

МЕТОДИКА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А. А. Олейников, А. А. Сорокин

*Кафедра «Связь», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет», г. Астрахань, Россия; a.oleynikov.astu@mail.ru*

Ключевые слова: анализ; модернизация; поддержка принятия решений; формализация задачи; элемент сети передачи данных.

Аннотация: Представлена методика, которая имеет принципы работы, отличающиеся от традиционных способов принятия решений при модернизации сетевой инфраструктуры оператора. Проведена формализация задачи поддержки принятия решения, учитывающей факторы социально-экономического характера, имеющие количественное и качественное описание. С учетом формализации задачи предложена методика поддержки принятия решения в процессе модернизации элемента системы передачи данных (ЭСПД), заключающаяся в объединении традиционных методов оценки состояния ЭСПД и учитывающая влияние социально-экономических факторов.

Процесс развития сетевой инфраструктуры оператора в настоящее время подвержен влиянию спроса на новые виды услуг и сервисов. Для своевременного реагирования на новые тенденции рынка оператору в своей хозяйственной деятельности необходимо руководствоваться технической обоснованностью модернизации и социально-экономической стороной вопроса, часто играющей решающую роль в процессе принятия решения.

Эффективность принятого решения зависит от учета не только факторов технического характера, обобщаемых понятием нагруженности оборудования, но и факторами, определяющими прогнозируемую прибыль от модернизации конкретного элемента системы передачи данных (ЭСПД) и степени риска повреждения или утраты узла в зависимости от места его размещения. Факторы, имеющие влияние на ЭСПД, могут описываться как в качественной, так и в количественной формах представления [1 – 3]. В рамках концепции NGOSS (*англ.* New Generation Operations Systems and Software) операторы связи повсеместно в работе используют программно-аппаратные комплексы для интеграции в едином решении и автоматизации процессов телекоммуникационной компании, включающие бизнес-требования и технические данные, составляя единую информационную структуру [4 – 6]. Однако проведенный анализ показал их ориентированность на учет факторов технического характера, социально-экономическая составляющая недостаточно представлена и выражается в применении биллинга и программных модулей, отслеживающих движение материальных средств оператора. Слабо формализованные данные вербального характера, посредством которых возможно описание рисков размещения оборудования и прогнозирования маркетинговой эффективности, имеют недостаточное либо слабое представление в существующих решениях.

На основании перечисленных факторов, необходима разработка методики управления процессом модернизации ЭСПД учитывающей социально-экономические факторы влияния. Поставленная цель достигается в несколько этапов.

I. Формализация задачи управления процессом модернизации ЭСПД.

II. Разработка методики поддержки принятия решения в процессе модернизации ЭСПД на основе алгоритма оценки состояния элементов сетевой инфраструктуры оператора.

В работе [7] предложен наиболее удачный метод постановки задачи оценки компьютерных сетей передачи данных (СПД). Рассматривая ее в контексте модернизации ЭСПД, очевидно, что решением является вывод узлового оборудования на современный, использующий актуальные разработки, уровень, применяя при этом минимальное число ресурсов, как материальных, так и не материальных, таких как опыт технического персонала, выраженный в человеко-часах затрат времени на проведение работ. В данном случае отсутствие учета социальных и экономических факторов оказывает отрицательное влияние на итоговое решение о модернизации ЭСПД лицом, принимающим решения (ЛПР), так как во внимание не принимается изменчивость востребованности услуг связи при демографических колебаниях, изменения культурных особенностей абонентов и уровня их дохода. По результатам проведенных исследований социальных и экономических факторов предлагается расширить задачу оценки компьютерных сетей передачи данных для оценки необходимости модернизации узлового оборудования СПД, приведя ее к виду:

$$V(P_t, P_{el}, P_{soft}, P_{ekspl}, F) \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$W_i(P_t, P_{el}, P_{soft}, P_{ekspl}, F) \leq \{W_{i0}\}; \quad (2)$$

$$R(P_t, P_{el}, P_{soft}, P_{ekspl}, F) \in \{R_0\}, \quad (3)$$

где P_t – характеристики трафика в СПД; P_{el} – характеристики ЭСПД; P_{soft} – характеристика логической (протокольной и программной) составляющей, используемой для аппаратной части; P_{ekspl} – эксплуатационные характеристики оборудования; F – оценка социально-экономического эффекта.

Функционально выражения (1) – (3) сохранили постановку задачи, предложенную в [7], но были расширены посредством дополнения новыми факторами, оценивающими актуальность модернизации под воздействием социально-экономических составляющих. Выражение (1) формализует общую задачу проведения модернизации узлового оборудования, затрачивая минимум ресурсов; (2) – указывает на соответствие ЭСПД устанавливаемым требованиям к оборудованию. Реализуемость проекта модернизации описывается выражением (3). Основным фактором при финансировании проектов по модернизации узлового оборудования является прогнозируемая прибыль. Выражения (1) – (3) включают экономическую составляющую, содержащую помимо прямых затрат на внедрение проекта еще и уровень потенциальной прибыли от оборудования, подвергаемого оценке. Оценка узлового оборудования содержит этапы сбора и обработки информации, представляемой в числовой, количественной и вербальной качественной формах [8, 9], что является основанием для формализации задачи обработки информации, служащей поиску проекта модернизации оборудования, имеющего самую высокую оценку. Формализованная задача исследования учитывает социально-экономические факторы, представляемые в интегрированной форме, и заключается в получении обобщающей оценки ЭСПД, указывающей срочность его замены,

с учетом технической N_{tech} , эксплуатационной N_{exp} и экономической N_{econ} оценок, и имеет вид

$$H_p(N_{\text{tech}}, N_{\text{exp}}, N_{\text{econ}}) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где H_p – оператор обработки информации.

Множеством (5) представлено управляющее воздействие $n \in N$

$$N \in \{N_{\text{oper}}, N_{\text{sroch}}, N_{\text{sred.sroch}}, N_{\text{norm}}\}, \quad (5)$$

где N_{oper} , N_{sroch} – решения о модернизации в оперативном и срочном порядке соответственно; $N_{\text{sred.sroch}}$ – решение о модернизации в среднесрочной перспективе; N_{norm} – отсутствие необходимости проведения модернизации. Оценки $N_{\text{tech}}, N_{\text{exp}}, N_{\text{econ}}$ получаются на основе данных в числовой и вербальной формах. На основании соотношений (4) и (5) происходит решение задачи оценки ЭСПД и отнесение его к одной из групп срочности проведения работ по модернизации, в рамках решения задачи принятия решения о целесообразности проведения обновления аппаратной части узлового оборудования. Соответствие состояния элемента сетевой инфраструктуры одному из множеств характеристик модернизации выражено условием

$$N_p \subset N_{\text{espd}} \supset N_{\text{ident}} : N_{\text{ident}} \subset N_{\text{oper}} \cup N_{\text{sroch}} \cup N_{\text{sred.sroch}} \cup N_{\text{norm}}, \quad (6)$$

где N_{ident} – множество оборудования подлежащего идентификации.

Соответствие ЭСПД, подлежащего модернизации и относящегося к p -множеству технически реализуемых проектов P_{mod} , имеет вид

$$p \subset P_{\text{mod}}. \quad (7)$$

Оценку эффективности предлагается проводить на основе следующих критериев: Z_{peers} – снижение затрат на содержание избыточного количества высококвалифицированных сотрудников; Z_{error} – снижение затрат, направляемых на исправление ошибочно принятых решений.

Вышеописанная задача получения интегрированной оценки состояния узлового оборудования систем передачи данных формализуется с помощью выражений (4) – (7), в которых учтена специфика обработки разнородной информации, поступающей из различных источников: как непосредственно от оборудования в режиме реального времени, так и с использованием баз знаний, пополняемых в процессе естественной эксплуатации сети. Для внедрения в средства сбора и обработки информации экспертных данных, полученных от высококвалифицированных специалистов, имеющих разноплановый опыт внедрения проектов по модернизации ЭСПД, возможно средствами теории нечетких множеств и нечеткой логики [10 – 12]. Постоянно действующий инженерный состав оператора, обладая глубокими знаниями о сетевой инфраструктуре, имеет возможность интуитивно принимать решения о проведении модернизации ЭСПД, учитывать уровень затрат, объемы работ и прогнозировать эффективность. Учитывая (4) – (7), необходимо предусмотреть этапы предварительной и окончательной проверок, а также этапа поиска аналогичных проектов в базе реализованных проектов, наполняемой по итогам работы методики.

Методика управления процессом модернизации ЭСПД включает следующую последовательность действий (рис. 1).

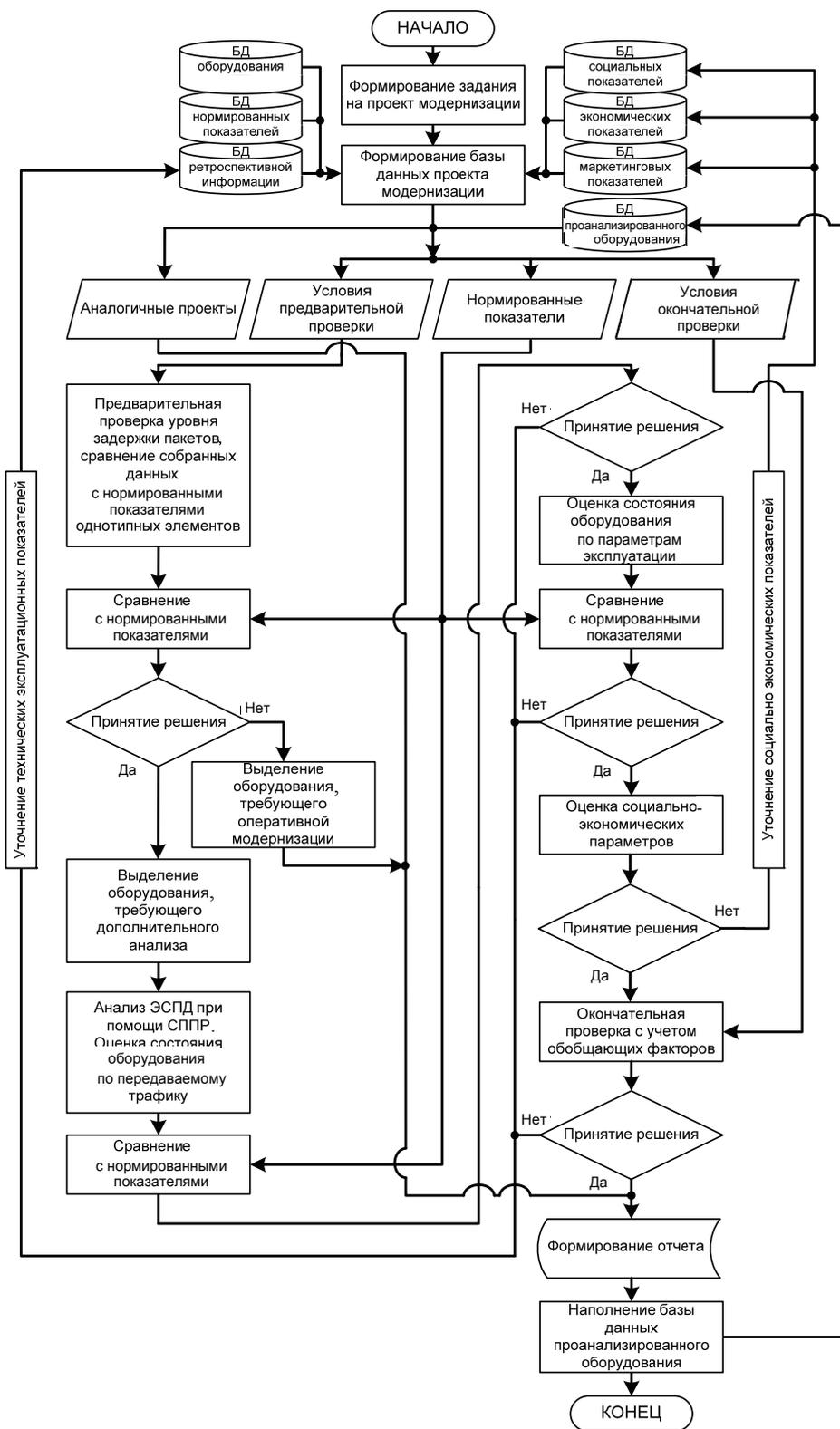


Рис. 1. Структура методики управления процессом модернизации ЭСПД

1. Формирование задания на проект модернизации узлового оборудования. Проводятся предварительные опросы и предпроектные изыскания.

2. Формирование общей базы данных (БД) проекта модернизации, необходимой для оценки состояния узлового оборудования и его возможной дальнейшей реализации. База формируется из данных о доступном оборудовании для проведения работ, ретроспективной информации об эксплуатируемом узле, эксплуатационных нормативах, сведениях о месте расположения узла, такие как благосостояние, спрос на услуги, социальный климат

$$DB_{\text{mod}} = DB_{\text{oborud}} \cup DB_{\text{norm}} \cup DB_{\text{retro}} \cup DB_{\text{socio}} \cup DB_{\text{econ}} \cup DB_{\text{mark}} \cup DB_{\text{analyzed}}$$

где DB_{oborud} – БД типового оборудования и местоположения размещения, $DB_{\text{oborud}} = \{db_{\text{oborud}}^i\}$, db_{oborud}^i – типовые данные оборудования и места размещения, i – номер ЭСПД; DB_{norm} – БД нормированных показателей оборудования, $DB_{\text{norm}} = \{db_{\text{norm}}^{i_2}\}$, $db_{\text{norm}}^{i_2}$ – нормированные эксплуатационные данные типового оборудования, i_2 – номер типового ЭСПД; DB_{retro} – БД ретроспективной информации показателей оборудования, $DB_{\text{retro}} = \{db_{\text{retro}}^{i_3}\}$, $db_{\text{retro}}^{i_3}$ – ретроспективные данные по эксплуатируемому ЭСПД, i_3 – номер эксплуатируемого ЭСПД; DB_{socio} – БД социальных характеристик среды размещения оборудования, $DB_{\text{socio}} = \{db_{\text{socio}}^{i_4}\}$, $db_{\text{socio}}^{i_4}$ – анализируемые характеристики, i_4 – номер совокупного набора характеристик; DB_{econ} – БД экономических показателей размещенного оборудования, $DB_{\text{econ}} = \{db_{\text{econ}}^{i_5}\}$, $db_{\text{econ}}^{i_5}$ – анализируемые показатели, i_5 – номер набора экономических показателей; DB_{mark} – БД маркетинговых показателей среды размещения ЭСПД, $DB_{\text{mark}} = \{db_{\text{mark}}^{i_6}\}$, $db_{\text{mark}}^{i_6}$ – анализируемые показатели, i_6 – номер набора маркетинговых показателей; DB_{analyzed} – БД множества проанализированных ЭСПД, $DB_{\text{analyzed}} = \{db_{\text{analyzed}}^j\}$, db_{analyzed}^j – уникальная совокупность технических и социально-экономических характеристик и показателей, выраженная интегрированной оценкой состояния ЭСПД (b), j – номер набора проанализированных показателей.

3. Если модернизация по данной методике происходит впервые, то смотри пункт 7.

4. Если модернизация по данной методике проводилась, то поиск в обновляемой по итогам работы методике БД проанализированного оборудования имеет вид

$$N_{\text{espd}} \supset N_{\text{ident}} : N_{\text{ident}} \subset N_{\text{analyzed}}$$

где N_{espd} – множество оборудования; N_{ident} – множество оборудования, подлежащего идентификации; N_{analyzed} – множество оборудования, прошедшего анализ.

5. В случае достаточного для подтверждения аналогии совпадения $p \in N_{\text{analyzed}}$ происходит формирование отчета.

6. Дополняется БД проанализированного оборудования. Завершение работы алгоритма.

7. Проведение упрощенной проверки, сравнение собранных данных с нормированными показателями однотипных элементов. Проверяется уровень задержки пакетов при передаче данных.

8. В случае долговременного отклонения от нормированного значения передачи пакета на 15 %, $db_{\text{retro}}^{i_3} < 0,85db_{\text{norm}}^{i_2} : i_3 = i_2$ и $db_{\text{retro}}^{i_3} > 1,15 \cdot db_{\text{norm}}^{i_2} : i_3 = i_2$, происходит формирование отчета о необходимости оперативной модернизации, так как узел не справляется с долговременной нагрузкой.

9. Происходит дополнение БД проанализированного оборудования. Завершение работы алгоритма.

10. В случае соответствия эксплуатационных значений по уровню задержки пакетов допустимым значениям происходит дополнительный анализ состояния ЭСПД с помощью СППР по передаваемому трафику и сравнение с нормированными показателями.

11. Далее происходит оценка и сравнение параметров эксплуатации ЭСПД с использованием системы нечеткого вывода, предложенной в работе [8], которая проводит автоматизированный сбор и обработку информации (влажность, температуру, характеристики электропитания) и получение промежуточного показателя, отражающего техническое состояние элемента.

12. Проводится оценка социально-экономических параметров средствами системы нечеткого вывода, предложенной в работе [9]. Оценка затрат на модернизацию, риски утраты оборудования, уровень прогнозируемой прибыли с получением промежуточного социально-экономического показателя.

13. Проводится окончательная обобщенная комплексная оценка состояния ЭСПД на основе данных, полученных в результате проведенного анализа в пунктах 10 – 12.

14. При завершении действий 10 – 12 формируется отчет о состоянии узлового оборудования, содержащего интегрированную оценку, выраженную числовым значением по шкале в диапазоне [0; 100] (максимальное значение соответствует наилучшему состоянию ЭСПД).

15. Происходит дополнение БД проанализированного оборудования. Завершение работы алгоритма.

При проведении исследования формализована задача получения интегрированной оценки состояния ЭСПД, учитывающая социально-экономические факторы, представленные в числовой и вербальных формах, заключающаяся в максимизации эффективности оценки проектов модернизации. Разработана методика оценки состояния узлового оборудования СПД, объединяющая традиционные экспертные методы, а также предварительную и окончательную оценки общего воздействия факторов влияния на элемент сетевой инфраструктуры в процессе модернизации, учтена возможность использования данных по схожим проектам. Предложенная методика сокращает время на принятие решений ЛПР за счет автоматизации сбора и обработки информации о состоянии ЭСПД и среды его расположения, а также позволяет повысить качество принятых решений путем исключения влияния человеческого фактора, порождающего принятие ошибочных решений в результате неверной трактовки данных анализа.

Применение предложенной методики позволит сохранить и перераспределить ресурсы оператора связи за счет совершенствования процесса принятия решения.

Список литературы

1. Олейников, А. А. Поддержка принятия решений по модернизации элементов телекоммуникационной системы с учетом технических и социально-экономических факторов // А. А. Олейников, А. А. Сорокин // Сб. докладов и тезисов VIII Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах», 26 мая 2017 г. – Волгоград, 2017. – С. 107 – 111.

2. Лисицин, Л. А. Системы поддержки принятия управленческих решений в условиях неполной информации / Л. А. Лисицин, Ю. А. Халин, А. Л. Лисицин // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2012. – № 4-2 (43). – С. 95а – 99.

3. Головина, Е. Ю. Подход к созданию нечетких динамических систем поддержки принятия решений / Е. Ю. Головина // Программные продукты и системы. – 2002. – № 3. – С. 2–7.
4. Райли, Д. NGOSS. Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи / Д. Райли, М. Кринер ; пер. с англ. А. Сатунин. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 192 с.
5. Гребешков, А. Управление конфигурацией и технический учет в телекоммуникациях / А. Гребешков. – Германия : Lambert Academic Publishing, 2012. – 436 с.
6. Penttinen, J. T. J. The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems / J. T. J. Penttinen. – Wiley, 2015. – 1008 p.
7. Вишнеvский, В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишнеvский. – М. : Техносфера, 2003. – 512 с.
8. Олейников, А. А. Получение интегрированной оценки состояния узла сети связи в условиях неопределенности / А. А. Олейников, А. А. Сорокин // Сб. докладов и тезисов V Междунар. юбилейной науч. конф. «Проблемы управления, обработки и передачи информации (УОПИ-2017)», 28 – 30 сентября 2017 г. – Саратов, 2017. – С. 329 – 333.
9. Сорокин, А. А. Разработка алгоритмов обработки информации для получения интегральных оценок проектов в области телекоммуникаций / А. А. Сорокин [и др.] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 2 (38). – С. 88 – 104.
10. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
11. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 288 с.
12. Рогозин, О. В. Метод нечеткого вывода решения в задаче подбора программного обеспечения на основе качественных характеристик этого обеспечения как объекта инвестиций / О. В. Рогозин // Качество, инновации, образование. – 2009. – № 3 (46). – С. 43 – 50.

Decision-Making Support in the Process of Upgrading the Elements of Data Transmission Systems

A. A. Oleynikov, A. A. Sorokin

*Department of Communication, Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia; a.oleynikov.astu@mail.ru*

Keywords: analysis; modernization; decision support; task formalization; data network element.

Abstract: The paper describes a method, whose principles of operation are different from the traditional decision-making methods when upgrading the operator's network infrastructure. The formalization of the decision support task, taking into account socio-economic factors that have a quantitative and qualitative description was carried out. Given the formalization of the task, a method for decision-making support in the process of upgrading the data transmission systems is proposed; it consists in combining traditional methods for assessing the status of data transmission system and taking into account the impact of socio-economic factors.

References

1. Oleynikov A.A., Sorokin A.A. *Sbornik докладov i tezisov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy peredachi informatsii v infokommunikatsionnykh sistemakh"* [Collected Papers and Theses of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference "Problems of Information Transmission in Infocommunication Systems"], 26 May, 2017, Volgograd, 2017, pp. 107-111. (In Russ.)
2. Lisitsin L.A., Khalin Yu.A., Lisitsin A.L. [Systems for Supporting Management Decision-Making in Conditions of Incomplete Information], *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* [News of the Southwest State University], 2012, no. 4-2 (43), pp. 95a-99. (In Russ.)
3. Golovina Ye.Yu. [Approach to the Creation of Fuzzy Dynamic Decision Support Systems], *Programmnyye produkty i sistemy* [Software Products and Systems], 2002, no. 3, pp. 2-7. (In Russ.)
4. Rayli D. *NGOSS. Postroyeniye effektivnykh sistem podderzhki i ekspluatatsii setey dlya operatora svyazi* [NGOSS. Building Effective Systems of Support and Operation of Networks for the Telecom Operator], Moscow: Al'pina Biznes Buks, 2007, 192 p. (In Russ.)
5. Grebeshkov A. *Upravleniye konfiguratsiyey i tekhnicheskoy uchety v telekommunikatsiyakh* [Configuration Management and Technical Accounting in Telecommunications], Germaniya: Lambert Academic Publishing, 2012, 436 p. (In Russ.)
6. Penttinen J.T.J. *The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems*, Wiley, 2015, 1008 p.
7. Vishnevskiy V.M. *Teoreticheskiye osnovy proyektirovaniya komp'yuternykh setey* [Theoretical Foundations of Computer Network Design], Moscow: Tekhnosfera, 2003, 512 p. (In Russ.)
8. Oleynikov A.A., Sorokin A.A. *Sbornik докладov i tezisov V Mezhdunarodnoy yubileynoy nauchnoy konferentsii "Problemy upravleniya, obrabotki i peredachi informatsii (UOPI-2017)"* [Collected Papers and Theses of the V International Jubilee Scientific Conference "Problems of Management, Processing and Transfer of Information (UOPI-2017)"], 28-30 September, 2017, Saratov, 2017, pp. 329-333. (In Russ.)
9. Sorokin A.A., Yussuf A., Akhmat M.S., Malichenko A.S. [Development of Information Processing Algorithms for Obtaining Integral Estimates of Projects in the Field of Telecommunications], *Prikaspiyskiy zhurnal: upravleniye i vysokiye tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2017, no. 2 (38), pp. 88-104. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Leonenkov A.V. *Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzy TECH* [Fuzzy Modeling in the Environment of MATLAB and Fuzzy TECH], St. Petersburg: BKHV-Peterburg, 2005, 736 p. (In Russ.)
11. Shtovba S.D. *Proyektirovaniye nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Designing of Fuzzy Systems by Means of MATLAB], Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2007, 288 p. (In Russ.)
12. Rogozin O.V. [The Method of Fuzzy Conclusion of the Solution in the Problem of Selecting Software on the Basis of Qualitative Characteristics of this Security as an Investment Object], *Kachestvo, innovatsii, obrazovaniye* [Quality, Innovation, Education], 2009, no. 3 (46), pp. 43-50. (In Russ.)

Методы для поддержки принятия решений при модернизации элементов инфраструктуры

Заклучение: Представлен метод, принципы работы которого отличаются от традиционных методов принятия решений при модернизации сетевой инфраструктуры оператора. Это формализация

Problems der Unterstützung der Entscheidungsfindung durchgeführt, die die Faktoren sozialökonomischer Natur mit einer quantitativen und qualitativen Beschreibung berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Formalisierung der Aufgaben ist eine Methode zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im ESP-Prozess vorgeschlagen, die darin besteht, traditionelle Bewertungsmethoden des ESP-Prozesses zu kombinieren und auf Auswirkungen der sozialökonomischen Faktoren Rücksicht zu nehmen.

Méthodologie d'appui de la prise de décision dans le processus de la modernisation des éléments des systèmes de la transmission des données

Résumé: Est présentée la méthodologie qui a des principes de travail différents des méthodes traditionnelles de la prise de décision lors de la modernisation de l'infrastructure de réseau de l'opérateur. A été formalisée la tâche consistant à appuyer la prise de décisions tenant compte des facteurs socio-économiques ayant une description quantitative et qualitative. Compte tenu de la formalisation de la tâche est proposée la méthodologie de soutien de la prise de décision dans le processus de la modernisation des éléments des systèmes de la transmission des données (ESTD), impliquant la combinaison des méthodes traditionnelles d'évaluation de l'état ESTD et tenant compte de l'influence des facteurs socio-économiques.

Авторы: *Олейников Александр Александрович* – аспирант кафедры «Связь»; *Сорокин Александр Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, Россия.

Рецензент: *Попов Георгий Александрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, Россия.