Using fuzzy classification to support decisionmaking during the modernization of the network infrastructure elements // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Net-working Technologies MWENT-2018(In Russ)]

Сведения об авторах:

Олейников Александр Александрович, аспирант кафедры «Связь» Института информационных технологий и коммуникаций, начальник бюро развития и внедрения ERP систем; e-mail: a.oleynikov.astu@mail.ru

Сорокин Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Связь», Института информационных технологий и коммуникаций; e-mail: alsorokin.astu@mail.ru

Береснев Илья Александрович, магистр, начальник отдела сопровождения информационных систем; e-mail: gold1290@mail.ru

Information about authors:

Alexander A. Oleinikov, Post-graduate Student, Department of Communications of the Institute of Information Technologies and Communications; Head of the Bureau of Development and Implementation of ERP Systems; e-mail: a.oleynikov.astu@mail.ru

Alexander A. Sorokin, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Communications, Institute of Information Technologies and Communications; e-mail: alsorokin.astu@mail.ru

Ilya A. Beresnev, Master, Head of Information Systems Support Department; e-mail: a.oleynikov.astu@mail.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 23.03.2020.

Принята в печать 19.04.2020.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 23.03.2020.

Accepted for publication 19.04.2020.