

УДК 681.3

Д.А. Недосекин

**ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
МНОГОСТУПЕНЧАТОГО И ОПТИМИЗАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМ**

Администрация Воронежской области, Воронеж, Россия

Актуальность исследования основывается на том, что эффективность основных систем жизнедеятельности существенно определяется тем, как происходит развитие содействующих им высокотехнологичных технологические систем (например, оборудование, связанное с радиотелефонной связью, оборудование, связанное с цифровым телевидением, оборудование для 3G, 4G-технологий). Когда рассматриваются многоаспектные взаимодействия, среди них происходит образование связанных развивающихся систем (СРС) (к ним, например, можно отнести информационно-телекоммуникационную компьютерную сеть). Приведена структура системы принятия решений при управлении СРС и описаны компоненты ее математического обеспечения. Первая группа процедур в математическое обеспечение СПР, связана с применением расчетных алгоритмов определения показателей, отраженных для основной и содействующих систем в типовых методиках, и с формированием на их основе базовых оптимизационных задач для двух подклассов СРС. Во вторую группу входят многомодульные алгоритмические процедуры выбора рационального варианта управления, в которые входит помимо модуля формирования множества перспективных вариантов по результатам рандомизированного поиска предварительный модуль трансформации базовых оптимизационных задач, завершающий модуль принятия окончательного решения с использованием экспертной информации. Приведена структура индекса готовности регионов к информационному обществу. Индекс формируется на базе агрегирования значений показателей, при этом агрегирование осуществляется по нескольким уровням, давая возможности для построения рейтингов регионов для отдельных направлений и факторов развития информационного общества при разной степени детализации. Показано, каким образом используется методика расчета индекса готовности региона к информационному обществу. Дана структурная схема формирования оптимизационной модели инфокоммуникационной технологии (ИКТ) системы.

Ключевые слова: принятие решений, система, оптимизация, информационное общество, агрегация.

Введение. На современном этапе интенсификация использования инфокоммуникационных технологий (ИКТ) с переходом к информационному обществу содействует развитию единой системы жизнедеятельности в регионе [1-3].

Для адекватного описания этого процесса различными исследователями предложено использовать понятие связанной развивающейся системы (СРС) (к которым, например, относится информационно-телекоммуникационная компьютерная сеть). Под такой

системой понимается совокупность основной и содействующих систем (например, оборудование радиотелефонной связи, оборудование цифрового телевидения, оборудование для 3G, 4G-технологий), агрегируемых в организационное целое для достижения заданных целей путем управления варьированием стратегиями (направлениями) развития и граничными требованиями к их реализации [4-6].

Структура системы принятия решений и описание компонентов ее математического обеспечения. Система принятия решений рассматривается как основной инструмент управления СРС на стратегическом уровне с использованием формализованной и экспертной информации (Рисунок 1).

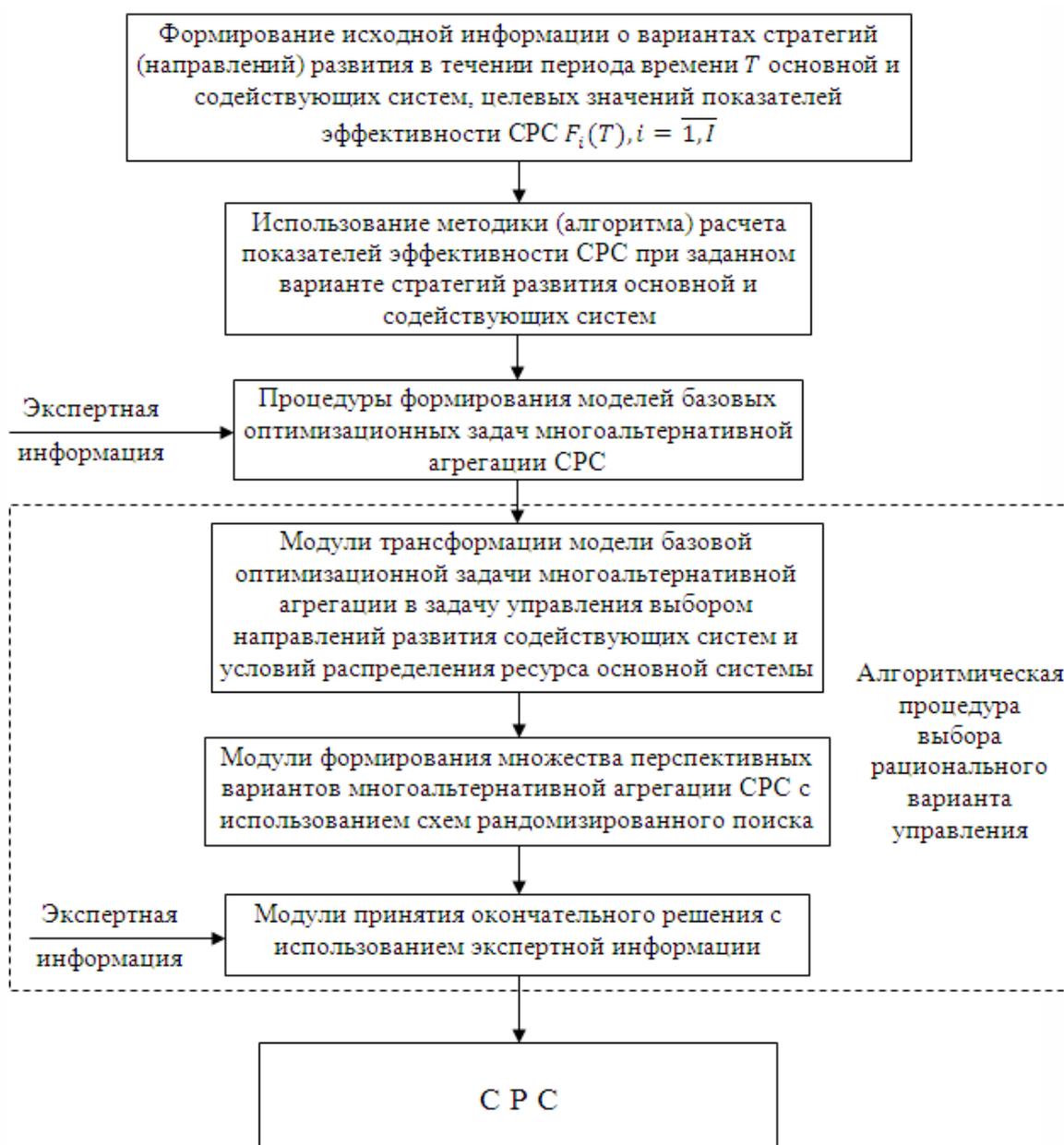


Рисунок 1 – Структура системы принятия решений при управлении СРС

Первая группа процедур, входящих в математическое обеспечение СПР, связана с использованием расчетных алгоритмов определения показателей $F_{i_i} = F_{i_i}(U_n(w), U_n(r_q))$, $i = \overline{1, I}$, отраженных для основной и содействующих систем в типовых методиках, и с формированием на их основе базовых оптимизационных задач для двух подклассов СРС. Однако прямое решение этих задач оптимизации с использованием известных алгоритмов рандомизированного поиска не учитывает многоальтернативный выбор по всем составляющим управления [7-9], связанным с одновременным варьированием вариантами направлений развития и граничными условиями распределения финансового ресурса. Поэтому вторую группу представляют многомодульные алгоритмические процедуры выбора рационального варианта управления, включающие помимо известного модуля формирования множества перспективных вариантов по результатам рандомизированного поиска предварительный модуль трансформации базовых оптимизационных задач и завершающий модуль принятия окончательного решения с использованием экспертной информации.

Процедуры формирования базовых оптимизационных задач управления СРС конкретизированы для случая, когда в качестве содействующей рассмотрена инфокоммуникационная система, эффективность влияния которой на основную систему определяется индексом готовности региона к информационному обществу – d .

Процедура формирования оптимизационной задачи многоальтернативной агрегации односвязанной развивающейся системы. Структурная схема СПР на первом этапе построения математического обеспечения требует формализации задачи оптимального принятия решений по выбору перспективных направлений развития одной из наиболее прогрессирующих технической инфокоммуникационной системы. Под оптимальным принятием решений будем понимать трехэтапную процедуру, включающую анализ исходной информации, подготовку к принятию решений, выбор оптимального решения [10, 11].

В качестве ключевого критерия степени подготовленности сложной системы жизнедеятельности к широкомасштабному использованию ИКТ применяется индекс готовности к информационному обществу.

Исходя из предложенной Институтом развития информационного общества методике формирования индекса готовности к информационному обществу [12] в нем происходит учет показателей, которые характеризуют три основных фактора электронного развития (человеческого капитала, экономической среды, ИКТ-инфраструктуры), и еще показателей, относящихся к доступу и применению ИКТ для шести

сфер деятельности – для государственного и муниципального управления, бизнеса, образования, здравоохранения, культуры, а также применение ИКТ в домохозяйствах и среди населения (Рисунок 2).

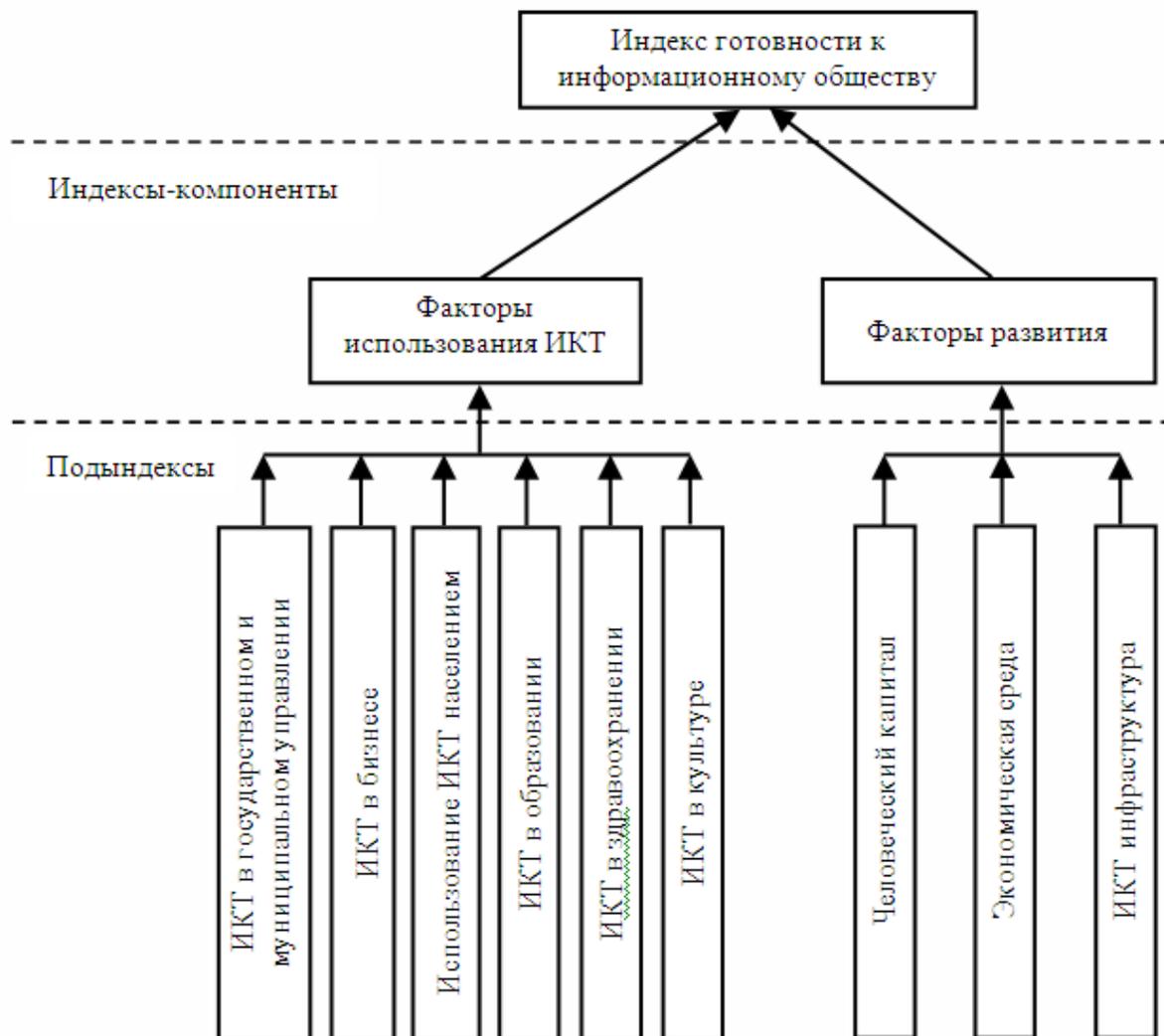


Рисунок 2 – Структура индекса готовности регионов к информационному обществу

Индекс формируется на базе того, что агрегируются значения показателей, при этом агрегирование осуществляется по нескольким уровням, давая возможности для построения рейтингов регионов для отдельных направлений и факторов развития информационного общества [13-15] при разной степени детализации.

При этом проведение расчетов показателей базируется на данных Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Министерства культуры Российской Федерации, Министерства образования и науки Российской Федерации, данных Росстата и данных опросов населения в регионах, осуществляемых Фондом «Общественное

мнение» (проект «Георейтинг»), а также на основе результатов оценки веб-сайтов региональных органов власти.

В результате, при формировании рейтингов применяются полные наборы данных для всех показателей, достоверность которых обеспечивается за счет принятых в Российской Федерации механизмов наблюдения. Для того, чтобы оценить индекс, применяются 77 параметров, из них 28 посвящены подключению к Интернет, 23 - количеству персональных компьютеров, 9 - использованию ЛВС, 6 - телефонизации, включая мобильную.

Участие в индексе органов местного самоуправления можно объяснить не только вертикальной взаимосвязанностью развития регионов и входящих в них территорий местного самоуправления, но и установленным действующим законодательством функционалом исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации по реализации межмуниципальных проектов в сфере развития инфраструктуры.

Используем методику расчета индекса готовности региона к информационному обществу.

Проведем ее формализацию в следующей последовательности: подындексы, индексы-компоненты, индекс готовности [14].

На первом этапе определяются подындексы $d_{l_1}, l_1 = \overline{1, L_1}$, $d_{l_2}, l_2 = \overline{1, L_2}$, которые вычисляются на основе количественных параметров, характеризующих использование Интернета, компьютерной техники, локальных вычислительных сетей, телефонии

$$d_{l_1} = \psi_{l_1}(U_n), l_1 = \overline{1, L_1},$$

$$d_{l_2} = \psi_{l_2}(U_n), l_2 = \overline{1, L_2},$$

где

d_{l_1} - подындексы, связанные с факторами развития информационного общества,

d_{l_2} - подындексы, связанные с использованием ИКТ для развития основной системы,

$U_n, n = \overline{1, N}$ - количественные параметры используемых ИКТ,

$\Psi_{l_1}(\cdot), \Psi_{l_2}(\cdot)$ - функции, описывающие связи значений подындексов со значениями параметров.

На следующем этапе определяются индексы-компоненты

$$d_1 = \varphi_1(d_{l_1}),$$

$$d_2 = \varphi_2(d_{l_2}), \text{ где}$$

d_1 - индекс, характеризующий развитие информационного общества,

d_2 - индекс, характеризующий использование ИКТ для развития основной системы,

$\varphi_1(\cdot), \varphi_2(\cdot)$ - функции, описывающие связи значений индексов-компонент со значениями подындексов.

Окончательно определяется индекс готовности к информационному обществу

$$d = \varphi(d_1, d_2),$$

где $\varphi(\cdot)$ - функция, описывающая связь значений индекса со значением индексов-компонент.

Параметры ИКТ $U_n, n = \overline{1, N}$, оказывают прямое влияние на изменение в сторону улучшения целого ряда показателей развития основной системы.

$F_i = f_i(U_n)$, где $F_i, i = \overline{1, I}$ - показатели развития основной системы, $F(\cdot), i = \overline{1, I}$ - функции, описывающие связи значений показателей основной системы со значениями параметров ИКТ.

Зависимости $\Psi_{l_1}(\cdot), \Psi_{l_2}(\cdot), \varphi_1(\cdot), \varphi_2(\cdot), \varphi(\cdot), F_i(\cdot)$ заданы в соответствии с методикой расчета.

Следующий этап принятия решений — формирование множества критериев и ограничений для задачи оптимизации [80]. В качестве критерия предлагается максимизация коэффициента готовности к информационному обществу d . Основным ограничением выступает допустимое ресурсное обеспечение инфокоммуникационной составляющей.

$$Z = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J z_{jm}(U_{nj}) Z^{\text{доп}},$$

где Z - суммарные затраты, $j = \overline{1, J}$ - нумерационные индексы перспективных ИКТ,

$z_{jm}(\cdot)$ - функции, описывающие связи значений затрат на реализацию j -й ИКТ в m -й подсистеме основной системы ($m = \overline{1, M}$) со значениями параметров ИКТ, определяющих j -ю технологию (U_{nj}),

$Z^{\text{доп}}$ - допустимые затраты.

Другая группа ограничений связана с влиянием использования ИКТ на динамику показателей развития и достижением ими заданных программами значений $F_i^{np}, i = \overline{1, I}$

$$F_i = F_i(U_n) F_i^{np}.$$

Множество альтернатив, на котором осуществляется выбор оптимального решения, включает в себя набор перспективных ИКТ. В

этом случае выбор формализуется введением альтернативных переменных [10, 16]:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-я стратегия используется для развития} \\ & \text{инфокоммуникационной системы} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases},$$

где $j = \overline{1, J}$.



Рисунок 3 – Структурная схема формирования оптимизационной модели ИКТ системы

Окончательная задача выбора направлений (стратегий) развития инфокоммуникационной составляющей сводится к многоальтернативной оптимизационной модели:

$$\varphi \left(\varphi_1 \left(\Psi_{l_1} \left(U_n(x_j) \right) \right), \varphi_2 \left(\Psi_{l_2} \left(U_n(x_j) \right) \right) \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$Z = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J z_{jm} \left(U_n(x_j) \right) Z^{\text{доп}}, \quad (2)$$

$$F_i \left(U_n(x_j) \right) \leq F_i^{\text{нр}}, i = \overline{1, I}, \quad (3)$$

$$x_j = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases}, j = \overline{1, J}. \quad (4)$$

Структурная схема формирования оптимизационной модели приведена на Рисунок 3.

Выводы. Процедуры формирования оптимизационных задач многоальтернативной агрегации основной и содействующих систем отличаются способом введения альтернативных переменных через многоступенчатую зависимость критериев и ограничений и позволяют перейти к алгоритмизации поиска максимальной эффективности развития связанной системы при выполнении граничных условий распределения финансового ресурса. На первом этапе оптимизационного моделирования целесообразно осуществить содержательное описание влияния инфокоммуникационной составляющей на управление развитием основной системы путем включения в структуру принятия управленческих решений оптимального выбора компонентов ИКТ с учетом их воздействия как на показатели программы развития, так и на индекс готовности к информационному обществу. При построении оптимизационной модели выбора компонентов инфокоммуникационной составляющей, ориентированных на управление сложной системой жизнедеятельности, эффективным является переход от многоступенчатых зависимостей между показателями, выделенными в содержательном описании, и параметрами ИКТ к соответствующим зависимостям от альтернативных переменных, определяющих непосредственно выбор компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский А.П. Управление инновационными процессами в образовательных организациях / А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2017. Т. 8. № 4-2. С. 252-256.

2. Комаристый Д.П. Задачи, связанные с управлением производительностью труда / Д.П.Комаристый, А.М.Агафонов, А.П.Степанчук, П.С.Коркин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2(21). С. 199-201.
3. Толстых С.М. Управление развитием образовательных организаций / С.М.Толстых, А.Г. Юрочкин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2(21). С. 157-160.
4. Брежнева Н.А. Моделирование взаимосвязи социально-экономических критериев и характеристик деятельности ЛПУ / Н.А.Брежнева, Ю.П.Преображенский, В.Н.Чуриков, С.Я.Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 9. С. 177-181.
5. Преображенский Ю.П. Характеристики информационно-образовательного пространства вуза / Ю.П.Преображенский // В сборнике: Антропоцентрические науки: инновационный взгляд на образование и развитие личности Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 218-219.
6. Лисицкий Д.С. Построение имитационной модели социально-экономической системы / Д.С.Лисицкий, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 135-136.
7. Зяблов Е.Л. Построение объектно-семантической модели системы управления / Е.Л.Зяблов, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 029-030.
8. Гостева Н.Н. О возможности увеличения эффективности производства / Н.Н.Гостева, А.В.Гусев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1(20). С. 76-78.
9. Гостева Н.Н. Возможности использования новых технологий в производстве / Н.Н.Гостева, А.В.Гусев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1(20). С. 79-81.
10. Львович Я. Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / Я. Е. Львович, И. Я. Львович. - Воронеж: ИПЦ "Научная книга", 210. - 140 с.
11. Львович Я. Е. Проблема оптимального выбора в прикладных задачах / Я. Е. Львович, В. Н. Фролов, С. Л. Подвальный. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1980 - 140 с.
12. Методика индекса [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://eregion.ru/metodologiya-indeksa>. - (Дата обращения: 24.04.2018).
13. Преображенский Ю.П. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами / Ю.П.Преображенский, Р.Ю.Паневин // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 5. С. 99-102.
14. Львович Я. Е. Формирование оптимизационной модели выбора

- направлений развития ИКТ в регионе на основе трансформации показателей инфокоммуникационной отрасли / Я. Е. Львович, Д. А. Недосекин // Вестник Воронежского государственного технического университета. - Воронеж, 2012. - Том 9. - № 4.
15. Кострова В. Н. О возможностях оценки инвестиционной привлекательности мебельного предприятия / В. Н.Кострова, Т. А. Цепковская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 1(24). С. 147-149.
16. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Я. Е. Львович / Воронеж, 2006, Издательство "Научная книга", 415 с.

D. A. Nedosekin

THE DECISION-MAKING PROCEDURE BASED ON MULTI-STAGE MODELLING AND OPTIMIZATION OF DEVELOPING SYSTEMS

The administration of the Voronezh region, Voronezh, Russia

The relevance of the research is based on the fact that the effectiveness of the main life activity systems is significantly determined by the development of high-tech technological systems that promote them (for example, equipment related to radiotelephone communication, equipment related to digital television, equipment for 3G, 4G-technologies). When considering a multidimensional interaction among them is education related to developing systems (ALS) (for example, include information telecommunication computer network). The structure of the decision-making system in the management of the SRS is given and the components of its mathematical support are described. The first group of procedures in the mathematical support of the JWP is related to the application of computational algorithms for determining the indicators reflected for the main and supporting systems in the standard methods, and the formation on their basis of the basic optimization problems for two subclasses of the SRS. The second group includes multi-module algorithmic procedures for choosing a rational control option, which includes, in addition to the module for the formation of a plurality of perspective options based on the results of randomized search, a preliminary module for the transformation of basic optimization problems, the final decision-making module using expert information. The structure of the index of readiness of regions to information society is given. The index is built on the basis of aggregation of values of indicators, and aggregation takes place at several levels, allowing to build ratings of regions in separate directions and factors of development of information society with varying degrees of detail. It is shown how the method of calculation of the index of readiness of the region to information society is used. The structural scheme of formation of optimization model of infocommunication technology (ICT) of the system is given.

Keywords: decision-making, system, optimization, information society, aggregation.

REFERENCES

1. Preobrazhenskiy A.P. Upravlenie innovatsionnymi protsessami v obrazovatel'nykh organizatsiyakh / A.P.Preobrazhenskiy, O.N.Choporov // *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem (elektronnyy nauchnyy zhurnal)*. 2017. Vol. 8. No. 4-2. pp. 252-256.
2. Komaristyy D.P. Zadachi, svyazannye s upravleniem proizvoditel'nost'yu truda / D.P.Komaristyy, A.M.Agafonov, A.P.Stepanchuk, P.S.Korkin // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2017. No. 2(21). pp. 199-201.
3. Tolstykh S.M. Upravlenie razvitiem obrazovatel'nykh organizatsiy / S.M.Tolstykh, A.G. Yurochkin // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2017. No. 2(21). pp. 157-160.
4. Brezhneva N.A. Modelirovanie vzaimosvyazi sotsial'no-ekonomicheskikh kriteriev i kharakteristik deyatel'nosti LPU / N.A.Brezhneva, Yu.P.Preobrazhenskiy, V.N.Churikov, S.Ya.Shcherbakov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2009. Vol. 5. No. 9. pp. 177-181.
5. Preobrazhenskiy Yu.P. Kharakteristiki informatsionno-obrazovatel'nogo prostranstva vuza / Yu.P.Preobrazhenskiy // *V sbornike: Antropotsentricheskie nauki: innovatsionnyy vzglyad na obrazovanie i razvitie lichnosti Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2018. pp. 218-219.
6. Lisitskiy D.S. Postroenie imitatsionnoy modeli sotsial'no- ekonomicheskoy sistemy / D.S.Lisitskiy, Yu.P.Preobrazhenskiy // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2008. No. 3. pp. 135-136.
7. Zyablov E.L. Postroenie ob"ektno-semanticheskoy modeli sistemy upravleniya / E.L.Zyablov, Yu.P.Preobrazhenskiy // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2008. No. 3. pp. 029-030.
8. Gosteva N.N. O vozmozhnosti uvelicheniya effektivnosti proizvodstva / N.N.Gosteva, A.V.Gusev // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2017. No. 1(20). pp. 76-78.
9. Gosteva N.N. Vozmozhnosti ispol'zovaniya novykh tekhnologiy v proizvodstve / N.N.Gosteva, A.V.Gusev // *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2017. No. 1(20). pp. 79-81.
10. L'vovich Ya. E. Prinyatie resheniy v ekspertno-virtual'noy srede / Ya. E. L'vovich, I. Ya. L'vovich. - Voronezh: IPTs "Nauchnaya kniga", 210. - 140 p.
11. L'vovich Ya. E. Problema optimal'nogo vybora v prikladnykh zadachakh / Ya. E. L'vovich, V. N. Frolov, S. L. Podval'nyy. - Voronezh: Izd-vo VGU, 1980 - 140 p.
12. Metodika indeksa [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://eregion.ru/metodologiya-indeksa>. - (Data obrashcheniya: 24.04.2018).

13. Preobrazhenskiy Yu.P. Formulirovka i klassifikatsiya zadach optimal'nogo upravleniya proizvodstvennymi ob"ektami / Yu.P.Preobrazhenskiy, R.Yu.Panevin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2010. Vol. 6. No. 5. pp. 99-102.
14. L'vovich Ya. E. Formirovanie optimizatsionnoy modeli vybora napravleniy razvitiya IKT v regione na osnove transformatsii pokazateley infokommunikatsionnoy otrasli / Ya. E. L'vovich, D. A. Nedosekin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Voronezh, 2012. – Vol 9. - No. 4.
15. Kostrova V. N. O vozmozhnostyakh otsenki investitsionnoy privlekatel'nosti mebel'nogo predpriyatiya / V. N.Kostrova, T. A. Tsepkovskaya // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2018. No.1(24). pp. 147-149.
16. L'vovich Ya.E. Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya / Ya. E. L'vovich / Voronezh, 2006, Izdatel'stvo "Nauchnaya kniga", 415 p.