

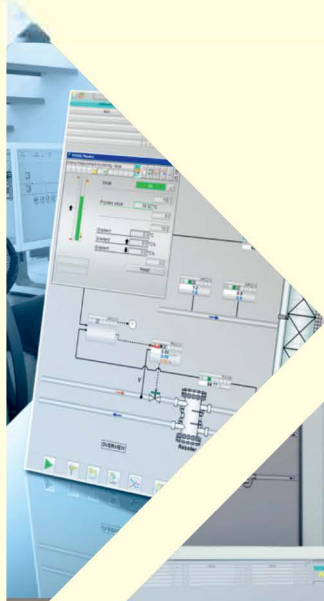
ISSN online 2658-6436

№ 3 (9)
2020

Научно-технический журнал

Автоматизация и моделирование

в проектировании и управлении



АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ



В проектировании и управлении

Издается с 2018 года

№ 3(09), 2020

Сетевое издание

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель издания – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный технический университет» (БГТУ)

Председатель редакционного совета - **Сигов А.С.**, д-р. физ.-мат. наук, проф., академик РАН

Заместитель председателя редакционного совета – **Аверченков А.В.**, д-р. техн. наук, доц.

Заместитель председателя редакционного совета – **Федонин О.Н.**, д-р. техн. наук, проф.

Бобырь М.В., д-р. техн. наук, проф. (Курск)
Бочкарев П.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Саратов)
Долгов Ю.А., д-р. техн. наук, проф. (Тирасполь)
Еременко В.Т., д-р. техн. наук, проф. (Орел)
Иващук О.А., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)
Карпенко А.П., д-р. физ.-мат. наук, проф. (Москва)
Квятковская И.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Астрахань)
Кравец А.Г., д-р. техн. наук, проф. (Волгоград)
Курейчик В.В., д-р. техн. наук, проф. (Таганрог)
Ланцов В.Н., д-р. техн. наук, проф. (Владимир)
Носков С.И., д-р. техн. наук, проф. (Иркутск)

Пестер А., д-р. техн. наук, проф. (Австрия)
Петрешин Д.И., д-р. техн. наук, проф. (Брянск)
Подвесовский А.Г., канд. техн. наук, доц. (Брянск)
Пылькин А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Рязань)
Скрыпников А.В., д-р. техн. наук, проф. (Воронеж)
Соснин П.И., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)
Феофанов А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Москва)
Хейфец М.Л., д-р. техн. наук, проф. (Белорусь)
Чепчуров М.С., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)
Шепгунов С.А., д-р. техн. наук, проф. (Москва)
Ярушкина Н.Г., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)

Редколлегия

Главный редактор – **Аверченков В.И.** д-р. техн. наук, проф.

Зам. главного редактора – **Захарова А.А.** д-р. техн. наук, доц.

Зам. главного редактора – **Подвесовский А.Г.** канд. техн. наук, доц.

Ответственный секретарь – **Кузьменко А.А.** канд. биол. наук

Корректор – **Андросов К.Ю.**

Адрес редакции:

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
тел.: (4832) 56-49-90

Адрес размещения: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-73848 от 05 октября 2018 года

ISSN online: 2658-6436

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис Crossref

Журнал публикует основные результаты научных исследований по специальностям:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

05.13.12 – Системы автоматизации проектирования
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

AUTOMATION AND MODELING

SCIENTIFIC TECHNICAL
JOURNAL



in design and management

Issued since 2018

№ 3(09), 2020

Online edition

Published once a quarter

The founder of the publication—the Federal state budgetary educational
institution of higher education
«**Bryansk State Technical University**» (BSTU)

Chairman of Editorial Board – **Sigov A.S.**, D. Phys.-Mat., Professor, Academician of RAS
Deputy Chairman of Editorial Board – **Averchenkov A.V.**, D. Eng., Associate professor
Deputy Chairman of the editorial Board – **Fedonin O.N.**, D. Eng., Professor

M.Yu. Bobyr, D. Eng., Prof., (Kursk)
P.Yu. Bochkaryov, D. Eng., Prof., (Saratov)
Yu.A. Dolgov, D. Eng., Prof., (Tiraspol)
V.T. Yeremenko, D. Eng., Prof., (Orel)
O.A. Ivashchuk, D. Eng., Prof., (Belgorod)
A.P. Karpenko, D. Phys.-Mat., Prof., (Moscow)
I.Yu. Kvyatkovskaya, D. Eng., Prof., (Astrakhan)
A.G. Kravets, D. Eng., Prof., (Volgograd)
V.V. Kureichik, D. Eng., Prof., (Taganrog)
V.N. Lantsov, D. Eng., Prof., (Vladimir)
S.Yu. Noskov, D. Eng., Prof., (Irkutsk)

A. Pester, D. Eng., Prof., (Austria)
D.I. Petreshin, D. Eng., Prof., (Bryansk)
A.G. Podvesovskiy, Can. Eng., Assoc. Prof. (Bryansk)
A.N. Pylkin, D. Eng., Prof., (Bryansk)
A.V. Skrypnikov, D. Eng., Prof., (Voronezh)
P.I. Sosnin, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)
A.N. Feofanov, D. Eng., Prof., (Moscow)
M.L. Kheifets, D. Eng., Prof., (Minsk, Belarus)
M.S. Chepchurov, D. Eng., Prof., (Belgorod)
S.A. Sheptunov, D. Eng., Prof., (Moscow)
N.G. Yarushkina, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

Editorial board
Editor-in-Chief – **Averchenkov V.I.** D. Eng., Prof.,
Deputy Editor-in Chief – **Zakharova A.A.** D. Eng., Assoc.
Prof.
Deputy Editor-in Chief – **Podvesovskiy A.G.** Can. Eng.,
Assoc. Prof.

Executive Secretary – **Kuzmenko A.A.** Can. Biol. Sc.
Corrector – **Androsov K.Yu.**
Address of edition 7, 50 Years of October Avenue,
Bryansk, Russia, 241035
Tel.: (4832) 56-49-90
Accommodation address: <https://aimpu.ru>
E-mail: aim-pu@mail.ru

The Journal is registered by the Federal
Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications
of Russian Federation (ROSKOMNADZOR). Registration
certificate Эл № ФС77-73848 of October 05, 2018

ISSN online: 2658-6436

Journal is included in a specialized consultant bibliographical service CrossRef

Reprinting, all kinds of material copying and reproduction of materials published in the journal “Automation and modeling
in design and management” is allowed only with the Editorial Board’s permission and a reference to the source of information

© Bryansk State Technical University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ**

**Mathematical modeling,
numerical methods
and program complexes**

Желтов В. С. Пространственно-угловое распределение яркости в светотехническом проектировании сцен освещения 4
Кузьменко А.А., Кондрашов Д.Е. Моделирование изменения границ лесных насаждений в задачах распределенных экономических систем 12

Zhelтов V.S. P Spatial-angular distribution of luminance in lighting design of lighting scenes
Kuzmenko A. A., Kondrashov D.E. Modeling changes in the boundaries of forest stands in the problems of distributed economic systems

**Управление в социальных
и экономических системах**

**Management in social
and economic systems**

Гегерь Э.В., Козлова И.Р. Моделирование и управление медицинскими данными 21
Карпенко Е.В., Симутин М.С. Основные характеристики бедности и возможности её преодоления с помощью современных инструментов (на материалах Брянской области) 28
Тараник М.А., Копаница Г.Д. Комплексный метод поддержки принятия управленческих решений при оказании медицинской помощи 36
Захарова А.А., Захарченков К.В., Вайнилович Ю.В. Повышение эффективности формирования проектных команд и распределения задач IT-проектов 45

Geger E.V., Kozlova I.R. Modeling and managing medical data
Karpenko E.V., Simutin M.S. Basic characteristics of poverty and possibilities of its overcoming this using modern instruments (on the materials of the Bryansk region)
Taranik M.A., Kopanitsa G.D. Complex method for decision support in medical management
Zakharova A.A., Zakharchenkov K.V., Vaynilovich Yu.V. Improving the efficiency of project teams formation and IT project tasks allocation

**Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами, системы
автоматизации проектирования**

**Automation and control of technological
processes and production,
automated design systems**

Азарченков А.А., Марченков Н.И. Моделирование оценки качества маршрутов в задачах оптимизации движения по городу 56

Azarchenkov A.A., Marchenkov N.I. Urban movement routes estimation for optimal urban driving

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК: 628.987

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-4-11

В. С. Желтов

ПРОСТРАНСТВЕННО-УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТИ В СВЕТОТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЦЕН ОСВЕЩЕНИЯ

В статье рассматривается моделирование пространственно-углового распределения яркости (ПУРЯ) в сценах освещения на основе решения уравнения глобального освещения локальными оценками метода Монте-Карло. На основе ПУРЯ формулируется новый критерий качества освещения, который в отличие от общепринятого на сегодняшний день UGR учитывает не точечный блеские источники, а непосредственно непрерывное распределение яркости. Предложенный критерий применен при анализе освещения некоторых станций московского метрополитена, на которых показана его корреляция с ощущениями реальных наблюдателей.

Ключевые слова: *пространственно-угловое распределение яркости, качество освещения, глобальное освещение.*

V.S. Zheltov

SPATIAL-ANGULAR DISTRIBUTION OF LUMINANCE IN LIGHTING DESIGN OF LIGHTING SCENES

The article deals with modeling the spatial-angular distribution of luminance (SADL) in lighting scenes based on the solution of the global lighting equation by local estimates of the Monte Carlo method. Based on the SADL, a new criterion for lighting quality is formulated, which, in contrast to the generally accepted UGR to date, does not take into account the point glare sources, but directly the continuous distribution of luminance. The proposed criterion is applied in the analysis of lighting at some stations of the Moscow metro, which shows its correlation with the feelings of real observers.

Keywords: *spatial-angular distribution of luminance, quality of illumination, global illumination.*

1. Введение

Одним из ключевых направлений светотехники является проектирование осветительных установок (ОУ). При проектировании ОУ определяются типы световых приборов, их количество, расположение, направление и т.п. При этом проектировщик руководствуется нормативными документами, определяющими качественные и количественные показатели освещения.

В современных нормативных документах для неспециальных осветительных установок (офисные, производственные, торговые и прочие) в качестве количественной характеристики нормируется освещенность и различные параметры, производные от нее (отношение минимальной освещенности к максимальной и т.п.). Как правило, все расчеты ведутся для освещенности на полу помещения или на мнимой рабочей плоскости, расположенной на высоте стола. Однако освещенность – это интегральная характеристика падающего света,

тогда как глаз человека реагирует на отраженный от поверхности свет. То есть, если взять абсолютно черную поверхность с коэффициентом отражения равным нулю, то формально на ней можно получить требуемую освещенность, при этом визуально мы ничего не увидим, так как отражаться от поверхности ничего не будет. С точки зрения органа зрения человека нормировать необходимо яркость. Сложившаяся ситуация вполне объяснима, еще совсем недавно расчет и измерения яркости представляли собой крайне сложную задачу.

Частично устраняет эту проблему введение среди множества качественных показателей для неспециальных установок объединенного показателя дискомфорта

$$UGR = 8 \lg \left[\frac{0,25}{L_a} \sum_{i=1}^N \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2} \right], \quad (1)$$

где L_i – яркость блеского источника, кд/м², ω_i – угловой размер блеского источника, стер, p_i – индекс позиции блеского источника относительно линии зрения, L_a – яркость адаптации, кд/м².

Таким образом, UGR позволил выразить всего одним числом качество освещения и вошел в нормативные документы. Таким образом, сегодня проектировщик при проектировании не специальных ОУ, таких как торговые, офисные, общественные, производственные помещения и многие другие, руководствуется освещенностью в качестве количественной характеристики и UGR как качественной оценкой освещения. Где UGR отвечает на вопрос – насколько комфортно человеку будет находиться в пределах осветительной установки.

Однако формула справедлива лишь для малоугловых равномерных блеских источников. Т.е. протяженные неравномерные блики она учесть не может в принципе. Дело осложняется еще и тем, что широко используемые в светотехническом проектировании программы моделирования DIALux и Relux построены на основе метода конечных элементов и решают не уравнение глобального освещения относительно яркости, а уравнение излучательности в диффузном приближении. Что очевидно приводит к тому, что вторичные блики не могут быть учтены в принципе. Существенным шагом вперед в светотехническом проектировании становится внедрение DIALuxEvo основанного на методе фотонных карт. Однако методика расчета UGR в нем не претерпела изменений.

Таким образом, ОУ проектируются, лишь отдаленно оценивая, насколько комфортно будет человеку в ней и нормируют невидимую характеристику – освещенность. Однако еще в начале прошлого века было высказано предположение, что ключевую роль в вопросе комфорта играет пространственно-угловое распределение яркости [1].

2. Пространственно-угловое распределение яркости

В основе моделирования осветительных установок лежит хорошо известное в компьютерной графике уравнение глобального освещения, впервые полученные James T Kajiya в 1986 году [2]

$$L(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) = L_0(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) + \frac{1}{\pi} \int L(\mathbf{r}', \hat{\mathbf{l}}') \sigma(\mathbf{r}; \hat{\mathbf{l}}, \hat{\mathbf{l}}') |(\hat{\mathbf{N}}, \hat{\mathbf{l}}')| d\hat{\mathbf{l}}', \quad (2)$$

где $L(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}})$ – яркость в точке \mathbf{r} по направлению $\hat{\mathbf{l}}$, $\sigma(\mathbf{r}; \hat{\mathbf{l}}, \hat{\mathbf{l}}')$ – двунаправленная функция отражения (отражения или пропускания), L_0 – прямая компонента яркости, непосредственно от источников, $\hat{\mathbf{N}}$ – нормаль в точке \mathbf{r} к элементу поверхности сцены.

Уравнение записано относительно точки \mathbf{r} , находящейся на поверхности сцены, однако в задаче оценки качества освещения, наблюдатель находится в объеме сцены. После ряда преобразований, можно получить уравнение, записанное относительно точки в объеме сцены [3]

$$L_V(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) = L_0(\mathbf{r}_\Sigma, \hat{\mathbf{l}}) + \frac{1}{\pi} C_{01} \int L(\mathbf{r}_1, \hat{\mathbf{l}}') \sigma(\mathbf{r}_\Sigma; \hat{\mathbf{l}}, \hat{\mathbf{l}}') G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_\Sigma) \times$$

$$\times \delta(\Pi(\mathbf{r} - |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| \hat{\mathbf{l}})) \delta\left(\hat{\mathbf{l}} - \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}\right) d^3 r_1 \frac{d^3 r_\Sigma}{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_\Sigma)^2} \quad (3)$$

где $G(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_\Sigma)$ – ядро уравнения.

Уравнение (3) описывает пространственно-угловое распределение яркости (ПУРЯ) в каждой точке пространства сцены. Что позволяет подойти к вопросу оценки качества освещения не на основе оценки отдельных бликов как в UGR, а на основе анализа непрерывного пространственно-углового распределения яркости.

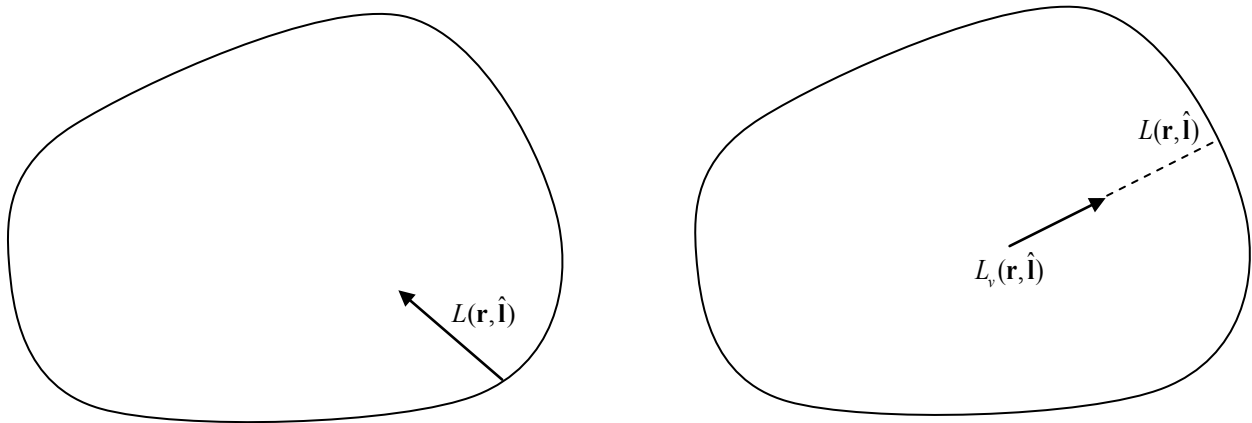


Рис. 1. Положения точек в пространстве сцены: слева – изображена точка на поверхности сцены, на рисунке справа – точка в пространстве сцены, а которых требуется определить яркость в заданном направлении

В 1997 году была опубликована работа «Instant Radiosity» [4]. Эта публикация положила начало новому подходу в решении уравнения ГО, которое в конечном счете в компьютерной графике не получило широкого распространения. Автор сформулировал алгоритм нового метода в феноменологическом подходе, не дав при этом полного его математического обоснования, используя лишь разрозненные формулы для описания отдельных частей процесса моделирования. Насколько мы видим, на сегодняшний день полной формулировки алгоритма так и нет.

В нашей работе мы предлагаем применить локальные оценки метода Монте-Карло к решению уравнения глобального освещения.

Решение уравнения глобального освещения (2) может быть разложено в ряд Неймана [5]

$$L(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) = L_0(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) + \frac{1}{\pi} \int L_0(\mathbf{r}_1, \hat{\mathbf{l}}_1) \sigma(\mathbf{r}; \hat{\mathbf{l}}_1, \hat{\mathbf{l}}) G(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}) d^3 r_1 + \\ + \frac{1}{\pi} \int \frac{1}{\pi} \int L_0(\mathbf{r}_1, \hat{\mathbf{l}}_1) \sigma(\mathbf{r}_2; \hat{\mathbf{l}}_1, \hat{\mathbf{l}}_2) G(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) d^3 r_1 \sigma(\mathbf{r}; \hat{\mathbf{l}}_2, \hat{\mathbf{l}}) G(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}) d^3 r_2 + \dots$$

После ряда преобразование выражение (4) может быть интерпретирована, как Марковская цепь с вероятностью перехода, определяемой ядром уравнения

$$k(x_i \rightarrow x) = \frac{\sigma(\mathbf{r}; \hat{\mathbf{l}}_i, \hat{\mathbf{l}}) G(\mathbf{r}_i, \mathbf{r})}{p_2(x_i \rightarrow x)}$$

В результате построения Марковской цепи мы можем проводить оценку яркости в заданной точке по заданному направлению на поверхности сцены. Такая оценка может быть

названа локальной оценкой метода Монте-Карло, так как позволяет вычислять непосредственно яркость в заданной точке поверхности сцены в заданном направлении.

Построить аналогичную схему для уравнения глобального освещения для точки находящейся в объеме сцены (3) мы не можем. Однако, качество освещения планируется определять именно на основе пространственно-углового распределения яркости – то есть необходимо иметь возможность получать угловое распределение яркости для произвольной точки в пространстве сцены. Построить аналогичную схему для уравнения глобального освещения для точки находящейся в объеме сцены (3) мы не можем. Однако, качество освещения планируется определять именно на основе пространственно-углового распределения яркости – то есть необходимо иметь возможность получать угловое распределение яркости для произвольной точки в пространстве сцены. В уравнении появляются две дополнительные δ -функции $\delta(\Pi(\mathbf{r} - |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| \hat{\mathbf{I}}))$ и $\delta\left(\hat{\mathbf{I}} - \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}\right)$, которые зависят от направления $\hat{\mathbf{I}}$. Это делает невозможным непосредственное моделирование уравнения. При моделировании яркости в заданной точке и направлении пространства сцены $(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{I}})$, мы не можем с узлов траектории марковской цепи попасть в требуемое нам направление $\hat{\mathbf{I}}$. Для этого нам требуется еще один дополнительный узел, фиксирующий промежуточную точку \mathbf{r}_Σ уравнения (3). Такой подход получил название двойной локальной оценки [5]. Двойная локальная оценка позволяет проводить моделирования уравнения глобального освещения для точки находящейся в пространстве сцены и тем самым получать пространственно-угловое распределение яркости.

3. Качество освещения

3.1. Критерий качества на основе ПУРЯ

На сегодняшний день при проектировании неспециальных осветительных установок, таких как офисные помещения, общественные места, магазины, торговые центры и др., фактически используется один единственный критерий, описывающий качество установки – объединенный показатель дискомфорта UGR. На дискомфорт, в пространственно-угловом распределении яркости, влияет не только абсолютная величина наблюдаемой яркости, но и отношение перепада яркости источник-фон к яркости фона (яркости адаптации) – контраст [6]. Отношение контраста к пороговому контрасту и может служить критерием качества освещения. В случае непрерывного пространственно-углового распределения яркости по сцене освещения естественным обобщением контраста является отношение градиента распределения яркости по полю наблюдения к средней по полю яркости [7][8]. С увеличением значения градиента граница между блеским источником и фоном будет становиться более очерченной, а качество освещения, соответственно, уменьшаться. То есть чем больше источник и чем выше градиент яркости вокруг яркого источника, тем больший вклад в дискомфорт вносит этот источник. Отметим, что в реальной жизни протяженные блики как являются источниками дискомфорта, так и вносят свой вклад в яркость адаптации ПУРЯ. Обобщенный контраст в точке сцены можно определить [9]:

$$K(x, y) = \frac{|\text{grad}(L(x, y)p(x, y))|}{\bar{L}}, \quad (4)$$

где

$$\bar{L} = \frac{1}{A} \int_{(A)} L(x, y)p(x, y) dx dy, \quad A = \int_{(A)} dx dy. \quad (5)$$

x, y – координаты точки на проекции сцены, L – яркость данной точки в направлении

наблюдения, \bar{L} – средняя по полю зрения яркость, $p(x,y)$ – некоторая весовая функция, учитывающая различный вклад в реакцию глаз точек, расположенных в центре поля зрения и на периферии. В формуле критерия p несет тот же физический смысл, что и индекс позиции в формуле UGR.

Таким образом, можем сформулировать критерий качества освещения Q как средне взвешенный по полю контраст $K(x,y)$, отнесенный к некоторому порогу:

$$Q = \frac{1}{K_{nop}} \int K(x, y) dx dy \quad (6)$$

где K_{nop} – пороговое значение контраста.

Предполагается, что пороговый контраст будет определяться зрительной задачей.

3.2. Определение пороговой яркости

Очевидно, что в предложенном виде любое малозаметное изменение яркости будет давать вклад в критерий качества, так как будет изменение градиента яркости. При этом очевидно, что изменения контрастов в яркостях ниже некоторого предела вносить реальный вклад не будут. Так, например, очевидно, что при наличии в поле зрения непосредственно источника света или блика от него в помещении, контрасты в темном углу скорее всего роли играть в восприятии качества освещения не будут. Но если формально проводить вычисление, то и они дадут вклад. Таким образом, контрасты ниже некоторого порога L_{nop} фактически не должны быть учтены.

В 1946 году Blackwell провел огромную исследовательскую работу по установлению пороговых контрастов при решении задачи обнаружения [10]. В работе экспериментально была установлена взаимосвязь между пороговым контрастом и яркостью адаптации при различных угловых размерах цели. На рисунке 2 представлены графики этой зависимости.

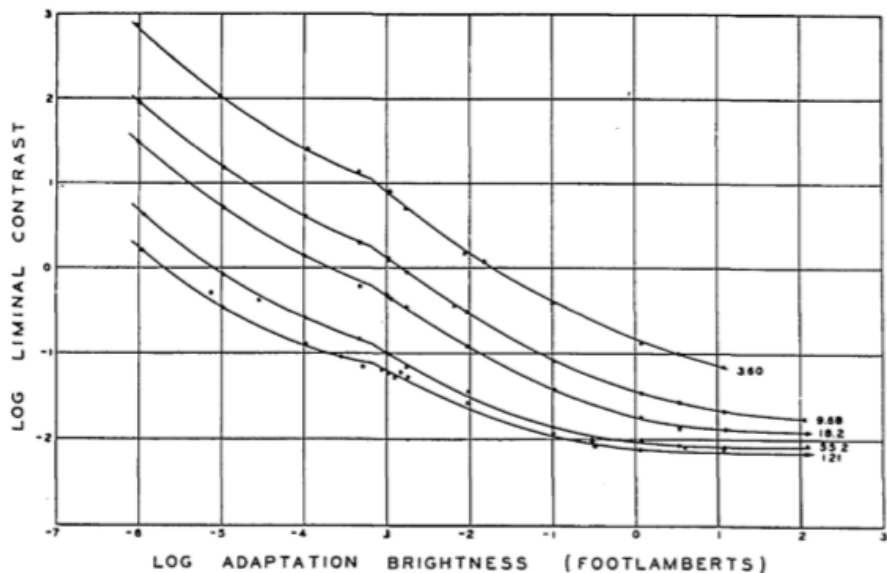


Рис. 2. Зависимость логарифма порогового контраста от логарифма яркости адаптации для 5 угловых размеров: 121.0, 55.2, 18.2, 9.68, 3.60 угловых минут

Опираясь на это исследование в качестве L_{nop} можно рассматривать некоторое количество порогов. То есть, задав минимальный размер элемента, который требуется

обнаружить – например это может быть размер символа при чтении текста или вывески с определенного расстояния. Тогда зная яркость адаптации, которая может быть взята как средняя яркость по полю, можно определить по результатам исследований Blackwell’a – пороговое изменение яркости для решения задачи обнаружения. Тогда, задав некоторое число превышений порогов, можно определить уже пороговую яркость как

$$L_{\text{пор}} = N\Delta L \quad (7)$$

где N – некоторое число, зависящее от отличия реально решаемой задачи от пороговой (как правило, для надпороговых задач N лежит в диапазоне 5-10).

То есть, в качестве пороговой яркости отсечения контрастов, не влияющих на критерий качества, мы берем некоторое число порогов, например $10\Delta L_{\text{пор}}$.

Тогда выражение для контраста может быть записано как

$$K(x, y) = \begin{cases} L(x, y) \leq L_{\text{пор}} & \rightarrow 0 \\ L(x, y) > L_{\text{пор}} & \rightarrow K(x, y) \end{cases} \quad (8)$$

Частью нашей работы стал эксперимент по определению качества освещения станций московского метрополитена. В эксперименте наблюдатели визуально определяли «качество» освещения по 10 бальной шкале при выполнении стандартной зрительной задачи – чтения вывески. Также параллельно с помощью яркомера и широкодиапазонного фотоаппарата проводились замеры яркости станций с последующей обработкой и расчетом критерия качества. На рисунке 3 представлена карта рассеяния оценки наблюдателей и критерия качества освещения. Коэффициент корреляции при этом составил 0.61 при числе порогов 50. Что является сильной корреляцией по шкале Чеддока.

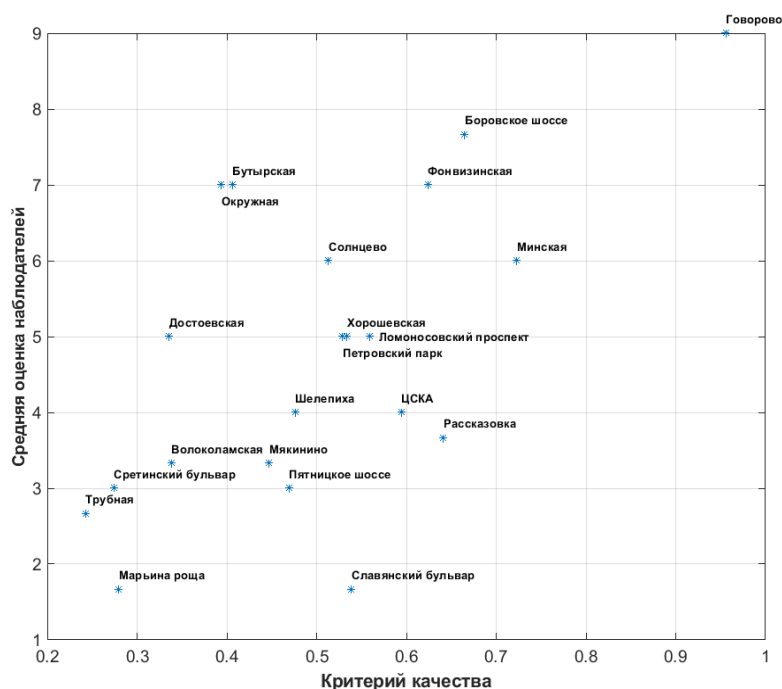


Рис. 3. Карта рассеяний средней оценки наблюдателей от критерия качества освещения для 21 станции московского метрополитена

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента корреляции от числа порогов N . Наибольшая корреляция достигается в интервале десятков порогов обнаружения Блеквелла.

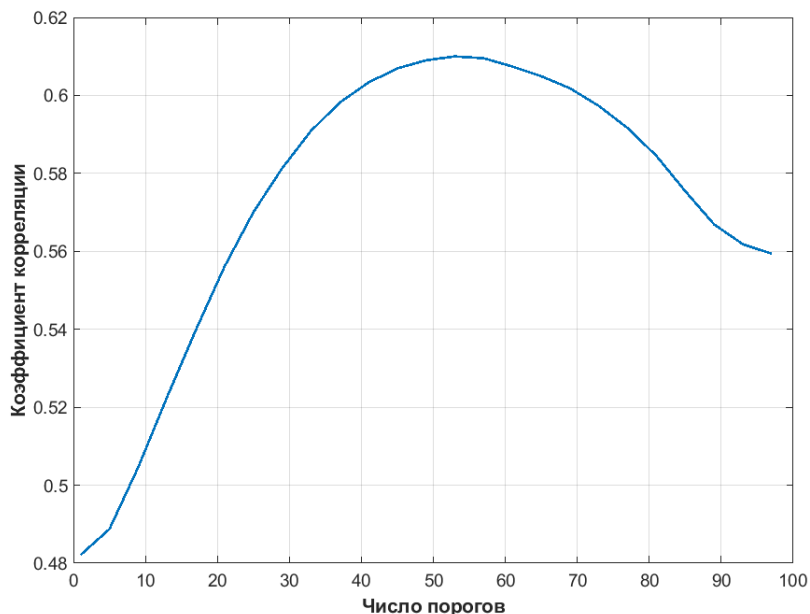


Рис. 4. Зависимость коэффициента корреляции от числа порогов

4. Выводы

Из исследований ещё 1915 года известно, что пространственно-угловое распределение яркости влияет в существенной степени на воспринимаемое наблюдателем качество освещения. На основе ПУРЯ возможно производить оценку качественных характеристик освещения, в том числе и в основном, нормируемого на сегодняшний день, обобщённого показателя дискомфорта UGR. Однако, до недавнего времени, не было ни математических методов, ни вычислительных возможностей моделировать именно ПУРЯ. Таким образом, существующая нормативная база и инструменты инженеров проектировщиком осветительных установок построены вокруг моделирования излучательности.

Однако на сегодняшний день мы имеем ситуацию, когда с точки зрения теории, математических методов решения, алгоритмов, вычислительных возможностей, физических инструментов измерения светотехническое проектирование готово к переходу на анализ подлинно воспринимаемой глазом человека характеристике – яркости. И как следствие этого процесса возможна смена парадигмы проектирования от проектирования на заданные количественные характеристики, к проектированию с учетом качества освещения на основе ПУРЯ.

Список литературы:

References:

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ferree, C. Rand, G. A Preliminary Study of the Deficiencies of the Method of Flicker for the Photometry of Lights of Different Color // Psychological Review, 1915. – V.22, № 2. – pp. 110-162. 2. Kajiya, J.T. The rendering equation // Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH'86), 1986. V.20, N4. pp.143-150. 3. Budak V. Relation of instant radiosity method with local estimations of Monte Carlo method / V. Budak , V. Zheltov, R. Notfulin, V Chembraev V. // Journal of WSCG, 2016. - pp. 189–196 4. Keller, A. Instant radiosity // SIGGRAPH '97 Proceedings of the 24th annual conference on Computer | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ferree, C. Rand, G. A Preliminary Study of the Deficiencies of the Method of Flicker for the Photometry of Lights of Different Color // Psychological Review, 1915. – V.22, № 2. – pp. 110-162. 2. Kajiya, J.T. The rendering equation // Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH'86), 1986. V.20, N4. pp.143-150. 3. Budak V. Relation of instant radiosity method with local estimations of Monte Carlo method / V. Budak , V. Zheltov, R. Notfulin, V Chembraev V. // Journal of WSCG, 2016. - pp. 189–196 4. Keller, A. Instant radiosity // SIGGRAPH '97 Proceedings of the 24th annual conference on Computer |
|---|---|

graphics and interactive techniques. - pp. 49-56.

5. Марчук, Г. И. Метод Монте-Карло в атмосферной оптике // Новосибирск, Наука, 1976. -283 с.

6. Scheir, G. H. Calculation of the Unified Glare Rating based on luminance maps for uniform and non-uniform light sources / G. H. Scheir, P. Hanselaer, P. Bracke, G. Deconinck и W. R. Ryckaert // Building and Environment, 2015. - № 84. - pp. 60-67.

7. Budak, V.P. Fast and accurate algorithm for the numerical simulation of radiative transfer in turbid media / V.P. Budak, V.S. Zheltov, A.V. Lubenchenko, K.S. Freidlin, O.V. Shagalov // Optikaatmosferyiokeana, 2016. - Vol. 26. - pp. 127-134.

8. Budak, V.P. Evaluation of illumination quality based on spatial-angular luminance distribution / V.P. Budak, V.S. Zheltov, T.V. Meshkova, R.Sh. Notfullin // Light & Engineering, 2017. - Т. 25, № 4. - С. 24-31.

9. Budak, V.P. ChembaevExperimental study of the new criterion of lighting quality based on analysis of luminance distribution at Moscow metro stations / Vladimir P. Budak, V.S. Zheltov, T.V. Meshkova// Light & Engineering, 2020. - Vol. 28, №. 3.- pp. 98–105.

10. Richard, H. Blackwell Contrast Thresholds of the Human Eye // Josa, 1946. - Volume 36, Number 11. - pp. 624-643.

graphics and interactive techniques. - pp. 49-56.

5. Marchuk, G. I. Metod Monte-Karlo v atmosfernoj optike // Novosibirsk, Nauka, 1976. -pp. 283.

6. Scheir, G. H. Calculation of the Unified Glare Rating based on luminance maps for uniform and non-uniform light sources / G. H. Scheir, P. Hanselaer, P. Bracke, G. Deconinck и W. R. Ryckaert // Building and Environment, 2015. - № 84. - pp. 60-67.

7. Budak, V.P. Fast and accurate algorithm for the numerical simulation of radiative transfer in turbid media / V.P. Budak, V.S. Zheltov, A.V. Lubenchenko, K.S. Freidlin, O.V. Shagalov // Optikaatmosferyiokeana, 2016. - Vol. 26. - pp. 127-134.

8. Budak, V.P. Evaluation of illumination quality based on spatial-angular luminance distribution / V.P. Budak, V.S. Zheltov, T.V. Meshkova, R.Sh. Notfullin // Light & Engineering, 2017. - Т. 25, № 4. - С. 24-31.

9. Budak, V.P. ChembaevExperimental study of the new criterion of lighting quality based on analysis of luminance distribution at Moscow metro stations / Vladimir P. Budak, V.S. Zheltov, T.V. Meshkova// Light & Engineering, 2020. - Vol. 28, №. 3.- pp. 98–105.

10. Richard, H. Blackwell Contrast Thresholds of the Human Eye // Josa, 1946. - Volume 36, Number 11. - pp. 624-643.

Статья поступила в редколлегию 31.07.2020.

*Рецензент: д-р. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 04.08.2020.

Сведения об авторах

Желтов Виктор Сергеевич

к.т.н., ассистент кафедры светотехники НИУ «МЭИ»,
E-mail: zheltov@list.ru

Information about authors:

Zheltov Victor

phD., assistant department of lighting technology,
Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia
E-mail: zheltov@list.ru

УДК: 519.17

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-12-20

А.А. Кузьменко, Д.Е. Кондрашов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИЦ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАДАЧАХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассматриваются особенности автоматизации процесса моделирования изменения границ лесных насаждений в результате воздействия на нее различных факторов. Основной решаемой задачей в рамках данной работы является задача распознавания древесных насаждений на снимках низкого разрешения с нечёткими границами деревьев, перпендикулярных направлению солнечного света.

Ключевые слова: моделирование границ лесных насаждений, распознавание образов.

A. A. Kuzmenko, D.E. Kondrashov

MODELING CHANGES IN THE BOUNDARIES OF FOREST STANDS IN THE PROBLEMS OF DISTRIBUTED ECONOMIC SYSTEMS

Features of automation of the process of modeling changes in the boundaries of forest stands as a result of the influence of various factors on it are considered. The main problem to be solved in this work is the problem of recognizing tree stands in low-resolution images with fuzzy tree borders perpendicular to the direction of sunlight.

Keywords: modeling of borders of forest stands, pattern recognition.

Введение

Леса Российской Федерации содержат более четверти мировых запасов древесной массы и выполняют важные средозащитные и средообразующие функции. Лесное хозяйство занимает важное место в экономике Российской Федерации, при этом признаки его деградации с каждым годом становятся всё более явными, что объясняется рядом объективных причин.

В январе 1997 г. Государственная дума приняла Лесной кодекс России, закрепивший за лесным хозяйством принципиальные позиции государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов, запретив органам управления лесным хозяйством осуществлять рубки главного пользования и переработку полученной при этом древесины на всей территории России [1].

В соответствии с новым Лесным кодексом РФ арендатор является стратегическим партнером государства в ведении лесного хозяйства. Однако в организации аукционов по продаже права аренды лесных участков имеются серьезные проблемы. Современное лесное законодательство в организации арендных отношений всё ещё не обеспечивает достаточный контроль деятельности частных организаций, что является главным фактором низкой эффективности арендных отношений в лесопользовании [2]. Наиболее значительно этот фактор проявляется на границе с Китаем (рис. 1) [3], где ущерб от недостаточного контроля коммерческой деятельности сопоставим с результатами незаконных вырубок.

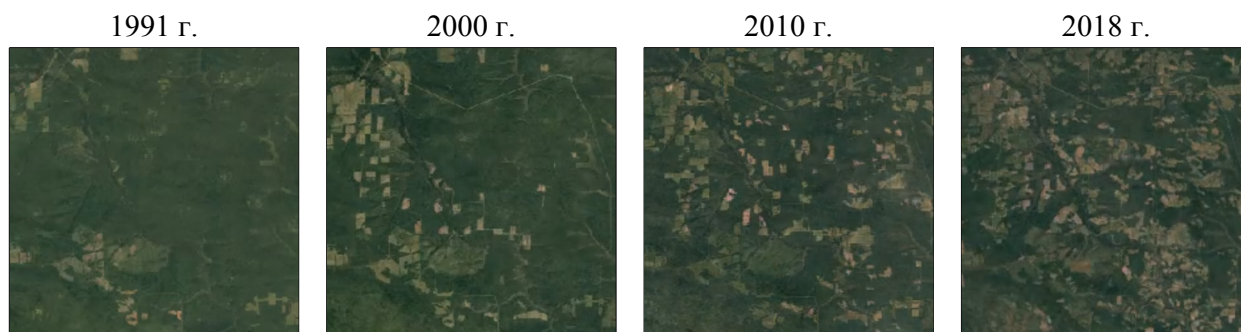


Рис. 1. Пример вырубок в Иркутской области, Google Earth Timelapse

Прогнозирование изменения границ

Изменение границ лесного насаждения может быть обусловлено множеством факторов, многие из которых носят случайный характер. Такие события, как пожары, вырубки и вспышки болезней приводят к быстрым изменениям в структуре насаждения, не имея выраженной периодичности.

На рис. 2 представлены процессы изменения границ, которые требуется учесть при разработке алгоритма.

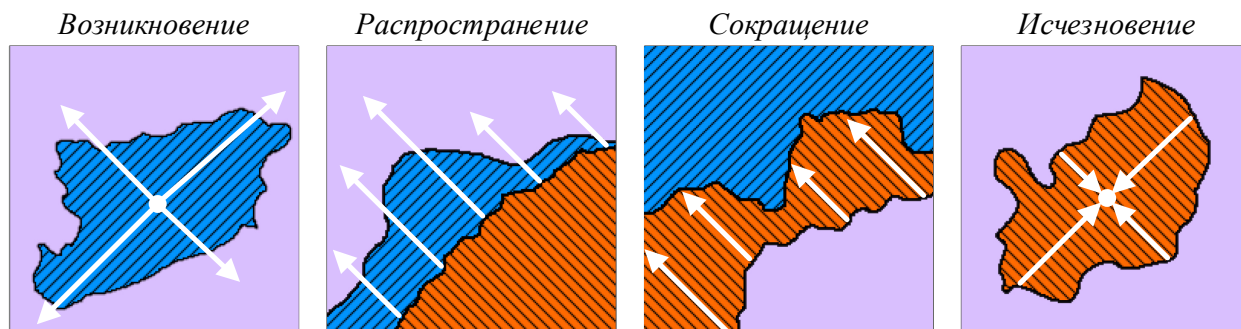


Рис. 2. Базовые сценарии изменения границ

Прогнозирование значений функции с привязкой к временному интервалу требует применения однофакторных прогнозирующих функций [4], однако в условиях отсутствия большой выборки отладка такого решения не представляется возможной. Если снизить требования к сложности прогноза, становятся доступны методы, которые проще реализовать и отладить, например, экстраполяция по шагам, когда в качестве временного интервала выступает интервал между событиями выборки.

При предположении о том, что средний уровень ряда имеет незначительные тенденции к изменению, можно принять, что прогнозируемый уровень равен среднему значению уровней в прошлом [4].

Доверительные границы для средней при небольшом числе наблюдений определяются следующим образом:

$$\hat{y}_{i+j} = \bar{Y} \pm t_{\alpha} S_{\bar{y}}; \quad (1)$$

где t_{α} – табличное значение t – статистики Стьюдента с $n-1$ степенями и уровнем вероятности $S_{\bar{y}}$.

Общая дисперсия, связанная как с колеблемостью выборочной средней, так и с варьированием индивидуальных значений вокруг средней, составит величину $S^2 + \frac{S^2}{n}$, где S – среднеквадратическое отклонение. Таким образом, доверительные интервалы для прогностической оценки равны [4]:

$$\bar{Y}_{i+j} = \bar{Y} \pm t_a S \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \quad (2)$$

Для прогнозирования границ исходно выделяются контуры – в цикле обходятся пиксели изображения, находятся граничные и сохраняются массив. Затем обходится массив и для пикселей, расстояние между которыми больше порогового, добавляется отрезок (рис. 3).

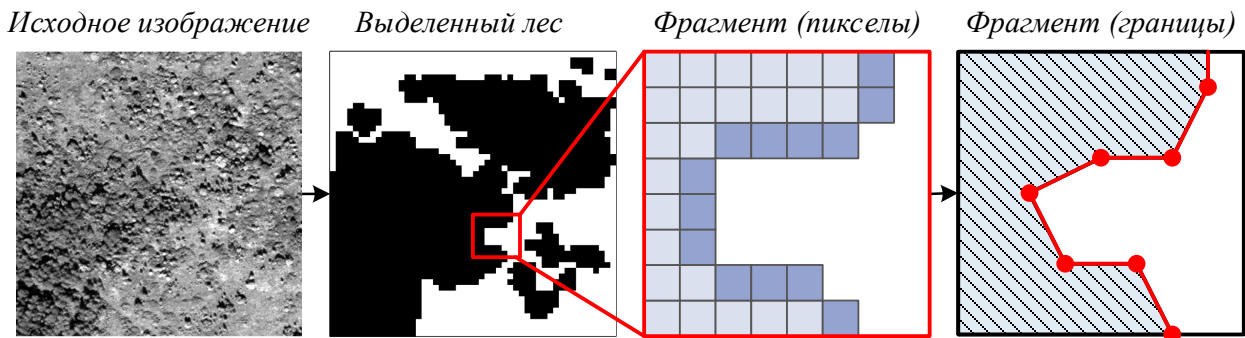


Рис. 3. Выделение границ

После выделения к полученным торчкам (стыки отрезков) применяется описанная формула. В качестве направления экстраполяции выбирается направление кратчайшего из трёх отрезков – два до двух ближайших предыдущих точек, а третий – медиана получившегося треугольника (рис. 4).

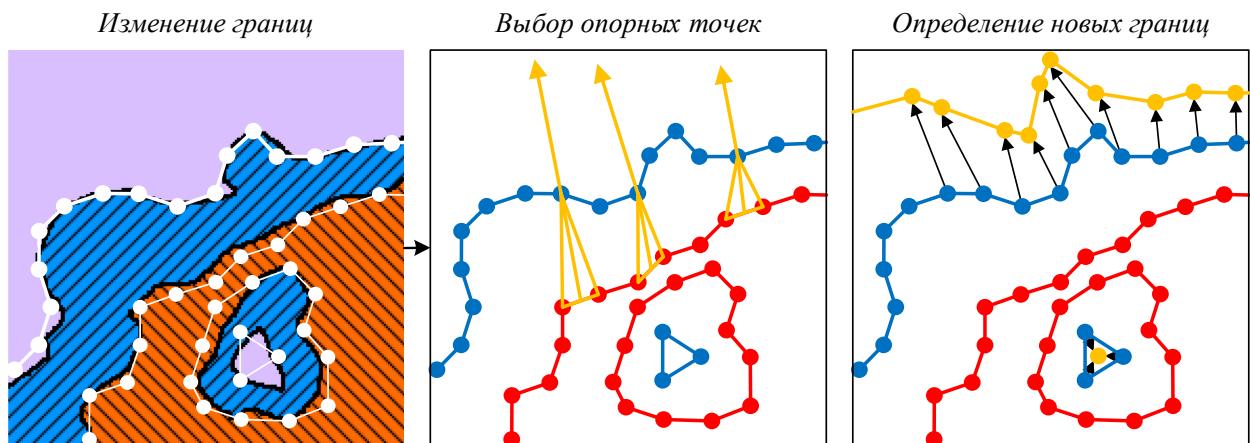


Рис. 4. Прогнозирование изменения границ за 1 шаг

Подсчёт деревьев

Многие задачи, возникающие в рамках управления лесными ресурсами, требуют наличия данных о плотности и высоте лесного покрова. К таким задачам, например, относится определение биомассы и моделирование лесных пожаров [5]. Определить высоты по снимкам без дополнительных источников информации невозможно, однако отдельные

деревья визуально поддаются выделению и подсчёту. Автоматизация этого процесса для снимков низкого разрешения осложнена нечёткостью границ деревьев, перпендикулярных направлению солнечного света. Так как крона дерева обычно имеет выпуклую форму, независимо от направления съёмки макушка кроны остаётся самой освещённой точкой, образуя локальный экстремум яркости (рис. 5).

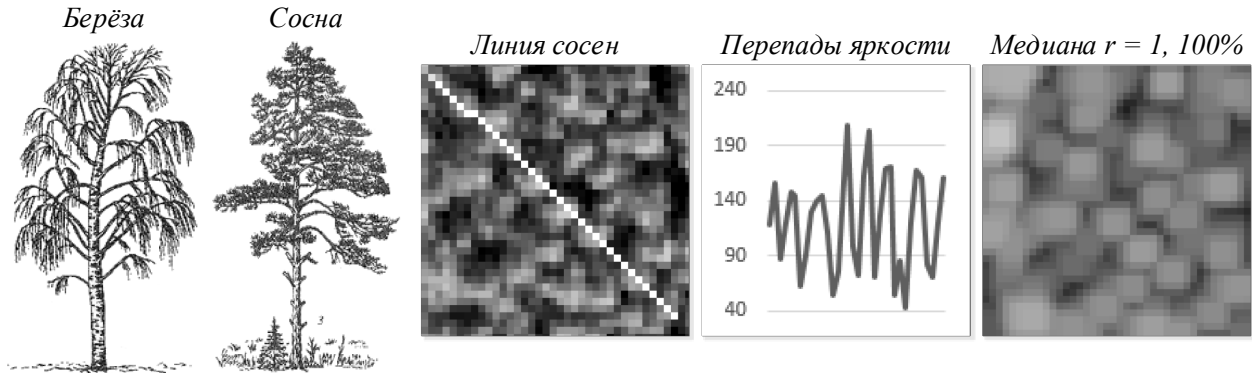


Рис. 5. Выделение кроны, как экстремумов яркости

Как показано на рис. 5, пятно, образуемое макушкой кроны, имеет сложную форму, что затрудняет установление его границ. Для приведения пятна к форме, близкой к кругу, можно воспользоваться методом медианной фильтрации. Применение медианного фильтра радиусом 1 с использованием максимально яркого цвета окрестности позволяет выделить локальные экстремумы яркости в виде однородных округлых пятен. Важно отметить, что это условие работает для всех светлых участков изображения, что делает указанный метод выделения бесполезным, если предварительно не очистить изображение от лишних областей.

Медианный фильтр удаляет из сигнала фрагменты с размерами, меньшими чем половина размера окна и при этом мало или почти совсем не искажает остальные участки сигнала. Наиболее известным применением метода является устранение коротких импульсных помех, причем амплитуда помехи не влияет на результат в отличие от реакции линейного фильтра [6].

Общая формула усредняющего фильтра, предназначенного для фильтрации изображения с размерами $M \times N$, имеет вид [6]:

$$med = arg \min_{f_i \in W} \sum_{f_j \in W} |f_i - f_j|; \quad (3)$$

где:

- W – множество пикселей, среди которых ищется медиана;
- f – значения яркостей пикселей.

Выделить лес и найти максимумы яркости мало – для решения поставленной задачи их необходимо чётко локализовать и преобразовать в пригодный для обработки вид. Как говорилось ранее, базовый ЛБШ можно адаптировать к выделению линий, точек и пятен, отфильтровывая бины с числом переходов 1-0/0-1 менее трёх. Для выделения пятен достаточно ввести два дополнительных условия – максимально допустимую разность между центральным пикселом и пикселом окрестности, а также минимально допустимую яркость центрального пиксела для фильтрации пятен в областях с подсвеченной тенью. Тогда формулы примут следующий вид:

$$LBPS(N, R, F, D) = I_a \sum_{i=0}^N I_2(f_i - f_0) \cdot 2^i \quad (4)$$

$$I_D(f_0) = \begin{cases} 1, f_0 \geq D \\ 0, f_0 < D \end{cases} \quad (5)$$

$$I_2(m) = \begin{cases} 1, m > 0 \\ 0, m \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

где:

- F – минимально допустимая яркость центрального пиксела;
- D – минимально допустимый перепад яркости пятна;
- I_D – индикатор условия по яркости;
- I_2 – индикатор условия по перепаду.

Применение описанной модификации ЛБШ для выделения пятен (далее ЛБШ-П) к необработанному изображению не даёт требуемых результатов, что демонстрируется на рис. 6.

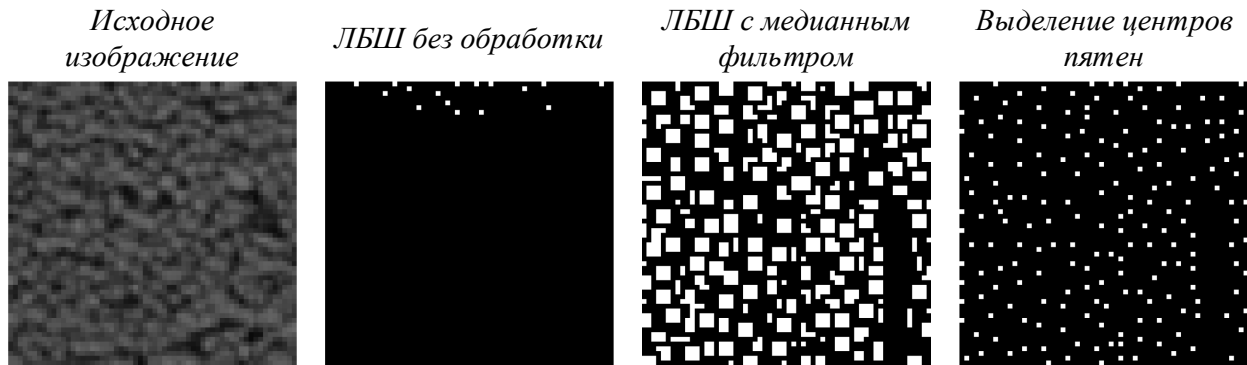


Рис. 6. Пример выделения пятен с фильтром и без

Также на рис. 6 демонстрируется необходимость постобработки полученного изображения. Предметом выделения является пятно целиком, размер которого может варьироваться. Очевидный путь решения проблемы – сведение пятна к точке (центру пятна) (рис. 7).

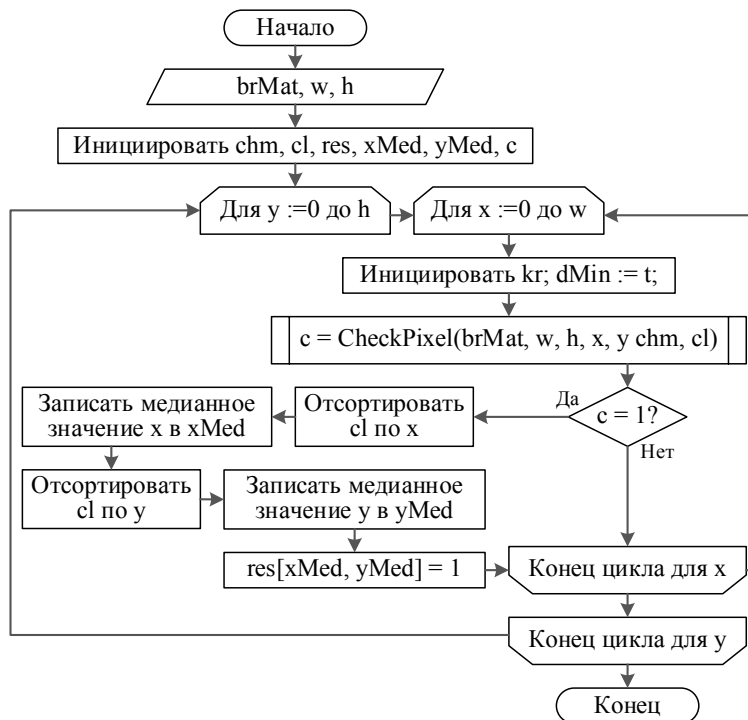


Рис. 7. Алгоритм определения центров пятен

На рис. 8 представлен алгоритм обработки окрестности пиксела.

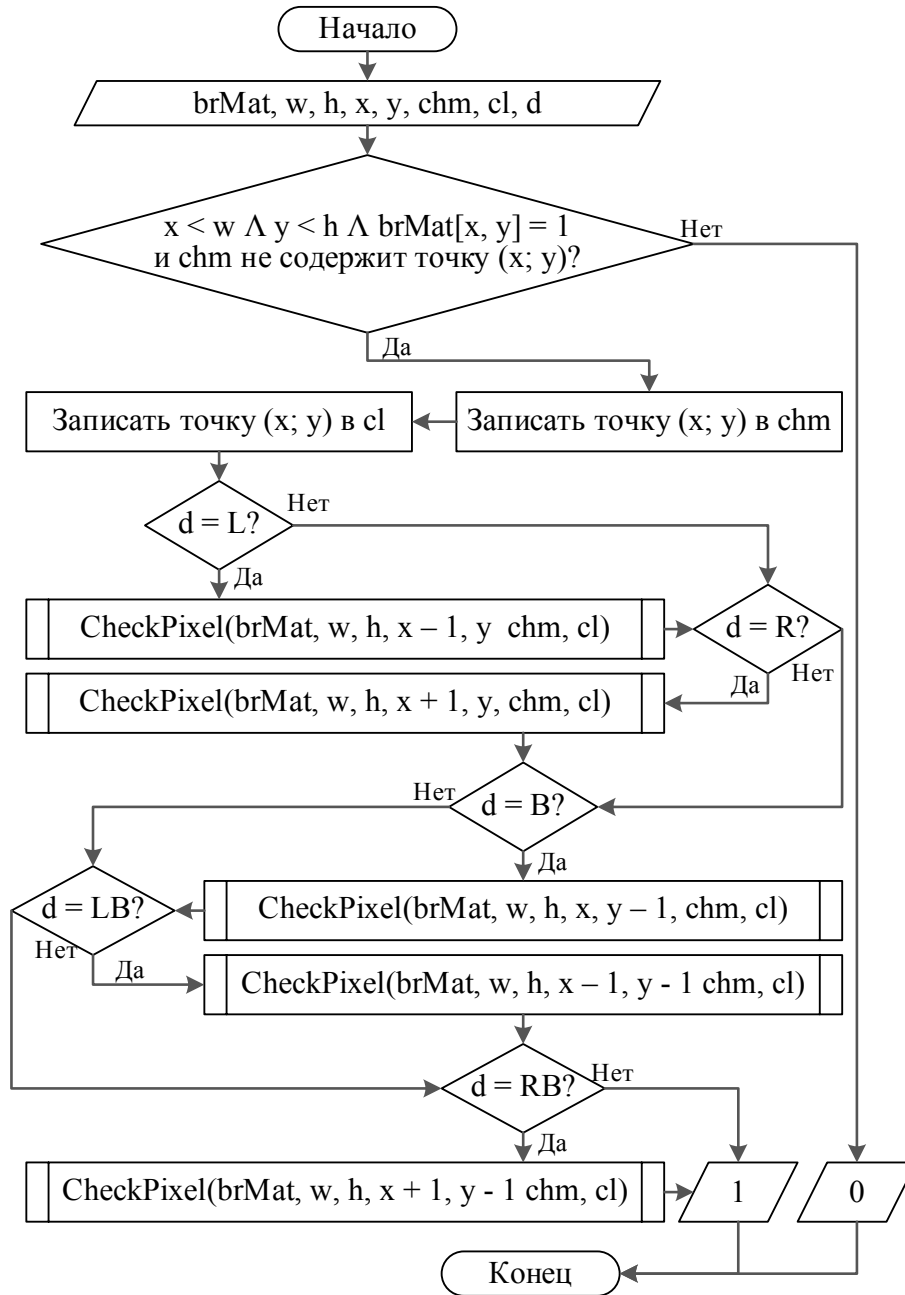


Рис. 8. Алгоритм функции Check Pixel

Для описанных алгоритмов:

- *brMat* – матрица яркости точек изображения $w \times h$ (канал В);
- *chm* – хэш-таблица обработанных точек;
- *cl* – список точек текущего пятна для определения центров;
- *xMed, yMed* – медианные координаты точек пятна (центр пятна);
- *d* – направление обхода (*R* – направо, *L* – налево, *B* – вниз, *RB* –направо-вниз, *LB* – налево-вниз).

Описанный алгоритм работает рекурсивно. Для каждого пиксела обработка ведётся во всех направлениях, кроме исходного, что обуславливает повышенную вычислительную

сложность, но позволяет выделять пятна сложной формы, например, Г-образной. При этом пересекающиеся пятна выделяются, как одна точка.

На рис. 9 представлено тестирование алгоритма на примере текстуры сосонника размером 60×60 px, 1px/м.

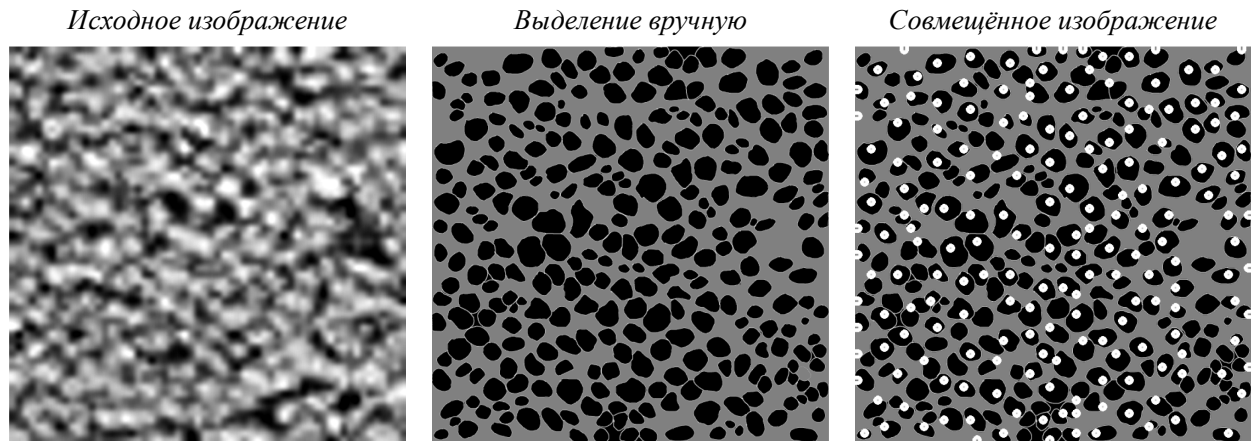


Рис. 9. Тестирование алгоритма (изображение растянуто до 600×600)

На рис. 10 представлен результат применения алгоритма в составе действующей системы.

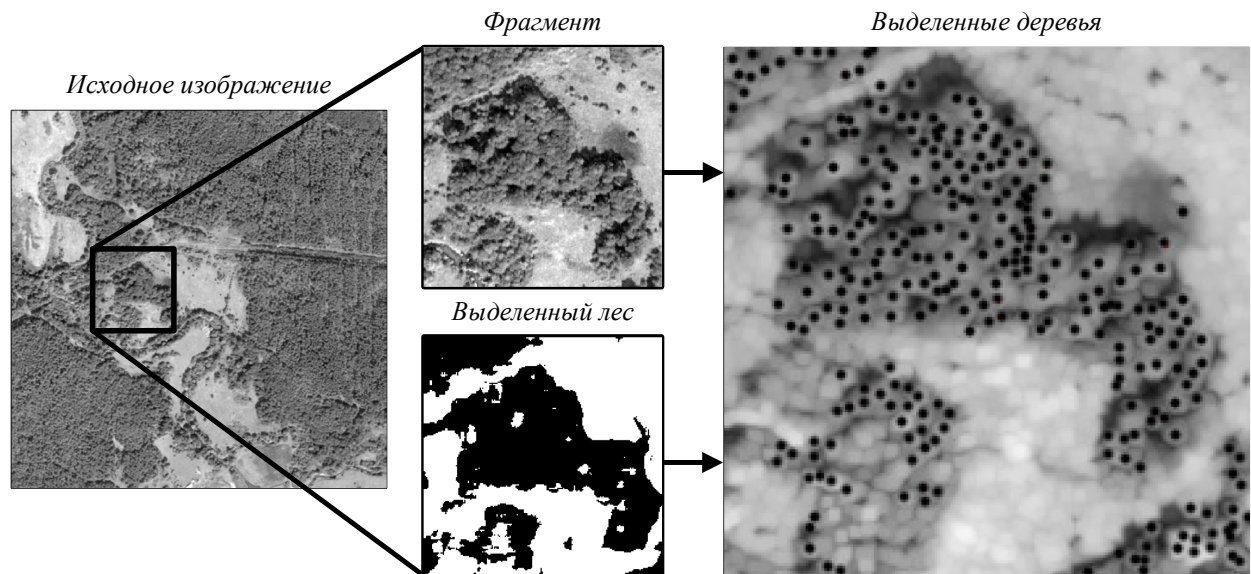


Рис. 10. Выделение деревьев на изображении $D = 0, I = 50$

Как видно из рис. 10, качество обработки напрямую зависит от результатов выделения леса. Алгоритм точно выделил пятна, но там, где лес не был выделен или выделен фон вместо леса, были допущены ошибки.

Описанный алгоритм даёт возможность составления карт плотности насаждений, пример которой представлен на рис. 11. Ожидалось, что данный метод позволит выделять подрост, однако на тестовом изображении области с наибольшей плотностью в основном представляют собой насаждения сосны.

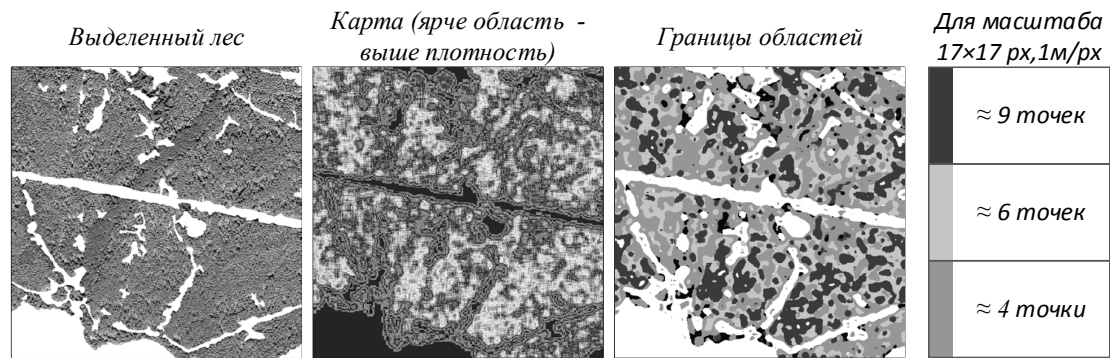


Рис. 11. Карта плотности насаждений

Выводы

Описанный алгоритм пригоден для точного подсчёта деревьев являясь приемлемым средством получения дополнительных данных по изучаемой местности.

В ходе эксперимента вручную было насчитано 201 дерево. С помощью алгоритма удалось выделить 188 деревьев, из которых 4 приходятся на упущенные при ручном подсчёте (по краям изображения). Точность составила 93.5%. Такой результат обусловлен привязкой алгоритма к размерам окон медианного фильтра и ЛБШ – 3×3 пх. Т.к. деревья вручную выделялись на растянутом изображении, в тестовый набор было включено 44 пятна с исходными размерами 1×1 пх и 2×2 пх. Также часть смежных пятен были объединены в одно на этапе выделения центров – одинаковая яркость макушки кроны сделала их неразделимыми.

Следует отметить более низкую точность алгоритма при обработке текстуры лиственных деревьев – в среднем около 87%, что обусловлено более сложной формой кроны.

Список литературы:

1. Медведев, Н.А., Пикалкина, М.Г. Управление лесами на рубеже веков [Электронный ресурс] // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2013. №4 (96). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-lesami-na-rubezhe-vekov-1>.
2. Моисев, Н. А. О состоянии использования лесов и необходимости улучшения управления лесам [Электронный ресурс] // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2011. №7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sostoyanii-ispolzovaniya-lesov-i-neobhodimosti-uluchsheniya-upravleniya-lesam>.
3. Гиряев, М. Д. Проблемы организации лесопользования в Российской Федерации режим доступа // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. -2012. №6 (89). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-organizatsii-lesopolzovaniya-v-rossiysk-oy-federatsii>
4. Местецкий, Л.М. Математические методы распознавания образов [Электронный ресурс] : курс лекций // МГУ, ВМиК, кафедра «Математические методы прогнозирования». - 2002 – 2004. Режим доступа: <http://www.ccas.ru/frc/papers/mestetskii04course.pdf>
5. Структура управления лесами Брянской области [Электронный ресурс] // Управление лесами

References:

1. Medvedev, N.A., Pikalkina, M.G. Upravlenie lesami na rubezhe vekov [Elektronnyj resurs] // Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik. 2013. №4 (96). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-lesami-na-rubezhe-vekov-1>.
2. Moisev, N. A. O sostoyanii ispolzovaniya lesov i neobhodimosti uluchsheniya upravleniya lesam [Elektronnyj resurs] // Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik. 2011. №7. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sostoyanii-ispolzovaniya-lesov-i-neobhodimosti-uluchsheniya-upravleniya-lesam>.
3. Giryayev, M. D. Problemy organizatsii lesopolzovaniya v Rossijskoj Federacii rezhim dostupa // Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik. - 2012. №6 (89). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-organizatsii-lesopolzovaniya-v-rossiysk-oy-federatsii>
4. Mestetskij, L.M. Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov [Elektronnyj resurs] : kurs lekcij // MGU, VMiK, kafedra «Matematicheskie metody prognozirovaniya». - 2002 – 2004. Rezhim dostupa: <http://www.ccas.ru/frc/papers/mestetskii04course.pdf>
5. Struktura upravleniya lesami Bryanskoj oblasti [Elektronnyj resurs] // Upravlenie lesami bryanskoj

Брянской области. - 2019. Режим доступа: <https://bryanskleshoz.ru/struktura/>
6. Кутикова, В.В., Гайдель, А.В. Исследование методов отбора информативных признаков для задачи распознавания текстурных изображений с помощью масок Лавса [Электронный ресурс] : статья // Компьютерная оптика, 2015, том 39, No5. Режим доступа:
<http://www.computeroptics.smr.ru/KO/PDF/KO39-5/390515.pdf>

oblasti. - 2019. Rezhim dostupa: <https://bryanskleshoz.ru/struktura/>
6. Kutikova, V.V., Gajdel, A.V. Issledovanie metodov otbora informativnyh priznakov dlya zadachi raspoznavaniya teksturnyh izobrazhenij s pomoshchyu masok Lavsa [Elektronnyj resurs] : statya // Kompyuternaya optika, 2015, tom 39, No5. Rezhim dostupa:
<http://www.computeroptics.smr.ru/KO/PDF/KO39-5/390515.pdf>

Статья поступила в редколлегию 03.08.2020.

*Рецензент: д-р. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 07.08.2020.

Сведения об авторах:

Кузьменко Александр Анатольевич
кандидат биологических наук доцент Брянского государственного технического университета (Брянск, Россия)
E-mail: alex-rf-32@yandex.ru

Кондрашов Дмитрий Евгеньевич
магистр кафедры компьютерные технологии и системы Брянского государственного технического университета (Брянск, Россия)

Information about authors:

Kuzmenko Aleksandr Anatolevich
Can. Biol. Sc. associate Professor FSBEI HE «Bryansk State Technical University» (Bryansk, Russia)
E-mail: alex-rf-32@yandex.ru

Kondrashov Dmitriy Evgenevich
Master of the department «Computer technologies and systems» FSBEI HE «Bryansk State Technical University» (Bryansk, Russia)

УДК: 004.6

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-21-27

Э.В. Гегерь, И.Р. Козлова

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ МЕДИЦИНСКИМИ ДАННЫМИ

В статье описывается статистический метод анализа медицинских данных, основанный на сравнении бинарных выборок. Обработка данных, которые накапливаются в медицинских информационных системах транзакционного типа, на основе анализа бинарных выборок, позволяет определять те показатели лабораторных исследований и диагнозы, которые характерны для вредных производственных факторов. Это будет способствовать развитию цифровых технологий в здравоохранении, которые позволят совершенствовать как диагностику, так и методы лечения, а также будет содействовать принятию компетентных управленческих решений.

Результаты исследований приводились к бинарному виду путем их сопоставления с интервалом статистической нормы. Диагнозы рассматривались как изначально бинарные величины. Полученные в результате бинаризации выборки для двух групп, первая группа включает в себя лица, в производственной деятельности которых присутствуют вредные факторы, а вторая – тех, у которых эти факторы отсутствуют, сравнивались между собой.

Исходная группа оказалась неоднородной по отношению к другой группе в связи с чем было принято решение провести дальнейшее исследование, основанное на разработке и апробации методики корректировки выборок с целью достижения однородности при максимальном сохранении используемых для анализа медицинских данных.

Ключевые слова: медицинские данные, бинарные выборки, анализ данных.

E.V. Geger, I.R. Kozlova

MODELING AND MANAGING MEDICAL DATA

The article describes a statistical method for analyzing medical data based on the comparison of binary samples. Processing data that is accumulated in transactional medical information systems, based on the analysis of binary samples, allows you to determine the indicators of laboratory research and diagnoses that are characteristic of harmful production factors. This will contribute to the development of digital technologies in healthcare, which will improve both diagnostics and treatment methods, as well as facilitate the adoption of competent management decisions.

The research results were converted to binary form by comparing them with the statistical norm interval. Diagnoses were considered initially as a binary variable. The samples obtained as a result of binarization for two groups, the first group includes people whose production activities contain harmful factors, and the second – those who do not have these factors, were compared with each other.

The initial group turned out to be heterogeneous in relation to the other group, so it was decided to conduct a further study based on the development and testing of methods for adjusting samples in order to achieve uniformity while maximizing the preservation of medical data used for analysis.

Keywords: medical data, binary samples, data analysis.

Введение

Моделирование – важный инструмент планирования, прогнозирования и управления в современной медицине.

Сбор и анализ исходных данных является стратегической функцией разработки

моделей. Расширение возможностей сбора и анализа медицинских данных является крайне актуальным.

Информационная сфера здравоохранения – одна из самых быстрорастущих среди исследованных данных [1].

В медицинских информационных системах накоплены большие объемы информации о лечебно-диагностическом процессе. Особенность этих данных заключается в том, что они идут непрерывным потоком и постоянно накапливаются. Это огромная часть медико-биологических данных, которыми необходимо эффективно управлять и использовать для анализа и получения персональных превентивных рекомендаций [2].

В сложившейся ситуации чрезвычайно сложно в огромном потоке информации выделить ведущие факторы этиологии, патогенеза и клинических симптомов.

Отличительной чертой медико-биологической информации является то, что она обычно представлена в слабоструктурированном или неструктурированном формате [3].

Разнообразие задач, решаемых при изучении анализируемых медицинских данных, особенностях их получения и обработки, диктует необходимость совершенствования подходов к формированию систем сбора и обработки данных медицинских информационных системах транзакционного типа [4].

Анализ предметной области показывает необходимость развития технологий сбора и преобразования медицинских данных из небольших выборок, статистический анализ этих данных позволит провести прогнозную аналитику, увеличить производительность медицинских информационных систем и принять грамотные управленческие решения.

Методы исследования

Обработка данных из небольших слабоструктурированных выборок была сделана нами на основании **анализа** результатов периодических медицинских осмотров в соответствии с Федеральным законом № 152 «О персональных данных» [5].

Построение математической модели, которая описывает собранные медицинские данные, основывалось на статистической оценке значимости разницы между показателями лабораторных исследований и заболеваемостью в группе с наличием вредных производственных факторов и в группе с отсутствием таких факторов [6, 7, 8].

Для построения модели было предложено использовать подход, основанный на анализе бинарных выборок [6, 7, 8].

Преимущества данного метода заключается в том, что в отличие от параметрических методов он не требует выполнения серьезных допущений о виде закона распределения. По сравнению с непараметрическими методами он менее чувствителен к объему выборок и значительно проще в реализации [6].

Для оценки риска влияния факторов производственной среды на здоровье работников нами были сформированы две группы:

К I группе были отнесены лица, трудовая деятельность которых связана с воздействием вредных производственных факторов.

II группу составили лица в профессиональной деятельности, которых отсутствовал вредный производственный фактор.

Рассматривались бинарные данные, которые являются результатами измерений противоположного признака и принимают два возможных значения – «0» и «1» [6, 7, 8].

В процессе исследования ставилась задача определения значимости различия средних частот двух выборок бинарных (двоичных) данных, т.е. данных, которые могут быть представлены закодированным ответом на вопрос, на который можно ответить «да» или «нет» («да» – выходит за границы нормы или «нет» – не выходит).

Выборка определяется объемом n и частотой $p = m/n$, с которой в рассматриваемой выборке встречается ответ «да» m и по которой оценивается соответствующая вероятность p .

В вероятностной модели предполагается, что m – биномиальная случайная величина $B(n, p)$ с параметрами n – объем выборки и p – вероятность определенного ответа (например, «да») [6].

Такая случайная величина может быть представлена в виде:

$$m = X_1 + X_2 + \dots + X_i, \quad (1)$$

где m – число ответов «да»;

X_i – это независимые одинаково распределенные случайные величины, которые могут принимать одно из двух значений (1 или 0), причем, если $P(X_i = 1) = p$, то $P(X_i = 0) = 1 - p$ [10, 11].

В данной задаче применение метода бинарных выборок базируется на сравнении значений индикаторных показателей с общепризнанной нормой, что дает возможность косвенно использовать результаты проводимых статистических исследований, которые позволили установить границы интервала нормы [7, 8, 9].

Метод, основанный на сопоставлении исследуемых групп по показателям **лабораторных исследований**, предусматривал бинаризацию результатов лабораторных анализов – общего анализа крови (ОАК) и общего анализа мочи (ОАМ) по признаку соотношения с принятой нормой, принимающей только два возможных значения – «да» или «нет», т.е. «соответствует» или «не соответствует» [6, 7, 8].

Если значение какого-либо показателя выходит за пределы нормы, то соответствующей бинарной величине присваивается значение «1», в противном случае – значение «0».

Такой же метод предлагается использовать и для сравнения выборок по диагнозам.

В этом случае не нужно делать предварительную бинаризацию, поскольку бинарными данными здесь являются непосредственно факты наличия или отсутствия данного диагноза у конкретного лица.

Предобработка здесь сводится к подсчету, сколько раз встречается конкретный диагноз в данной группе обследовавшихся лиц.

На предварительном этапе осуществлялась консолидация данных на основе медицинской информационной системы.

Как критерий однородности по признаку «пол» использовалась величина Q , определяемая по формуле критерия сравнения частот бинарных выборок (2) [10], а по количественному признаку «возраст» использовался критерий Крамера - Уэлча (3) [11].

$$Q = \frac{p_1^* - p_2^*}{\sqrt{\frac{p_1^*(1-p_1^*)}{n_1} + \frac{p_2^*(1-p_2^*)}{n_2}}}, \quad (2)$$

где звездочками обозначены выборочные частоты бинарных выборок, являющиеся оценками соответствующих вероятностей:

$$p_i^* = m_i / n_i,$$

где n_1 – объем выборки I;

n_2 – объем выборки II;

m_1 – количество значений, выходящих за пределы нормы в выборке I;

m_2 – количество значений, выходящих за пределы нормы в выборке II.

Применялся критерий Крамера – Уэлча t_k (3). В данном случае критерий используется традиционным в статистике образом как критерий значимости разницы средних значений двух количественных выборок [6, 7]:

$$t_k = \frac{1}{s}(\bar{x} - \bar{y}) \quad (3)$$

где

$$s = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (4)$$

$$s_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5)$$

$$s_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 \quad (6)$$

где \bar{x} – выборочное среднее арифметическое значение возраста выборки I;

\bar{y} – выборочное среднее арифметическое значение возраста выборки II; n_1 – количество значений в выборке I;

n_2 – количество значений в выборке II;

s_1^2 – несмещенная (исправленная) оценка дисперсии выборки I;

s_2^2 – несмещенная (исправленная) оценка дисперсии выборки II;

s – несмещенная (исправленная) оценка дисперсии разности выборочных средних рассматриваемых выборок.

Были получены результаты сравнения бинарных выборок по лабораторным показателям (по числу выходов этих показателей за пределы нормы) и по выставившимся диагнозам, сопоставимые с результатами наших предыдущих исследований [6].

Рассматриваемая исходная группа оказалась неоднородной по отношению к другой группе.

Было принято решение провести исследование, разработать и апробировать методику корректировки выборок с целью достижения однородности при максимальном сохранении данных, используемых для анализа.

Результаты и их обсуждение

Данное исследование посвящено решению важной задачи, заключающейся в разработке методов и алгоритмов получения и обработки информации для оценки рисков и принятия решений в сфере профилактики профзаболеваний.

В обработке данных использовались средства электронных таблиц MS Excel 2007 с применением встроенных функций. Она включала предварительную обработку и анализ с использованием формул (1), (2), (3). Подобным образом была проведена обработка данных, полученных в ранее проведенных нами исследованиях [9].

Анализировались **показатели лабораторных исследований ОАК и ОАМ и первичная заболеваемость работников промышленной отрасли** и контрольной группы по данным периодических медицинских осмотров, проводилась оценка влияния вредных производственных факторов на здоровье работающих.

Сопоставлялись выборки, относящиеся к исходным группам без объединения и корректировки выборок. Сопоставление выборок осуществлялось на основе методики сравнения бинарных выборок.

Методика этих расчетов опиралась на методы сравнения бинарных выборок по критерию Q (по признаку пола) и сравнения средних значений количественных выборок по критерию Крамера – Уэлча (по признаку возраста).

Показано, что для ситуации, когда частоты в сравниваемых бинарных выборках не слишком малы, эти два критерия дают мало отличающиеся результаты и приводят к одинаковым выводам.

Но когда сравниваемые частоты малы, устойчивость статистических выводов ухудшается, что имеет причиной низкую точность асимптотической аппроксимации биномиального распределения стандартным нормальным в случаях с малыми частотами.

Результаты исследований показывают следующее: статистически значимой оказалось различие между двумя выборками по лейкоцитам и эритроцитам в общем анализе крови, лейкоцитам в общем анализе мочи и содержанию глюкозы. Следует отметить, что отдельные показатели имеют значимую разницу как у лиц I группы, так и у лиц II группы. Данные анализа подтверждают полученные нами ранее результаты [7, 8, 9].

Однако в результате проведенного исследования оказалось, что рассмотренные группы значимо отличаются между собой по признакам пола и возраста.

Соответствующие значения критериев Q и Крамера - Уэлча K оказались по модулю больше критического значения 1,96 ($\alpha=0,05$).

Результаты проведенных исследований выявили необходимость в проведении дополнительного исследования по скорректированным выборкам лабораторных показателей и диагнозов для обоих критериев.

Выводы исследования

1. Выявлены лабораторные показатели ОАК и ОАМ, для которых выходы за пределы нормы встречаются значимо как в первой, так и во второй группах.

2. Выявлены диагнозы, которые значимо чаще встречаются в группе I: Н35.0 (Периферические ретинальные дегенерации); Н52.0 (Гиперметропия); Е78 (Чистая гиперхолестеринемия); J44.9 (Хроническая обструктивная легочная болезнь неуточненная); R73.0 (Отклонения результатов нормы теста на толерантность к глюкозе); R72 (Аномалия лейкоцитов, не классифицированная в других рубриках).

3. Выявлены лабораторные показатели, отклонения которых от нормы наблюдаются для исходной группы значимо чаще, чем в другой группе, что позволит разработать управленческие решения в проведении профилактических мероприятий.

4. Определена необходимость разработки методики корректировки исходных выборок для приведения их к однородности по признакам пола и возраста.

5. В связи с тем, что рассматривавшиеся группы оказались неоднородными между собой по признакам пола и возраста, а в контрольной группе выход за пределы нормы показателей лабораторных исследований и заболеваемость оказалась выше, чем в группе лиц, работа которых связана с наличием производственных вредностей, появилась необходимость в проведении дополнительного этапа исследования, добавив новую выборку с лицами, в работе которых отсутствует вредный производственный фактор. Каждая из исходных групп должна быть сопоставлена со всеми остальными группами. Такую совмещенную новую группу следует принимать в качестве контрольной именно для конкретной одной рассматриваемой исходной группы.

6. Целесообразно внедрить разработанный метод для анализа данных, содержащихся в информационных системах медицинских организаций, применительно к различным профессиональным группам.

7. Показана актуальность повышения эффективности управленческих решений с целью повышения уровня производственной безопасности на основе статистического анализа заболеваемости работников, взаимосвязанной с условиями труда.

Список литературы:

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7// Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL:

References:

1. Programma «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii», utverzhdenная protokolom zasedaniya prezidiuma Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federacii po strategicheskomu razvitiyu i nacionalnym proektam ot 4 iyunya 2019 g. № 7// Ministerstvo cifrovogo razvitiya, svyazi i massovyh kommunikacij Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (data

- <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 10.06.2020)
2. Гегер, Э.В. Совершенствование методов обработки данных в информационных системах поддержки принятия управленческих решений / Э.В. Гегер, Л.И. Евельсон, С.И. Федоренко, И.Р. Козлова // Современные наукоемкие технологии. Серия Информатика, вычислительная техника и управление. 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – 2019. – № 12 (часть 2). – С. 276-281.
 3. Баранов, А.А. Методы и средства комплексного интеллектуального анализа медицинских данных / А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, И.В. Смирнова, и др // Труды ИСА РАН. – 2015. – Том 65. 2. – С. 81-93.
 4. Каширин, И.Ю. Интерактивная аналитическая обработка данных в современных OLAP-системах / И.Ю. Каширин, С.Ю. Семченков. // Бизнес-информатика. – 2009. – №2 (8). – С. 12-19.
 5. О персональных данных: Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 31.12.2017) // [Консультант Плюс \[сайт\]](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 05.06.2020).
 6. Гегер, Э.В. Методика сравнения бинарных выборок при анализе медицинских данных для принятия управленческих решений / Э.В. Гегер, И.Р. Козлова, О.Н. Юркова, Л.И. Евельсон. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Информатика, вычислительная техника, управление. – 2020. – №2 (50), Т.9. – С. 164-170.
 7. Гегер, Э.В. Разработка метода оценки риска профессиональной заболеваемости, основанного на статистике нечисловых данных / Э.В. Гегер, С.И. Федоренко, Л.И. Евельсон // Перспективы науки. – 2017. – №11 (98). – С. 7-13.
 8. Гегер, Э.В. Разработка метода оценки профессиональных заболеваний для создания информационной системы производственной безопасности / Э.В. Гегер, С.И. Федоренко, Л.И. Евельсон, И.Р. Козлова // Вестник НЦ БЖД. – 2019. – №1 (39). – С. 79-87.
 9. Гегер, Э.В. Разработка метода статистической оценки риска профессиональной заболеваемости, основанного на анализе бинарных выборок / Э.В. Гегер, С.И. Федоренко, И.Р. Козлова. // Наука и бизнес: пути развития. - 2018. - №3 (81). - С. 97-101.
 10. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
 11. Орлов, А.И. Прикладная статистика / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 671 с.
 2. Geger, E.V. Sovershenstvovanie metodov obrabotki dannyh v informacionnyh sistemah podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij / E.V. Geger, L.I. Evelson, S.I. Fedorenko, I.R. Kozlova // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Seriya Informatika, vychislitel'naya tekhnika i upravlenie. 05.13.10 – Upravlenie v socialnyh i ekonomicheskikh sistemah (tekhnicheskie nauki). – 2019. – № 12 (chast 2). – S. 276-281.
 3. Baranov, A.A. Metody i sredstva kompleksnogo intellektualnogo analiza medicinskih dannyh / A.A. Baranov, L.S. Namazova-Baranova, I.V. Smirnova. i dr // Trudy ISA RAN. – 2015. – Tom 65. 2. – S. 81-93.
 4. Kashirin, I.YU. Interaktivnaya analiticheskaya obrabotka dannyh v sovremennyh OLAP-sistemah / I.YU. Kashirin, S.YU. Semchenkov. // Biznes-informatika. – 2009. – №2 (8). – S. 12-19.
 5. O personalnyh dannyh: Federalnyj zakon ot 27.07.2006 № 152-FZ (red. ot 31.12.2017) // Konsultant Plyus [sajt]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (data obrashcheniya: 05.06.2020).
 6. Geger, E.V. Metodika sravneniya binarnykh vyborok pri analize medicinskih dannyh dlya prinyatiya upravlencheskih reshenij / E.V. Geger, I.R. Kozlova, O.N. YUrkoVa, L.I. Evelson. // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. Informatika, vychislitel'naya tekhnika, upravlenie. – 2020. – №2 (50), T.9. – S. 164-170.
 7. Geger, E.V. Razrabotka metoda ocenki riska professionalnoj zabolevaemosti, osnovannogo na statistike nechislovyh dannyh / E.V. Geger, S.I. Fedorenko, L.I. Evelson // Perspektivy nauki. – 2017. – №11 (98). – S. 7-13.
 8. Geger, E.V. Razrabotka metoda ocenki professionalnyh zabolevanij dlya sozdaniya informacionnoj sistemy proizvodstvennoj bezopasnosti / E.V. Geger, S.I. Fedorenko, L.I. Evelson, I.R. Kozlova // Vestnik NC BZHD. – 2019. – №1 (39). – S. 79-87.
 9. Geger, E.V. Razrabotka metoda statisticheskoy ocenki riska professionalnoj zabolevaemosti, osnovannogo na analize binarnykh vyborok / E.V. Geger, S.I. Fedorenko, I.R. Kozlova. // Nauka i biznes: puti razvitiya. - 2018. - №3 (81). - S. 97-101.
 10. Kobzar, A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnyh rabotnikov. – M.: Fizmatlit, 2006. – 816 s.
 11. Orlov, A.I. Prikladnaya statistika / A.I. Orlov. – M.: Izdatelstvo «Ekzamen», 2006. – 671 s.

Статья поступила в редколлегию 20.07.2020.

Рецензент:

канд. техн. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Подвесовский А.Г.

Статья принята к публикации 25.07.2020.

Сведения об авторах:

Гегерь Эмилия Владимировна

доктор биологических наук, доцент, заведующая кабинетом статистики, Брянский клинико-диагностический центр
241050, г. Брянск, Россия, ул. Бежицкая, 2
E-Mail: emiliya_geger@mail.ru

Козлова Ирина Романовна

преподаватель, кафедра "Информационные технологии", Брянский государственный инженерно-технологический университет
241037, Брянск, Россия,
проспект Станке Димитрова, 3
E-Mail: kozlowa.iri2014@yandex.ru

Information about authors:

Geger Emiliya Vladimirovna

Doctor of biological sciences, Associate Professor, Head of Department of Statistic, Bryansk clinical diagnostic center
241050, Bryansk, Beziskaya st., 2
E-mail: emiliya_geger@mail.ru

Kozlova Irina Romanovna

lecturer, Department "Information technologies", Bryansk State Engineering and Technological University
241037, Bryansk, Russia, Stanke Dimitrova prospect, 3,
E-mail: kozlowa.iri2014@yandex.ru

УДК: 316.443

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-28-35

Е.В. Карпенко, М.С. Симутин

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕДНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ ПРЕОДОЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ (НА МАТЕРИАЛАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

В статье рассматривается проблема бедности в Брянской области. С помощью инструментов автоматизированного управления социальными системами проанализированы основные показатели социальной депривации, выявлены закономерности в углублении бедными своего положения. Показана хабитуализация бедности на данных социологического исследования, проведена связь между экономическими последствиями пандемии коронавируса и структурой доходов бедного населения. На основе социологического исследования ситуации с пандемией сделаны выводы и сформулированы предложения по стабилизации положения бедного населения в Брянской области.

Ключевые слова: бедность, габитус, структура доходов, социальная эксклюзия, пандемия, увеличение доходов.

E.V. Karpenko, M.S. Simutin

BASIC CHARACTERISTICS OF POVERTY AND POSSIBILITIES OF ITS OVERCOMING THIS USING MODERN INSTRUMENTS (ON THE MATERIALS OF THE BRYANSK REGION)

The article discusses the problem of poverty in the Bryansk region, using tools for automated management of social systems analyzes the main indicators of social deprivation, reveals patterns in the deepening of the poor by their position. Habitualization of poverty is shown on the basis of a sociological study, a connection is made between the economic consequences of the coronavirus pandemic and the income structure of the poor, based on a sociological study of the pandemic situation, conclusions are drawn and proposals are made to stabilize the situation of the poor in the Bryansk region.

Keywords: poverty, habitus, income structure, social exclusion, pandemic, increase in income.

Сегодня в социологической науке с особой остротой встаёт проблематика исследования бедности, что обусловлено прежде всего возросшим вниманием со стороны государства к этому вопросу. Структуризация и глубинное исследование феномена необходимо для корректировки государственной политики в данной сфере. В рамках этой статьи, с использованием данных социологического исследования, проведённого авторами, на основе методов автоматизированного управления социальными системами предпринята попытка определить основные характеристики структуры бедности в Брянской области и предложить, с учётом специфики социальной обстановки, набор мер для повышения эффективности государственной политики в области регулирования уровня бедности.

В ходе исследования было опрошено 1319 домохозяйств, в которых проживают 4788

граждан. Место проведения опроса: территории 27 муниципальных районов и 6 городских округов Брянской области. Выявлено, что в составе бедных семей граждане трудоспособного возраста составляют 52,2 % (2499 человек) от всех опрошенных.

По оценке Группы Всемирного Банка, бедность – это «выраженное снижение благосостояния». В свою очередь, благосостояние – это материальное обеспечение (доход и имущественное положение), физическое и психологическое благополучие (состояние здоровья и ощущение счастья), образование и возможность принимать участие в жизни гражданского общества [1]. Суть явления бедности в том, что люди не имеют возможности жить достойной жизнью, у них наблюдается дефицит ресурсов, представляющих ценность в данном обществе и помогающих улучшить социальное положение и статус. Из этого следует, что проблема бедности имеет двойственную природу и может быть отнесена как к экономическому, так и к социологическому полю.

Для разграничения характеристик рассматриваемой проблемы применяются разные теоретико-методологические подходы к анализу и оценке уровня бедности. Социологи исходят из трех основных концепций: абсолютной, основанной на формальном соответствии доходов установленному минимуму средств существования; субъективной, основанной на оценках собственного положения самими людьми; относительной, предполагающей, что при всём различии потребительских стандартов установление единого минимального «порога бедности» зависит от среднего уровня жизни конкретной страны.

До недавнего времени официальные представления о бедности в России базировались в основном на её абсолютном понимании, т.е. на сопоставлении среднедушевого дохода с установленным в регионе прожиточным минимумом, что, конечно, позволяло достаточно четко просчитать число бедных домохозяйств и проанализировать их распределение в условиях конкретной местности, но не учитывало определённых социальных особенностей этого явления. Так, например, данные, исходящие из сопоставления «прожиточного минимума» и душевых доходов россиян, не всегда адекватны реальной ситуации с бедностью, поскольку в современных условиях сведения о доходах, предоставляемые гражданами, не всегда могут считаться достаточно надежными.

С 2018 года Росстат начал учитывать также и показатель относительной бедности. В качестве порога относительной бедности используется располагаемый доход, который составляет 40 % (50 или 60 %) от национального медианного дохода. Население ниже этого порога является бедным [2].

Наряду с объективными показателями, составляющими некую, уже сложившуюся в обществе норму, при определении бедности учитываются и субъективные ощущения индивидов. Так, анализ отношения людей к уровню достигнутого ими благосостояния позволяет выявить их основные приоритеты в хозяйствовании и мотивы при совершении тех или иных действий, направленных на преодоление жизненной ситуации. Понятие бедности при этом конкретизируется в понятие депривации – состояния, при котором люди лишены возможности удовлетворять какую-либо свою потребность [3].

Обратившись к нашему исследованию, мы можем увидеть, что свое благосостояние как не связанное с материальными трудностями субъективно оценили 6,8 % респондентов, в то время, как по информации Федеральной службы государственной статистики на 29.04.2020 в Брянской области численность населения, имеющего среднедушевые денежные доходы ниже величины прожиточного минимума, оценивается в 13,8 % от всего населения. На основании сопоставления этих данных мы можем сделать вывод, что прожиточный минимум воспринимается населением, скорее, как минимальная сумма для выживания, но не как условие полноценной жизни. Таким образом, мы понимаем, что для объективной оценки уровня благосостояния населения нужно учитывать те социальные депривации, которые происходят вследствие недостатка доходов.

По результатам нашего исследования были выделены следующие ярко выраженные социальные депривации:

Таблица 1. Основные социальные депривации, вызванные бедностью

<i>Возможность</i>	<i>Процент опрошенных, который способен удовлетворить её</i>
Оплатить ежегодный отпуск в течение недели вне дома	3,7
Регулярное (1 раза в месяц) участие в мероприятиях досуга и отдыха с оплатой билетов	2,4
2 пары хорошо сидящей обуви (в том числе всесезонная пара)	6,4
Совместный ужин (обед) с друзьями (родственниками) 1 раз в неделю/1 раз в месяц	6,7
Позволить себе компьютер и доступ к интернету для личного пользования дома	9,3
Тратить небольшие суммы денег (в пределах 1000 руб.) на собственные нужды каждую неделю	9,8

Очевидно, что основная масса опрошенных не может позволить себе определенный уровень комфорта и рекреации. Каждая такая депривация в отдельности свидетельствует об определенном признаке лишения в какой-либо области жизнедеятельности человека, а концентрация большого количества деприваций в одном домохозяйстве – о бедности домохозяйства и исключении его из общепринятого стандарта потребления.

Наиболее уязвимую группу составляют семьи с детьми, в т.ч. многодетные семьи, неполные семьи, студенческие семьи и семьи, воспитывающие детей-инвалидов или детей с ограниченными возможностями здоровья: в этих домохозяйствах наблюдается очень высокая концентрация и большая распространённость разного вида деприваций.

Для того, чтобы повысить материальное благосостояние своей семьи 9,9 % опрошенных подтвердили, что готовы экономить на развлечениях и отдыхе, т. е. они привычно отказывают себе в отдыхе, что, несомненно, ведёт к быстрому исчерпанию физических ресурсов человека и соответствующему снижению трудоспособности. Если мы обратимся к данным о здоровье членов семьи респондентов, то в основном здоровыми себя называют только 16,5 % опрошиваемых. При этом, только 37,4 % выполняют полностью все предписания врача (анализы, исследования, препараты и пр.). Таким образом, низкие доходы провоцируют повышенную нагрузку на здоровье человека, что в свою очередь делает его менее конкурентноспособным на рынке, усугубляет его морально-психологическое состояние и закрепляет его бедность, переводя её в статус хронической. Это подтверждают результаты исследования – в стесненных материальных условиях от 3-х до более 10-ти лет проживают 74 % респондентов.

Полученные показатели наглядно демонстрирует наслоение социальных проблем, связанных с бедностью, закрепление текущего положения дел с очевидным ограниченным набором возможностей его исправить. Бедность респондентов постепенно приобретает застойный характер, поэтому существует опасность того, что в будущем это может привести не только к накоплению у них дефицита текущих доходов, но и существенно поменять их круг общения и менталитет.

Тем не менее, результаты опроса свидетельствуют, что несмотря на глубину и продолжительность бедности, подавляющее большинство респондентов не готово окончательно принять на себя социальную роль бедных: намерение изменить текущее материальное положение присутствует у 81,3 % опрошенных. Среди семей, живущих в стесненных материальных условиях от 6 до 10 лет, предполагают менять существующее положение 84,8 %. Таким образом, мы можем вести речь о таком явлении бедности, когда сами бедные не воспринимают своё положение как критическое.

Социологи предлагают объяснение подобной ситуации с помощью теории П. Бурдьё о «хабитуализации» [4]. Согласно этой теории, хабитус (habitus) есть ни что иное, как «система диспозиций, порождающая и структурирующая практику агента и его представления. Он позволяет агенту спонтанно ориентироваться в социальном пространстве и реагировать более или менее адекватно на события и ситуации...» [5].

Применительно к рассматриваемому нами явлению бедности можно отметить, что у представителей страты «бедных» формируется соответствующий хабитус как результат их деятельности в этом статусе.

Специфика такой бедности связана с предрасположенностью индивида не соотносить своё бедственное материальное положение с потерей своего социального статуса. Исходя из этого, индивид не считает себя бедняком, по его представлениям, он просто ограничен в возможностях, и поэтому он стремится максимально себя реализовать. Ключевым фактором в этом направлении – подавляющее большинство опрошенных имеют постоянную работу. Феномен «работающих бедных» особенно характерен для работников бюджетной сферы, в т.ч. сферы государственного и муниципального управления, социальной защиты населения, образования, здравоохранения, культуры. Низкий уровень оплаты труда в этих сферах наиболее часто называется среди причин того, что семья имеет малые доходы (83,8 %). Можно сделать вывод, что низкооплачиваемая работа автоматически по всем материальным показателям относит индивида к страте «бедных», но характер этой работы позволяет индивиду воспринимать себя в другой социальной страте, в основе которой показатель интеллигентности. На самоопределение человека в этом случае оказывает влияние его стремление к образованию и самообразованию, повышению уровня квалификации и т.п.

Результаты исследования показали, что 69,5 % респондентов указали, что не сталкиваются с трудностями при продолжении обучения детей после 11 класса. И только 6,2% иногда сталкиваются с подобными трудностями. Желание респондентов дать своим детям высшее образование любым путём, вплоть до попадания в ситуацию закредитованности, является показателем их стремления во что бы то ни стало сохранить свои социальные позиции. Образование, в их глазах, не только способно приподнять человека над статусом «бедного», но и может позволить ему в дальнейшем найти более высокооплачиваемую работу (важным требованием к профессии 66,7% опрошенных назвали подходящий заработок). Образование, таким образом, приобретает особое значение: даже если в последующем индивид не будет работать по специальности, наличие соответствующего диплома повлияет на его самоутверждение.

Рассмотрим также структуру расходов опрошенных семей.

Как видно из данных опроса, наибольший вес в структуре расходов семьи составляют траты на питание (около 30,6 % от общих расходов), причём 59,5 % респондентов иногда ограничивают питание из-за нехватки денег, а 25,8 % делают это на постоянной основе. Питание вообще является очень важной статьёй расходов опрошенных жителей Брянской области. Это тем более важно подчеркнуть, что выделение бедных по доле расходов домохозяйств на питание является одной из важнейших и широко распространённых методик выявления бедных. На втором месте по расходам у наших респондентов находится оплата жилья и коммунальных услуг (около 12,7 % от общих расходов). Надо отметить, что ситуация с высокими и все растущими платежами за ЖКХ, сэкономить на которых семьи практически не могут, сказывается на бедных очень тяжело. Большую роль также играют и расходы на приобретение одежды и обуви (около 12,3 % от общих расходов), при этом важно отметить, что 24,7 % опрошенных считают высокие цены на продукты питания и вещи причиной того, что семья имеет малые доходы.

Анализируя структуру расходов, можно сделать вывод, что большинство семей производят траты в основном с учётом сегодняшнего дня, не инвестируя в долгосрочную перспективу. Низкий доход не позволяет им приобретать необходимую для жизни мебель, детям посещать достаточное количество секций, тратить нужное количество средств на

развлечения. Причиной тому служит высокая доля насущных ежедневных расходов, которые составляют значительную долю семейного бюджета.

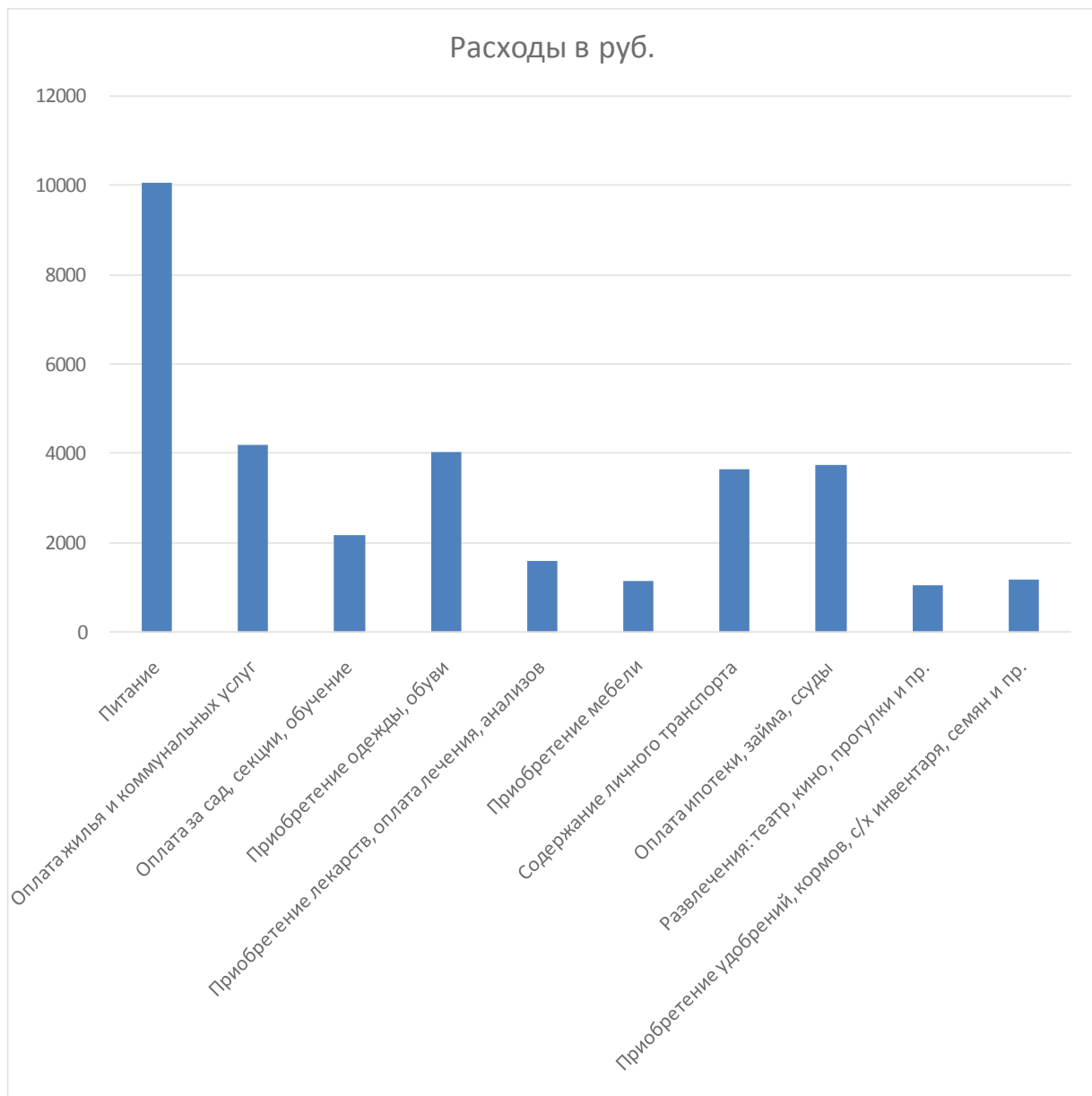


Рис. 1. Структура расходов семей

Из нижеприведённой таблицы источников средств к существованию семьи следует, что семья стремится использовать все доступные ей источники дохода.

В структуре доходов важную роль играют субсидии и другие безвозмездные выплаты государства гражданам, поскольку, господдержка позволяет многим семьям выдерживать определённый уровень материального обеспечения. Безусловно, такая роль государственной поддержки позволяет людям надеяться на улучшение своего материального положения в будущем: они имеют возможность рассчитывать хотя бы на небольшую, но постоянную поддержку от государства.

Если актуализировать эти показатели и связывать их с сегодняшним днём, то, конечно, невозможно оставить без внимания ухудшающуюся экономическую и социальную ситуацию для населения в связи с пандемией COVID-19. Так в другом нашем исследовании, связанном с распространением коронавирусной инфекции ($n = 1107$), 53,7 % от числа опрошенных указывают, что их денежные средства или скоро закончатся или уже закончились. Такое положение дел выступает как фактор риска именно для бедного слоя населения, поскольку в

ситуации имеющейся надежды на преодоление бедности, кризисная обстановка может нивелировать подобные ожидания, что грозит формированием социальной эксклюзии.

Таблица 2. Источники средств к существованию семьи

<i>Вид источника</i>	<i>Процент опрошенных</i>
Заработная плата в денежной форме	79,8
Пособия на детей и другие денежные субсидии, компенсации, льготы	52,6
Пенсия всех видов	14,3
Деньги, подарки, вещи от родственников, других частных лиц	15,8
Алименты	11,2
Стипендии	7,9
Доходы от продажи продуктов с ЛПХ, собранных грибов, ягод, продуктов охоты, рыболовства	4,6
Пособие по безработице	3,9
Доход от предпринимательской деятельности	3,0

Социальная эксклюзия - это исключение или ограничение доступа индивидов к жизненно важным социальным институтам, таким как труд, образование и др., что не позволяет им получать экономические ресурсы, необходимые для поддержания адекватного уровня жизни (своего и своей семьи) [6]. Усиление этого феномена чревато появлением в структуре бедных особых групп или индивидов, которые не способны преодолеть свою жизненную ситуацию, и она плавно перетекает в многопоколенную бедность, которая особенно опасна в плане формирования т. н. андеркласса.

Социальный состав андеркласса американский социолог У. Уилсон определяет так: «индивиды, которым не хватает опыта и умений и которые или переживают период длительной безработицы, или не входят в состав рабочей силы; индивиды, участвующие в уличных преступлениях, а также те, чье поведение отклоняется от нормы в любой другой форме; домохозяйства, долго живущие в бедности и/или в зависимости от помощи государства» [7].

Очевидно, что появление в российской действительности такого класса резко усложнит борьбу с бедностью, поэтому первоочередной задачей власти в области социальной политики должна стать выработка системы мер по предотвращению социальной эксклюзии, прежде всего, это предоставление услуг содействия занятости через систему создания рабочих мест и переобучение.

Из данных опроса связанного с исследованием влияния карантина на занятость видно, что 62,1% опрошенных так или иначе столкнулись со снижением дохода во время пандемии, а как следует из табл. 2, заработная плата в денежной форме является основным источником доходов населения. Такая картина демонстрирует, что решение проблемы бедности сегодня задача уже не стратегическая, а оперативная. Соответственно, должны быть приняты меры с учётом вышеозначенных смысловых точек.

Таким образом, бедность в Брянской области – в основном бедность работающего населения; несмотря на свое материальное положение респонденты выражают намерение изменить его; в борьбе с бедностью нужно учитывать не только количественные, но и качественные показатели; важным приоритетом у населения является получение высшего образования; ситуация с пандемией коронавирусной инфекции создаёт угрозу для усугубления ситуации и требует оперативных управленческих решений как на региональном, так и на федеральном уровне.

Для того, чтобы максимально детально исследовать габитус бедности в регионе и в стране в целом, мы предлагаем использовать методику фокусированного интервью, которая

позволит сложить в единый массив социальные, экономические и психологические предпосылки формирования бедности. В области социальной политики необходимо выдерживать последовательный вектор на увеличение доли расходов на рекреацию и досуг у граждан. Это может быть реализовано при помощи налоговых инструментов и механизмов государственного финансирования индустрии.

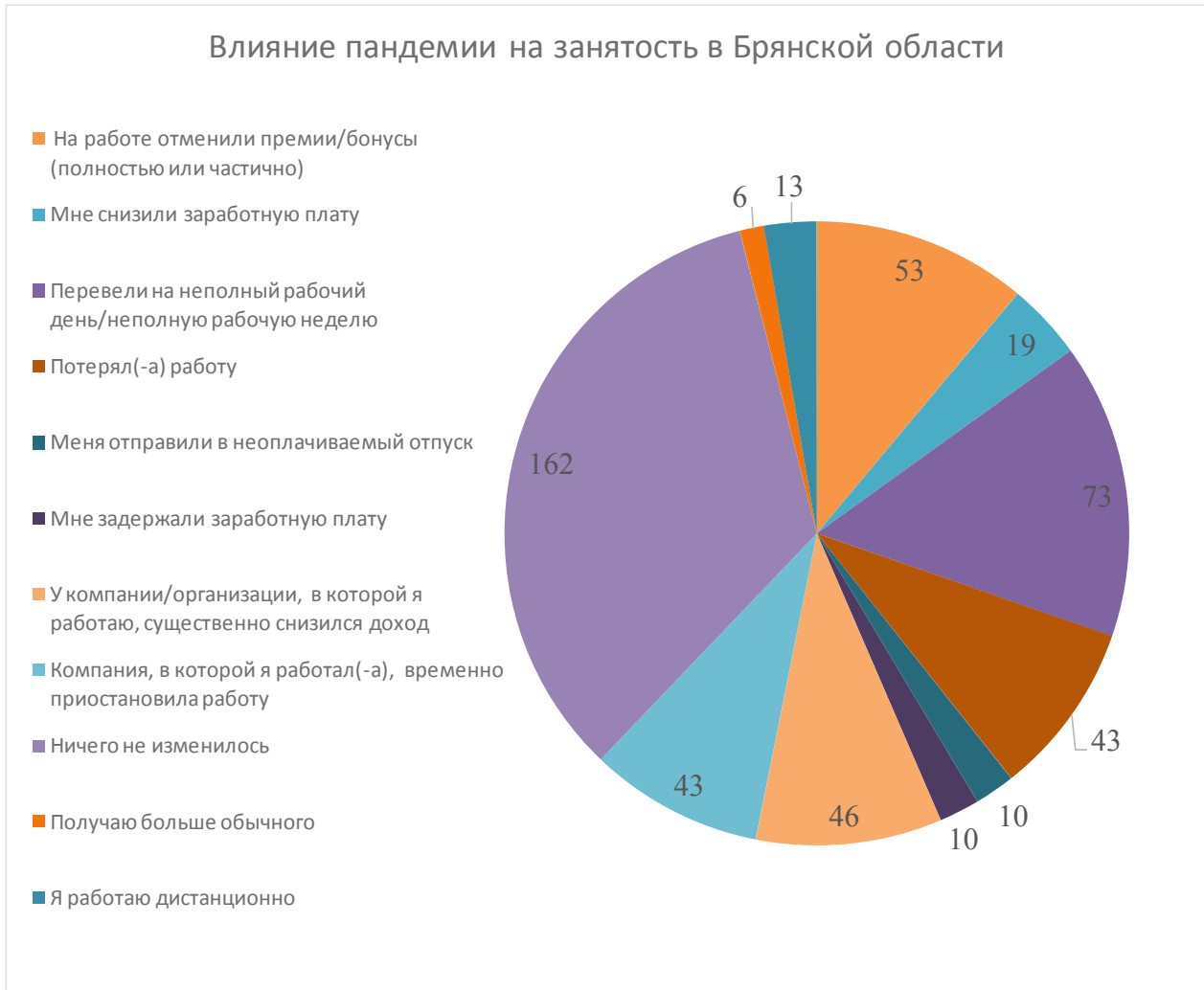


Рис. 2. Влияние пандемии на занятость в Брянской области

Однако основной приоритет должен быть отдан увеличению доходов каждого человека. Президент России Владимир Путин в послании Федеральному Собранию 15 января 2020 года уделил особое внимание теме повышения уровня доходов граждан. «Действительно, в последние годы мы наблюдали снижение реальных доходов граждан, и это очень плохо. Это одна из наших проблем, которые мы, безусловно, должны решать, но решать мы это должны на основе роста производительности труда и роста ВВП, это совершенно очевидно», - сказал Путин [8].

Что можем предложить мы, исходя из выводов проведенных исследований? Действия органов управления должны быть организованы в двух плоскостях. Первая-это не допускать маргинализации через систему образования, здравоохранение, рынок труда; вторая – адресная помощь тем, кто оказался в тяжелой ситуации.

Мы убеждены, что необходимо преодолеть зависимость граждан от уровня заработной платы путём стимулирования их предпринимательской активности. Часто бывает так, что порог входа на рынок непреодолим для бедных граждан. Это потребует от государства добавления к уже существующим социальным программам дополнительных. На наш взгляд, такие программы лучше всего реализовывать на площадках учреждений высшего образования, так как именно эти учреждения, как свидетельствуют результаты опроса, пользуются наиболее высоким спросом у населения. При ВУЗах могут быть созданы

проектные направления и/или стартапы, позволяющие студентам во время процесса обучения одновременно совершенствовать свои навыки ведения бизнеса и управления проектами. В таком случае, учебные заведения выступят своеобразной площадкой по сбору и анализу основных текущих потребностей региона, а студенты под руководством кураторов и научных сотрудников смогут создавать проектные решения, которые затем будут продвигаться на рынок под брендом ВУЗа. Это позволит обучающимся увеличить свой собственный доход, начать формировать свои портфолио и претендовать в будущем на более высокооплачиваемую работу. ВУЗы, в свою очередь, смогут привлечь больше финансовых средств. Такая мера позволит значительно увеличить деловую активность в области, что положительно скажется на среднем уровне зарплаты и количестве актуальных рабочих вакансий. Соответственно, таким образом, могут быть преодолены вызовы пандемии коронавируса и стабилизирована ситуация с уровнем бедности населения в Брянской области.

Список литературы:

1. Зубкевич, Л.А. Взаимосвязь социологических методик измерения бедности и развития человечества. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки, 2018. - № 4 (52). - с. 90-98.
2. РБК. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/economics/24/04/2019/5cbf433d9a7947e02d081862>.
3. Маслеев, А.Г. Бедность как социальное явление. // Екатеринбург: Издательство Уральского университета. – 2001. – 19 с.
4. Ильиных, С. А. Хабитуализация бедности. // Теория и практика общественного развития. – 2012, № 5 – С. 59-62.
5. Бурдьё, П. Социология политики: Пер. с фр./Сост., общ. ред. и предисл. Н. А. Шматко. [Электронный ресурс]./ Социологическое пространство Пьера Бурдьё. Режим доступа: <http://bourdieu.name/content/shmatko-vvedenie-v-socioanaliz-pera-burde> Социальная эксклюзия // https://studme.org/107604/sotsiologiya/sotsialnaya_eksklyuziya.
6. Гусев, А.Н. Андеркласс и маргинальность: сравнительный анализ современных теорий и Чикагской концепции. // Социологическое обозрение, Том 5, № 1. - 2006. - С. 102-113.
7. Сайт Президента РФ. // <http://kremlin.ru/events/president/news/62582>.

References:

1. Zubkevich L.A. Vzaimosvyaz sociologicheskikh metodik izmereniya bednosti i razvitiya chelovechestva. // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Socialnye nauki, 2018, № 4 (52), s. 90-98. S. 93
2. Podrobnее na RBK: <https://www.rbc.ru/economics/24/04/2019/5cbf433d9a7947e02d081862>
3. Bednost kak socialnoe yavlenie. // sost. A.G. Masleev. – Ekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo universiteta. – 2001. – 19 s. - S.6.
4. Ilinykh S. A. Habitualizaciya bednosti. // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. – 2012 – № 5 – S. 59-62.
5. Burdyyo P. Sociologiya politiki: Per. s fr./Sost., obshch. red. i predisl. N. A. SHmatko./ Elektronnyj resurs Sociologicheskoe prostranstvo Pera Burdyyo. <http://bourdieu.name/content/shmatko-vvedenie-v-socioanaliz-pera-burde>.
6. Gusev A.N. Anderklass i marginalnost: sravnitelnyj analiz sovremennyh teorij i SHikagskoj koncepcii. // Sociologicheskoe obozrenie Tom 5. № 1. 2006. S. 102-113. S. 103
7. Sait Prezidenta RF. // <http://kremlin.ru/events/president/news/62582>.

Статья поступила в редколлегию 22.07.2020.

Рецензент:

канд. техн. наук, доц., Брянский государственный технический университет

Подвесовский А.Г.

Статья принята к публикации 27.07.2020.

Сведения об авторах:

Карпенко Екатерина Викторовна

кандидат социологических наук, доцент кафедры социально-гуманитарных дисциплин Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Брянский филиал).
E-mail: ekakarpenko@yandex.ru

Симутин Михаил Сергеевич

студент по направлению подготовки «Государственное и муниципальное управление» Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Брянский филиал)

Information about authors:

Karpenko Ekaterina Viktorovna

Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor of the Department of Social and Humanitarian Disciplines of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (Bryansk branch).
E-mail: ekakarpenko@yandex.ru

Simutin Mikhail Sergeevich

student in the direction of training "State and Municipal Management" of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (Bryansk branch)

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

В настоящей статье представлена проблема формирования управленческих решений при оказании медицинской помощи. Качественное управление процессами медицинской организации положительно отражается на наиболее важной цели – качестве оказания медицинской помощи. Для получения улучшенного клинического результата необходимо отслеживать процесс оказания медицинской помощи и формировать управленческие и корректирующие действия во время его реализации. Для решения такой задачи в статье предлагается использовать подход с применением системы поддержки принятия решения. Основными компонентами системы являются международный стандарт хранения данных ISO 13606, аппарат нечеткой логики Мамдани, анализ прецедентов. Реализованный подход показал свою эффективность после внедрения в медицинскую организацию, осуществляющую оперативное лечение в рамках программы ОМС.

Ключевые слова: ISO 13606, нечеткая логика, интеллектуальная система, управление при оказании медицинской помощи.

COMPLEX METHOD FOR DECISION SUPPORT IN MEDICAL MANAGEMENT

The article deals with the problem of forming managerial decisions in the provision of medical care. High-quality management of the processes of a medical organization has a positive effect on the most important goal - the quality of medical care. To obtain an improved clinical result, it is necessary to monitor the process of medical care and formulate management and corrective actions during its implementation. To solve this problem, the article proposes to use an approach using a decision support system. The main components of the system are the international data storage standard ISO 13606, Mamdani fuzzy logic apparatus, case analysis. The implemented approach has shown its effectiveness after being introduced into a medical organization that carries out surgical treatment under the compulsory medical insurance program.

Keywords: ISO 13606, Fuzzy logic, intellectual system, medical management.

Введение

Специфика работы и структура объектов здравоохранения во многом затрудняет генерацию и реализацию управленческих решений [1]. С другой стороны, любая медицинская организация (МО), оказывающая медицинские услуги населению, является комплексным системным объектом со своей иерархией, персоналом, бизнес-процессами и т.д. Поэтому может рассматриваться в контексте управляемого объекта.

Эффективное управление в здравоохранении обеспечивает реализацию множества важных целей, среди которых наиболее значимой является качество оказания медицинской помощи (МП). Более того, повышение результативности управления МО является одним из важнейших факторов улучшения качества МП [2, 3]. Таким образом, управленческая деятельность влияет на клинический результат. В свою очередь, результат оказания МП может быть индикатором для формирования управленческих решений для МО.

Другим немаловажным моментом является проблема отсутствия инструментария поддержки деятельности управленца МО, способного в достаточной мере удовлетворить потребности при разрешении проблемных ситуаций [4]. В частности, информационных систем. Это обусловлено такими особенностями предметной области как нечеткость,

неопределенность, сложность построения моделей принятия решений и необходимость использования экспертного опыта. Существующие медицинские информационные системы (МИС) эффективно решают задачи, связанные с автоматизацией деятельности МО, однако данный подход не обеспечит поддержку решения задач управления руководителями МО и структурных подразделений. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР) способны анализировать данные на качественно ином уровне, принимая во внимания особенности предметной области. В большинстве современных СППР в качестве технологии логического вывода используются такие как Байесовские сети (Bayesian Networks) [5], нечеткая логика (Fuzzylogic) [6], метод опорных векторов (Support Vector Machines) [7], метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbor) [8], технология Data Mining [9] и т.д. Более того, использование комбинации технологий логического вывода может повысить эффективность обработки данных и достоверность результатов логического вывода. Таким образом, принимая во внимание характерные особенности предметной области здравоохранения, необходимо использование комплексных методов обработки данных для повышения эффективности управления МО при оказании медицинской помощи.

1. Характеристика процесса и взаимодействие контрагентов в рамках ОМС

В рамках МО можно выделить следующие уровни управления по должностным лицам [1]:

1. Стратегический уровень (главный врач);
2. Tактический уровень (заместители главного врача по медицинской части);
3. Оперативный уровень (руководители подразделений, не имеющие в подчинении других руководителей);
4. Заведующие структурными подразделениями;
5. Главные и старшие медсестры.

Представленные участники процессов МО имеют функции по принятию решений относительно процессов, осуществляемых в организации. Наиболее важным процессом в МО является оказание МП, он имеет последовательную структуру. В современной практике все данные процесса отражаются в электронной истории болезни (ЭИБ) пациента. Для представления и анализа был выбран процесс оказания медицинской помощи в рамках программы ОМС. Модель процесса представлена на рисунке 1 в нотации IDEF0.

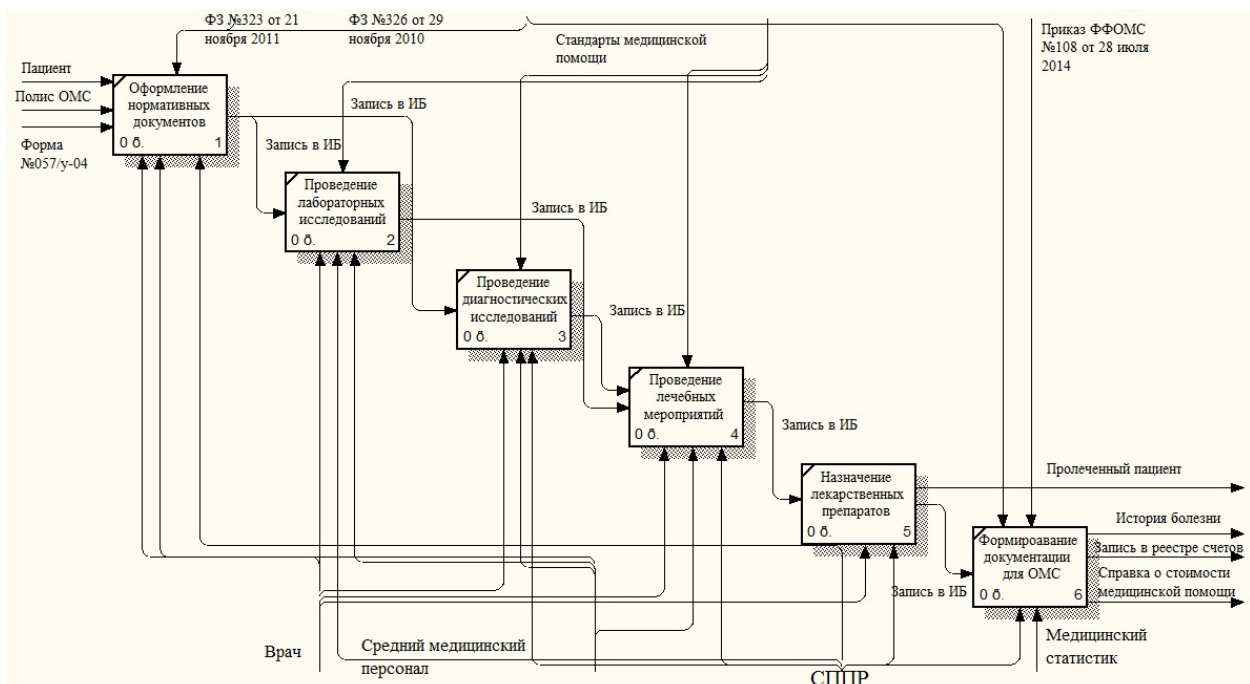


Рис. 1. Уровень А0 модели процесс оказания медицинской помощи

Особенностью работы МО в рамках программы ОМС является получение оплаты за оказанные медицинские услуги от страховой медицинской организации (СМО) по установленным тарифам после проведения экспертизы качества МП методом экспертной оценки контрольной выборки историй болезни и реестра счетов. По результатам экспертизы сумма может быть уменьшена при выявлении нарушений и несоответствия стандартам оказания МП. Описанное взаимодействие можно представить следующей иллюстрацией (рисунок 2).

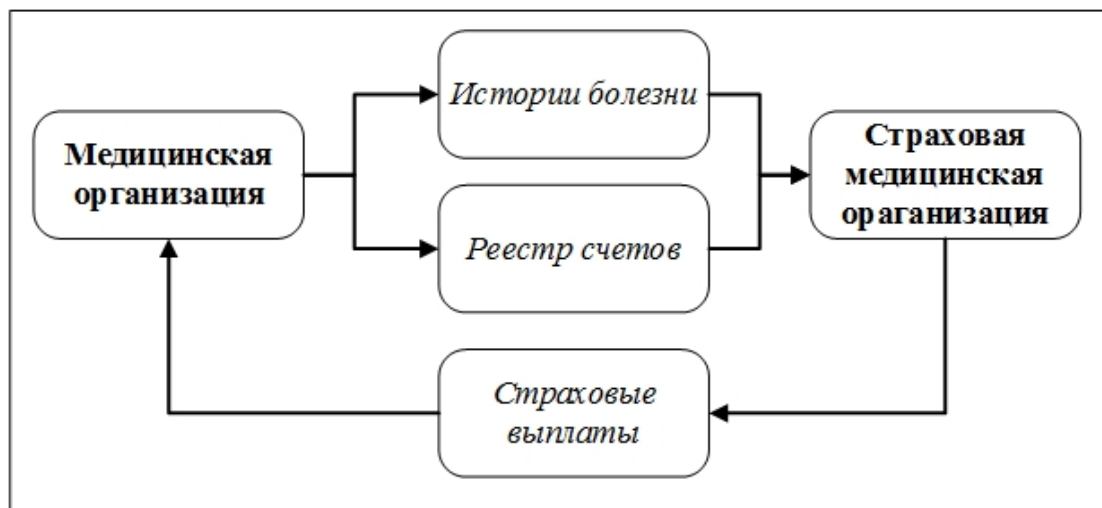


Рис. 2. Взаимодействие участников территориальной программы ОМС

Таким образом, качество оказанной МП и корректность проведения процесса оказания МП в соответствии с медицинскими стандартами влияет на размер страховых выплат. Среди актуальных подходов к повышению качества оказываемых медицинских услуг существует положительный опыт локального контроля медицинской документации, а именно введение экспертных карт, заполняемых заведующими отделений [10]. Таким образом происходит управление и коррекция процесса оказания медицинской помощи. Использование ЭИБ позволяет автоматизировать данный функционал и позволить управлять процессом оказания МП посредством сигналов о несоответствии хода лечебного процесса для ЛПР по завершению каждого из последовательных этапов.

2. Методы

2.1. Принципы проектирования разрабатываемой СППР

Принципы были сформированы на основании выявленных требований субъектов – непосредственных исполнителей исследуемого процесса. Для обоснования выбора был использован метод Саати. В качестве первого принципа был определен *принцип использования комбинированного подхода для поддержки принятия решений*. Потому как применение комбинированного алгоритма логического вывода способствует оптимизации разрабатываемой системы, повышая ее эффективность и достоверность выходных данных, которые являются основой для последующего принятия решений. Следующим принципом стал *принцип построения моделей для оценки качества МП на основе прецедентов*. Среди методов логического вывода в системах интеллектуальной обработки данных также выделяют подходы, которые можно охарактеризовать как концепции более высшего уровня. Одной из таких концепций является использование ранее накопленного опыта для обеспечения логического вывода и формирования прогнозов. Современные исследования в области использования ретроспективного анализа построены на использовании анализа

прецедентов. Основным понятием является прецедент – это структурированное представление накопленного опыта в виде данных и знаний, обеспечивающее его последующую автоматизированную обработку при помощи специализированных программных систем. Решение проблемы начинается с представления ее пользователем в виде нового прецедента. На стадии восстановления (извлечения) из базы прецедентов выбирается один или несколько прецедентов, которые считаются полезными для решения новой проблемы. Прецеденты отбираются, основываясь на подобии (близости) новой проблемы к проблемам, описание которых содержат прецеденты из базы прецедентов. Предполагается, что близкие проблемы имеют подобные решения. Точное представление подобия очень сильно влияет на качество работы системы. Возможность повторного использования в ряде случаев достигается путем адаптации (преобразования) восстановленных решений. На стадии сохранения происходит обучение системы, суть которого заключается в добавлении пересмотренного прецедента в базу прецедентов. Таким образом, опыт решения новой проблемы становится доступным для повторного использования. Для уточнения понятия близости обычно используются понятие метрики. Метрика – это правило, по которому в данном пространстве определяется расстояние между двумя точками. В настоящей работе в качестве решения проблемы организации эффективного алгоритма поиска наиболее близких прецедентов оказания услуг планового оперативного лечения было выбрано Евклидово расстояние.

Следующий принцип был определен как *принцип использования адекватной модели обработки данных в условиях неопределенности*. К числу основных логических моделей, для которых разработаны методы логического вывода, относятся: исчисление высказываний, исчисление предикатов, семантические сети, нечеткая логика (алгоритм Мамдани), дескриптивная логика. Обоснование выбора класса математической модели является одним из наиболее важных этапов при разработке системы, для которого необходим строгий учет особенностей исследуемой предметной области. Так при выборе математической модели для решения задач здравоохранения необходимо учитывать ее конкретную специфику: наличие неопределенности, неполноты, а также персонифицированности медицинских данных и знаний. Если рассматривать проектируемую систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются наличие возможности работы с накопленными знаниями экспертов, высокая скорость обработки данных для соответствующей оптимизации временных ресурсов, а также возможность работы с персонифицированными данными. В качестве решения проблемы организации эффективной системы оценки качества медицинской помощи в рамках программы ОМС была выбрана нечеткая логика.

Четвертый принцип был определен как *принцип использования стандартизированной структуры хранения данных*. Существует несколько наиболее распространенных стандартов хранения и передачи данных электронной истории болезни. Среди них ISO 13606 (Электронная история болезни – общие требования), HL-7 (стандарт электронного обмена документами) и стандарт open EHR (открытая электронная история болезни). При выборе модели хранения данных системы необходимо учитывать такие особенности исследуемой предметной области, как периодические изменения требований к набору анализируемых данных и особенности представления медицинских данных. Кроме того, используемая модель представления данных должна давать полное представление об исследуемой предметной области, с учетом её специфики. Если рассматривать систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются удобный интерфейс, высокая скорость обработки данных, простота редактирования структуры данных и сохранение интероперабельности при передаче данных между системами. В качестве решения проблемы организации эффективной системы хранения и передачи медицинских данных была выбрана модель ISO 13606. Объектная модель клинического случая представлена на рисунке 3.

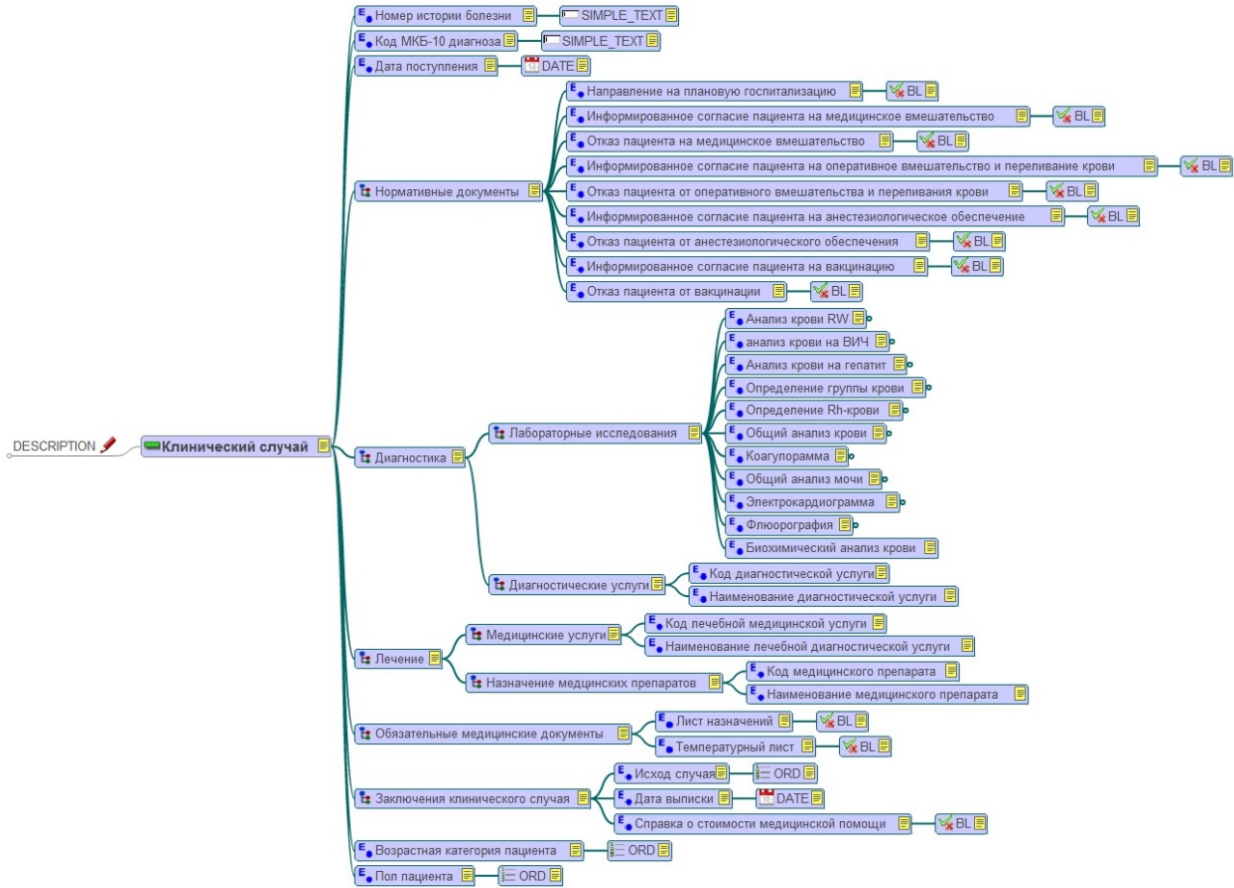


Рис. 3. Объектная модель клинического случая

Концептуально, для каждого этапа процесса оказания МП будет последовательно сформирована эталонная модель для его оценки и определение корректности этапа (рисунок 4). На основании полученной оценки ответственное ЛПР сможет принимать решения относительно корректирующие действия по оказанию МП.

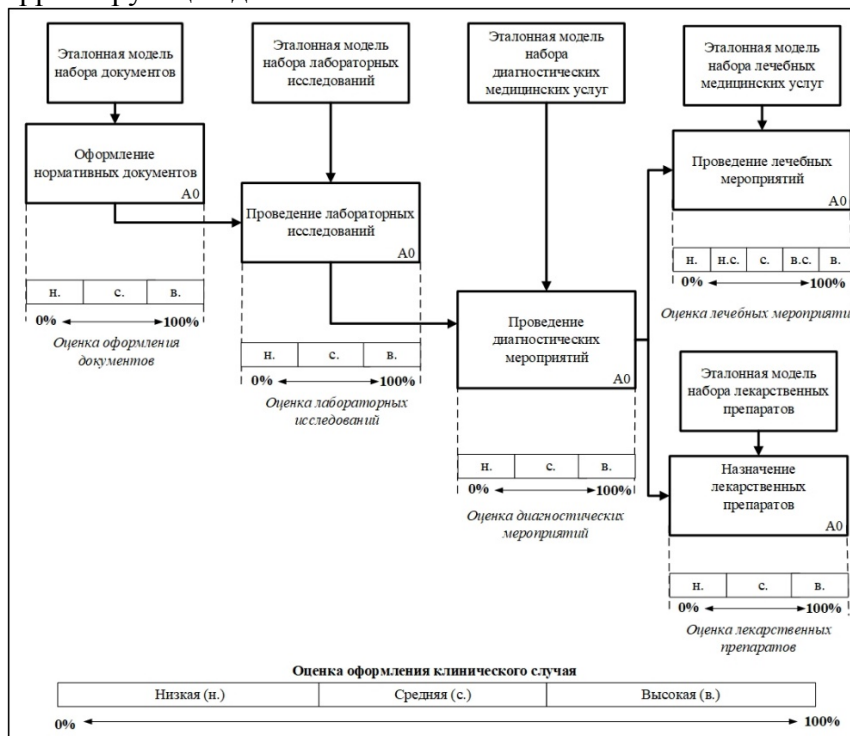


Рис. 4. Эталонные модели оценки этапов процесса оказания медицинской помощи

2.2. Модели и алгоритмы разрабатываемой СППР

Для проектирования комплекса взаимосвязанных моделей разрабатываемой СППР в работе использовался методический подход. Модель СППР оценки качества процесса оказания медицинской помощи в рамках ОМС можно представить в виде совокупности моделей, относящихся к одному из пяти видов:

$$M = \langle M^C, \{M^O\}, \{M^A\}, M^S, \{M^K\} \rangle, \quad (1.1)$$

где M^C – модель классов, M^O – модель объектов, M^A – модель зависимостей атрибутов, M^S – модель компонент системы, M^K – модель координации. В работе каждая модель представлена и рассмотрена подробно. В качестве классов были сущности как Клинический случай, Клинический прецедент, Медицинский стандарт, Правило логического вывода, Нормативный документ, Лабораторное исследование, Диагностическая услуга и др. Сформированные классы содержат методы, позволяющие применять их на каждом из этапов оценки качества процесса оказания медицинской помощи. Модель объектов формируется на базе модели классов. Каждый объект задается следующим образом:

$$o_k = \langle n(o_k), c(o_k), \{d_k(a_m) / cf(d_k(a_m))\} \rangle, \quad (1.2)$$

где $n(o_k)$ – имя объекта; $c(o_k)$ – указатель на класс, на базе которого реализован объект; $d_k(a_m) \in D(a_m) \mid a_m \in A(c(o_k))$ – значение атрибута; $cf(d_k(a_m)) \in [0,1]$ – фактор уверенности в значении атрибута, принимающий значение в интервале от 0 (полная недостоверность) до 1 (абсолютная достоверность).

Для разрабатываемой СППР были разработаны и реализованы следующие алгоритмы:

- Алгоритм поиска прецедентов клинического случая;
- Алгоритм формирования эталонных моделей клинического случая на основе стандартов оказания МП и прецедентов с использованием аппарата нечеткой логики Мамдани;
- Алгоритм оценки корректности ведения медицинской документации клинического случая на основе эталонных моделей с использованием аппарата нечеткой логики Мамдани;
- Алгоритм формирования управленческих рекомендаций и уведомлений о критических местах этапа процесса оказания МП, использующий аппарат нечеткой логики.

3. Результаты

Апробация разработанной СППР была реализована в научно-исследовательском институте Микрохирургии (г. Томск, ОКБ). Проверка осуществлялась на основе данных, предоставленных за 2016. Система позволяет использовать оценку клинического случая как на основании формализованных стандартов оказания МП, так и на основании эталонных моделей, полученных с использованием наиболее близких случаев. Внедрение системы в лечебный процесс НИИ Микрохирургии на стадии начала 2016 года позволило бы повысить корректность оформления медицинской документации за счет своевременного принятия корректирующих управленческих решений в отношении процесса оказания МП и сократить совокупную сумму вычетов по страховым выплатам. Это обуславливается данными в таблице 1, где в графе «сумма штрафа после внедрения» представлено значение страховых вычетов при своевременной коррекции процесса оказания МП.

Таблица. 1. Результаты до и после внедрения СППР

Месяц	Заявленная сумма (руб.)	Фактическая сумма ПОСЛЕ внедрения (руб.) - Стандарты	Фактическая сумма ПОСЛЕ внедрения (руб.) - Прецеденты
ЯНВАРЬ	1574976	1555289	1563164
ФЕВРАЛЬ	1673600	1652680	1661048
МАРТ	1563077	1543539	1551354
АПРЕЛЬ	1925665	1901594	1911223
МАЙ	2048297	2022693	2032935
ИЮНЬ	2003492	1978448	1988466
ИЮЛЬ	1261626	1245856	1252164
АВГУСТ	1430243	1412365	1419516
СЕНТЯБРЬ	1769870	1747747	1756596
ОКТАБРЬ	2163830	2136782	2147601
НОЯБРЬ	1909641	1885770	1895319
ДЕКАБРЬ	1753489	1731570	1740338

На рисунке 5 отображены графики до и после внедрения системы на основе данных НИИ Микрохирургии за 2016 год.

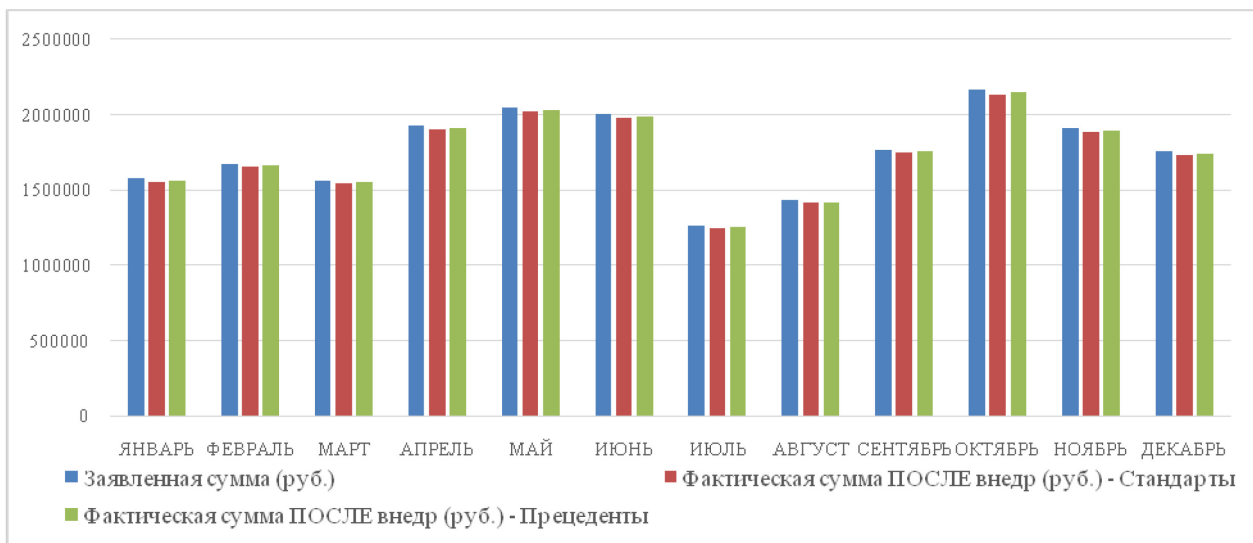


Рис. 2. Сравнение результатов до и после внедрения СППР

В результате, использование системы в 2016 году позволило бы увеличить фактическую сумму страховых выплат. Вместо 20382038,3 руб. за год, принимая во внимание результаты СППР, основанные на медицинских стандарта, было бы возможным получить 20814333,43 руб., а при прецедентном анализе 20919722,46 руб. Таким образом, внедрение СППР в деятельность НИИ Микрохирургии позволило бы увеличить количество фактических страховых выплат за 2016 год в среднем на 2,06% при анализе клинического случая по стандартам и на 2,56 % при прецедентном анализе.

Выводы

Представленный в настоящей статье подход к формированию управленческих решений при оказании медицинской помощи посредством оценки этапов процесса оказания

медицинской помощи позволяет повысить эффективность управления основными процессами МО. Это позволяет улучшить не только качество оказываемых медицинских услуг, но и функционирование МО в целом. Разработанная СППР может быть адаптирована к любой медицинской организации, использующей ЭИБ.

Список литературы:

References:

1. Каширская, Л.В. Управление качеством медицинской помощи как важнейший элемент управления учреждением в сфере здравоохранения / Л.В. Каширская, Ю.Н. Романенкова, Е.Е. Гудименко // Материалы X юбилейной Международной научно-практической Конференции «Региональная специфика и российский опыт развития бизнеса и экономики». - 2019. - С. 182-185.
2. Решетов, Д.Н., Сертакова О.В., Гусаренко С.А. Повышение эффективности управления организациями здравоохранения на основе развития системы предоставления медицинских услуг / Д.Н. Решетов, О.В. Сертакова С.А. Гусаренко // Экономика и социум: Современные модели развития. - 2017. - №18. - С. 145-155.
3. Алексеева, Н.В., Воропинова О.А. Приоритетные направления управления качеством медицинской помощи в организациях здравоохранения // материалы IV международной научно-практической конференции: в 3 томах. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина».- 2017. - С. 37-42.
4. Красильников, И.А. Управление системой здравоохранения с использованием имитационного моделирования // Имитационное моделирование, теория и практика. Восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию его применению в промышленности. - 2017. - С. 432-4237.
5. Paz, J. Biomedic Organizations: An intelligent dynamic architecture for KDD / J. Paz, J. Bajo, V. Lopez [et al] // Information Sciences. – 2013. – № 224. – Pp. 49–61.
6. Uzoka, F. Clinical decision support system (DSS) in the diagnosis of malaria: A case comparison of two soft computing methodologies / F. Uzoka, J. Osuji, O. Obot // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – P. 1537–1553.
7. Chao, P. An intelligent classifier for prognosis of cardiac resynchronization therapy based on speckle-tracking echocardiograms / P. Chao, C. Wang, H. Chan // Artificial Intelligence in Medicine. – 2012. – № 54. – P. 181–188.
8. Castillo, O. Hybrid intelligent system for cardiac arrhythmia classification with Fuzzy K-Nearest Neighbors and neural networks combined with a fuzzy system [Text] / O. Castillo, P. Melin, E. Ramirez [et al.] // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 39. – P. 2947–2955.
9. Haghghi, P. Development and evaluation of ontology for intelligent decision support in medical emergency management for mass gatherings/ P. Haghghi, F. Burstein, A. Zaslavsky [et al] // Decision Support Systems. – 2013. –№ 54. – P. 1192–1204.

1. Kashirskaia, L.V. Upravlenie kachestvom medicinskoj pomoshchi kak vazhnejshij element upravleniya uchrezhdeniem v sfere zdavoohraneniya / L.V. Kashirskaia, YU.N. Romanenkova, E.E. Gudimenko // Materialy X yubilejnoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi Konferencii «Regionalnaya specifika i rossijskij opyt razvitiya biznesa i ekonomiki». - 2019. - S. 182-185.
2. Reshetov, D.N., Sertakova O.V., Gusarenko S.A. Povysenie effektivnosti upravleniya organizacijami zdavoohraneniya na osnove razvitiya sistemy predostavljeniya medicinskih uslug / D.N. Reshetov, O.V. Sertakova S.A. Gusarenko // Ekonomika i socium: Sovremennye modeli razvitiya. - 2017. - №18. - S. 145-155.
3. Alekseeva, N.V., Voropinova O.A. Prioritetnye napravleniya upravleniya kachestvom medicinskoj pomoshchi v organizacijah zdavoohraneniya // materialy IV mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoi konferencii: v 3 tomah. FGBOU VO «Tambovskij gosudarstvennyj universitet im. G. R. Derzhavina».- 2017. - S. 37-42.
4. Krasilnikov, I.A. Upravlenie sistemoi zdavoohraneniya s ispolzovaniem imitacionnogo modelirovaniya // Imitacionnoe modelirovanie, teoriya i praktika. Vosmaja Vserossijskaja nauchno-prakticheskaja konferenciya po imitacionnomu modelirovaniyu ego primeneniyu v promyshlennosti. - 2017. - S. 432-4237.
5. Paz, J. Biomedic Organizations: An intelligent dynamic architecture for KDD / J. Paz, J. Bajo, V. Lopez [et al] // Information Sciences. – 2013. – № 224. – Pp. 49–61.
6. Uzoka, F. Clinical decision support system (DSS) in the diagnosis of malaria: A case comparison of two soft computing methodologies / F. Uzoka, J. Osuji, O. Obot // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – P. 1537–1553.
7. Chao, P. An intelligent classifier for prognosis of cardiac resynchronization therapy based on speckle-tracking echocardiograms / P. Chao, C. Wang, H. Chan // Artificial Intelligence in Medicine. – 2012. – № 54. – P. 181–188.
8. Castillo, O. Hybrid intelligent system for cardiac arrhythmia classification with Fuzzy K-Nearest Neighbors and neural networks combined with a fuzzy system [Text] / O. Castillo, P. Melin, E. Ramirez [et al.] // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 39. – P. 2947–2955.
9. Haghghi, P. Development and evaluation of ontology for intelligent decision support in medical emergency management for mass gatherings/ P. Haghghi, F. Burstein, A. Zaslavsky [et al] // Decision Support Systems. – 2013. –№ 54. – P. 1192–1204.

10. Одноволов, О.Т. Опыт работы в многопрофильные больницы по автоматизации экспертной деятельности в системе управления качеством оказания медицинской помощи / О.Т. Одноволов, Н.А. Аршинова, В.В. Пономарев, Я.О. Трусова // Кубанский научный медицинский вестник. - 2018. - №3 (25). - С. 88-96.

10. Odnovolov, O.T. Opyt raboty v mnogoprofilnye bolnicy po avtomatizacii ekspertnoj deyatel'nosti v sisteme upravleniya kachestvom okazaniya medicinskoj pomoshchi / O.T. Odnovolov, N.A. Arshinova, V.V. Ponomarev, YA.O. Trusova // Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik. - 2018. - №3 (25). - S. 88-96.

Статья поступила в редколлегию 28.07.2020.

*Рецензент: д-р. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 06.08.2020.

Сведения об авторах

Тараник Максим Алексеевич

Соискатель ученой степени,
АНО ДО «Детский технопарк Кванториум» г. Томск
E-mail: maks.taranik@gmail.com

Копаница Георгий Дмитриевич

К.т.н., PhD, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики
E-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

Information about authors:

Taranik Maksim Alekseevich

Degree applicant, Science park Quantorium (Tomsk, Russia)
E-mail: maks.taranik@gmail.com

Kopanitsa Georgy Dmitrievich

PhD, Leading researcher of ITMO University (St. Petersburg, Russia)
E-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

УДК: 004.9

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-45-55

А.А. Захарова, К.В. Захарченков, Ю.В. Вайнилович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ ИТ-ПРОЕКТОВ

В процессе управления ИТ-проектами возникает множество задач, требующих обработки информации и поддержки принятия управленческих решений. Наиболее актуальными задачами при управлении ИТ-проектами являются синтез состава и структуры проектных команд и распределение участников ИТ-проектов на задачи. В статье проведен подробный анализ существующих подходов к повышению эффективности управления ИТ-проектами. Предложен способ повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюционного моделирования, алгоритм формирования структуры и состава проектных команд, алгоритм распределения участников ИТ-проектов на задачи. Продемонстрирована эффективность предложенного решения при реализации учебных, аутсорсинговых ИТ-проектов и стартапов.

Ключевые слова: повышение эффективности формирования проектных команд, распределение задач ИТ-проекта, эволюционное моделирование.

A.A. Zakharova, K.V. Zakharchenkov, Yu.V. Vaynilovich

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PROJECT TEAMS FORMATION AND IT PROJECT TASKS ALLOCATION

In the process of managing IT projects, there are many tasks that require information processing and support for management decisions. The most relevant tasks in managing IT projects are the synthesis of the composition and structure of project teams and the allocation of participants in IT projects to tasks. The article provides a detailed analysis of existing approaches to improving the efficiency of IT project management. A method for improving the efficiency of IT projects management based on evolutionary modeling, an algorithm for forming the structure and composition of project teams, and an algorithm for allocating IT projects participants to tasks are proposed. The effectiveness of the proposed solution in the implementation of educational, outsourcing IT projects and startups is demonstrated.

Keywords: improving the efficiency of project teams formation, IT project tasks allocation, evolutionary modeling.

Введение

Методология управления разработкой программного обеспечения Agile [1] предполагает следование следующим принципам, специфическим для ИТ-проектов: люди и взаимодействие важнее процессов и инструментов; сотрудничество с заказчиком важнее согласования условий контракта; готовность к изменениям важнее следования первоначальному плану; работающий продукт важнее исчерпывающей документации. Выстраивание эффективного взаимодействия участников проектных команд обуславливает необходимость оценки личностных и психологических качеств. Эффективное сотрудничество с заказчиком предполагает изменение требований к конечному продукту на протяжении всего жизненного цикла. Готовность к изменениям обуславливает необходимость многократного решения задачи формирования состава и структуры проектных команд, формирования состава и структуры проектных задач, перераспределения участников проектов на задачи.

В процессе формирования проектных команд проводится предварительная оценка личностных и психологических качеств участников проекта. Это обеспечивает рациональное распределение ролей в команде, сокращение количества конфликтов, повышение эффективности обучения участников в процессе работы над проектом.

Состав проектных задач влияет на набор технологий, которыми должны владеть участники проектных команд. Уровень владения технологиями оценивается на основе результатов решения задач предыдущих проектов. Комплексная оценка личностных и психологических качеств участников в сочетании с профессиональными компетенциями обеспечивает рациональный подбор участников проектных команд. Рациональный состав и структура проектной команды обеспечивает уменьшение времени реализации проекта.

Состав проектных задач определяется на основе требований заказчика и может изменяться в ходе реализации проекта. Синтез состава и структуры проектных задач осуществляется путем декомпозиции каждой проектной задачи на подзадачи с последующей оценкой целесообразности декомпозиции с точки зрения трудоемкости проекта в целом. На основе состава и структуры проектных задач с учетом состава и структуры проектных команд руководителем проекта осуществляется рациональное распределение участников проекта на задачи.

В статье проанализированы существующие подходы к управлению IT-проектами, предложен комплексный системный подход к повышению эффективности управления IT-проектами за счет оптимального формирования структуры и состава команд IT-проектов и распределения участников команд IT-проектов на задачи, разработаны алгоритмы.

1. Анализ подходов к повышению эффективности управления проектами

Общая методология управления проектами. Н. В. Бурков [2] развил теорию активных систем. В. И. Воропаев, И. И. Мазур, В.Д. Шапиро развили методологию управления проектами. Новиков Д. А [3, 4] разработал методологию управления социальными и экономическими системами, которую адаптировал к различным предметным областям, в частности, к управлению проектами. Б. П. Титаренко создал робастную технологию, предназначенную для поддержки принятия проектных решений в условиях неопределенности. Е.С. Гламаздин, А.В. Цветков занимались исследованием и развитием информационных систем управления проектами.

Э. Голдратт сформулировал и обосновал теорию ограничений систем. Т. Де Марко [5] разработал методологию структурного анализа. Г. Гантт предложил новый способ календарного планирования с использованием диаграмм. Г. Файоль определил пять функций менеджмента при управлении проектами.

Управление разработкой программного обеспечения. Б. Бозомом была создана первая версия концепции RAD (Rapid Application Development), ставшей основой для создания гибкой, адаптивной системы разработки приложений, которую назвал «спиральная модель». Ф. Брукс [6] одним из первых выполнил анализ деятельности по управлению IT-проектами в своей работе «Мифический человеко-месяц». Он определил основные типы команд разработки ПО, выделил командные роли и оценил применимость различных команд к различным типам проектов. А. Коберн предложил структурированный подход к выбору адекватной проектной методологии, предложил набор методологий семейства Crystal и определил область применения этих методологий. Э. Йордон выделил условия применения методологий управления «критическими» проектами. М. Фаулер выполнил сравнительный анализ адаптивных проектных методологий и сформулировал рекомендации по процедуре их выбора. Исследования в области теории управления разработкой ПО проводит институт Карнеги Меллона (Carnegie Mellon University Software Engineering Institute, CMU SEI), а также ведущие компании-вендоры: IBM, HP, Microsoft, SAP, Oracle.

В современной IT-сфере наиболее распространенной методологией управления проектами является PMI PMBOK5 Американского института управления проектами – PMI. Положительной стороной методологии является процессный подход. Весь процесс управления разделен на пять этапов, которые, в свою очередь, разделены на 47 процессов.

Недостатком данной методологии являются большие затраты на планирование и разработку проектной документации.

Стандарт PRINCE2 разработан по заказу Британского агентства Central Computer and Telecommunications Agency (CCTA), дает пошаговый алгоритм управления проектом и сфокусирован на достижении тех бизнес-задач, ради которых он был принят. Методология PRINCE2 более ориентирована для ИТ-индустрии, чем PMI PMBOK5.

Семейство методологий Agile разработано для управления ИТ-проектами и базируется на принципах противоположных классическому подходу PMBOK.

Наиболее известной методологией данного семейства в настоящее время является SCRUM. Преимуществом использования методологии SCRUM является отсутствие предпроектного периода, начать работу над проектом можно, как только соберутся все участники проекта. Методология SCRUM при правильном подходе позволяет решать задачи за короткий период времени, внедрять по ходу выполнения проекта новые элементы, заранее не предусмотренные проектом. Недостатком методологии является возможное затягивание времени выполнения проектов из-за большого числа итераций.

В настоящее время в ИТ-индустрии используется комплексный подход к управлению ИТ-проектами, заключающийся в использовании нескольких методологий на разных стадиях реализации проекта.

Синтез состава и структуры проектных задач. В работах В. И. Аверченкова, В.В. Емельянова, В. В. Курейчика, В. М. Курейчика, К. С. Мышенкова, А. Н. Полетайкина, I. Okada, E. Osaba, E. Sriprasert рассмотрены вопросы применения эвристических методов эволюционного моделирования к задаче планирования.

Наиболее популярными методами планирования являются метод сетевого планирования, методы теории расписаний, метод PERT, методы теории графов, метод ветвей и границ, муравьиные алгоритмы.

Анализ исследований показывает, что методами планирования проектных задач занимались многие исследователи [7-11]. Однако, в соответствии с ежегодным аналитическим отчетом специалистов компании The Standish Group International [12], планирование занимает четвертое место среди причин, по которым ИТ-проекты не были закончены или имели существенные недостатки, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования методов планирования проектов.

Синтез состава и структуры проектных команд. Курт Левин, Д. Мак Грегор и его коллеги, Р. Лайкерт, Р. Блейк, Дж. Моутон, Р. Валтон, Р. Шварц исследовали организационное поведение в группах, определили характеристики эффективных команд, связали стили управления и эффективность команд, разработали модель групповой эффективности, опираясь на показатели эффективности групповой деятельности. Р. М. Белбин [13] в результате исследований выделил девять типов ролей, которые может исполнять человек в команде в зависимости от личных качеств. Для выявления склонности участника к той или иной командной роли, а, следовательно, и для формирования успешных команд он предложил использовать разработанный им тест. Артемовым О. Е. [14] в результате исследования выявлены наиболее значимые проблемы формирования эффективных команд, показана с точки зрения соционики необходимость учитывать психотипы работников при подборе состава команд. Оригинальные результаты исследований математических моделей формирования и функционирования команд изложены в работах Д. А. Новикова [4], А. Г. Чхартишвили, В. Holmstrom, J. Marshak, R. Radner.

Для ИТ-проектов Прихожим А.А., Ждановским А. М. [15] предложено решать проблему оптимального разбиения исполнителей проектов на группы путем оценивания их профессиональных компетенций с учетом требований к конкретному проекту. Проблемы формирования и функционирования команд для выполнения ИТ-проектов исследует в своей работе А. В. Будыльский [16], который разработал методику распределения задач ИТ-проекта

между ресурсами и принятия решения о замене ресурса на основе кооперационных коэволюционных генетических алгоритмов. Критериями эффективности разработанной методики являются минимизация бюджета и длительности выполнения проекта. Разработанная методика позволяет снизить неопределенность информации экспертного характера. Недостатком предложенной методики является отсутствие ограничений на владение технологиями и опыта работы ресурсов проекта.

Исходя из анализа исследований задачи синтеза состава и структуры проектных команд, можно сделать вывод, что существующие научные работы не охватывают в полной мере все аспекты формирования команд ИТ-проектов.

Результаты обзора существующих подходов к решению задачи повышения эффективности управления проектами представлены на рисунке 1.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод о недостаточной проработанности проблемы управления командами ИТ-проектов, об отсутствии комплексных системных подходов к задаче повышения эффективности управления командами ИТ-проектов. Большинство научных работ посвящено исследованию отдельных аспектов проблемы управления проектами, без учета специфики ИТ-проектов. Соответственно, актуальной является задача комплексного повышения эффективности управления командами ИТ-проектов для поддержки принятия управленческих решений на всех этапах реализации проекта.



Рис. 1. Результаты обзора существующих подходов к решению задачи повышения эффективности управления проектами

2. Постановка задачи комплексного повышения эффективности управления ИТ-проектами

Критерием повышения эффективности управления ИТ-проектами является снижение трудоемкости решения задач проекта и уменьшение времени выполнения проекта

$$PM_{it_{pr}} \rightarrow \min, TDEV_{it_{pr}} \rightarrow \min,$$

где $PM_{it_{pr}}$ – трудоемкость проекта, $TDEV_{it_{pr}}$ – длительность проекта.

Исходными данными для решения задачи являются следующие компоненты ИТ-проектов: состав и структура проектных команд, состав и структура проектных задач, распределение участников проекта на задачи

$$IT_{pr} = \langle Struct_{team}, Composition_{team}, Struct_{task}, Composition_{task}, ||Distr_{ij}|| \rangle$$

где $\|Distr_{ij}\|$ – распределение участников на задачи проекта, $Structure_{team}$ – структура проектной команды, $Composition_{team}$ – состав проектной команды; $Structure_{task}$ – структура проектных задач, $Composition_{task}$ – состав проектных задач.

Структура проектной команды характеризуется общим количеством участников и количеством участников со знанием каждой, используемой для реализации проекта, технологии

$$Structure_{team} = \langle TotalNumber, \{TechNumber_i | TechNumber_i \in Tech_{it_{pr}}\} \rangle,$$

где $TotalNumber$ – общее количество участников проектной команды, $TechNumber_i$ – количество участников проектной команды, владеющих i -й технологией, $Tech_{it_{pr}}$ – множество технологий, используемых для реализации ИТ-проекта.

Состав проектной команды характеризуется множеством участников

$$Composition_{team} = \{PP_{team}\}.$$

Каждый участник проектной команды характеризуется набором параметров

$$PP_{team} = \{\{PPQ_{team}\}, \{Tech_{team}\}\},$$

где PPQ_{team} – множество параметров, характеризующих личностные и психологические качества участников проектов

$$PPQ_{team} = \langle TB_{pp}, SB_{pp} \rangle,$$

где TB_{pp} – результат прохождения теста Р. М. Белбина; SB_{pp} – результат прохождения теста Т. Кеннета, $Tech_{team}$ – множество технологий, которыми владеет участник проектной команды.

$Tech_{team}$ характеризуются уровнем владения и опытом использования при реализации проектов

$$Tech_{team_i} = \langle LevelTech_{team_i}, Experience_{team_i} \rangle,$$

где $LevelTech_{team_i}$ – уровень владения i -й технологией, $Experience_{team_i}$ – опыт использования i -й технологии.

Каждая задача проекта из множества задается набором характеристик

$$Task = \langle T_{task}, Type_{task}, Tech_{task} \rangle,$$

где T_{task} – время выполнения задачи,

$$T_{task} = \{t_{task} | t_{task} \in N\},$$

$Type_{task}$ – тип задачи,

$$Type_{task} = \{type_{task} | type_{task} \in Def_{Type}\},$$

где Def_{Type} – область определения типа задачи, $Tech_{task}$ – применяемая технология, $Tech_{task} = \{tech_{task} | tech_{task} \in Def_T\}$.

3. Способ повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюционного моделирования

Предложенный способ обеспечивает комплексное решение задачи повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюционного моделирования и включает два основных этапа:

Этап 1. Формирование команд ИТ-проектов на основе эволюционного моделирования.

Шаг 1.1. Первоначальное формирование проектных команд на основе эволюционного моделирования [17] выполняется с учетом ограничений: каждый кандидат на участие в проектах владеет хотя бы одной, требуемой для реализации проекта, технологией; кандидаты для одной команды психологически совместимы; в команде присутствуют представители

всех командных ролей; состав проектной команды соответствует структуре, определенной руководителем проекта. Создание первоначального набора проектных команд завершается в следующих случаях: все кандидаты на участие в проектах распределены по командам; не выполняется хотя бы одно ограничение для нераспределенных кандидатов на участие в проектах. Функцией приспособленности является трудоемкость и длительность выполнения проекта, рассчитанные по методике СОСОМОП [21].

Шаг 1.2. Выполнение основных процедур эволюционного моделирования [17] при формировании команд IT-проектов. Селекция заключается в отборе команд, у которых значение функции приспособленности не больше пороговой величины – среднего значения приспособленности по всем командам. Для скрещивания применяется стратегия одноточечного кроссинговера. Для мутации применяется комбинация двух видов операторов мутации – удаление случайно выбранного участника команды и присоединение случайно выбранного участника команды из совокупности возможных. Для сокращения промежуточного количества проектных команд применяется стратегия элитарного отбора. Процесс завершается, если на очередном шаге не произошло улучшение функции приспособленности. Выходными данными алгоритма является проектная команда с наилучшим значением функции приспособленности.

Этап 2. Распределение участников команд IT-проектов на задачи с использованием эволюционного моделирования.

Шаг 2.1. Первоначально варианты распределения участников проектной команды на задачи с использованием эволюционного моделирования [17] формируются с учетом следующих ограничений: каждый вариант распределения содержит количество исполнителей равное количеству задач; один исполнитель решает одну задачу; одна задача решается одним исполнителем; варианты распределения, отличающиеся только порядком следования исполнителей, считаются различными. Для каждой команды с использованием методики СОСОМО II [21] рассчитывается значение функции приспособленности.

Шаг 2.2. Выполнение основных процедур эволюционного моделирования [17] при распределении участников IT-проектов на задачи. Селекция заключается в отборе только тех вариантов распределения, значение функции приспособленности которых не больше пороговой величины – среднего значения приспособленности по всем вариантам распределения. Для скрещивания применяется стратегия одноточечного кроссинговера. Мутация в рамках решаемой задачи заключается в изменении для двух исполнителей варианта распределения решаемой задачи. Для сокращения промежуточной популяции применяется стратегия элитарного отбора. Алгоритм заканчивает работу, если на очередном шаге не произошло улучшение функции приспособленности. Выходными данными алгоритма является вариант распределения исполнителей на задачи проекта с наилучшим значением функции приспособленности.

4. Алгоритм формирования структуры и состава проектных команд

Предложенный алгоритм обеспечивает комплексную обработку информации о кандидатах на участие в проектах и повышение эффективности управленческих решений при формировании проектных команд лицом, принимающим решения.

Алгоритм процесса управления формированием проектных команд включает следующие шаги:

1) Интерпретация результатов прохождения тестов кандидатами на участие в проекте в соответствии с методикой тестов. Диагностический инструментарий основан на концепции командных ролей Р. М. Белбина [13] и методике диагностирования поведения личности в конфликтной ситуации Т. Кеннета [18].

2) Разбиение кандидатов на участие в проекте на группы в соответствии с их личностными и психологическими качествами методом кластерного анализа k-средних

[19, 20]. Исходными данными для метода является множество характеристик кандидатов на участие в проектах, полученных на шаге 1. Разбиение осуществляется на четыре кластера, что соответствует количеству групп командных ролей по Р. М. Белбину.

3) Определение степени владения требуемыми технологиями на основе результатов многоуровневой оценки качества решения проектных задач. Оценка формируется на основании результатов участия в предыдущих проектах и учитывает следующие показатели: количество задач, решенных в проекте, с использованием i -й технологии; сложность решенных задач; количество найденных ошибок в результате тестирования; количество подтвержденных ошибок; скорость решения задач

$$LevelTech_{teami} = \frac{\sum quality + \sum speed}{NumberTasks} \cdot complexity,$$

где $quality$ – качество решения задачи проекта

$$quality = 1 - \frac{ConfirmedErrors}{\sum FindErrors},$$

где $ConfirmedErrors$ – количество подтвержденных ошибок; $FindErrors$ – количество найденных ошибок; $speed$ – скорость решения задачи проекта, находится как отношение планового времени решения задачи к фактическому времени решения

$$speed = \frac{TermPlanned}{TermActual},$$

где $TermPlanned$ – плановое время решения задачи; $TermActual$ – фактическое время решения задачи; $NumberTasks$ – количество задач проекта, решенных участником; $complexity$ – сложность задачи.

Сложность задачи определяется методом парных сравнений Т. Саати.

4) Предварительная оценка трудоемкости проектов с использованием базового уровня методики СОСОМОП [21]. Для оценки размера программного кода используется метод экспертных оценок [22]. Для оценки факторов масштаба методики СОСОМО П используется метод парных сравнений Т. Саати [23]. Производится сравнительная оценка факторов масштаба и множителей трудоемкости оцениваемого проекта и завершенных проектов на основе матриц парных сравнений. Результатом данного шага является предварительная оценка трудоемкости проектов.

5) Ранжирование проектов по приоритету методом парных сравнений Т. Саати.

6) Синтез состава и структуры проектных команд. Структуры проектных команд определяются руководителем проекта, исходя из проектных задач. Составы проектных команд формируются в соответствии с этапом 1 способа повышения эффективности управления командами ИТ-проектами, описанным в пункте 3. Входными параметрами алгоритма являются: структуры проектных команд; выходные данные алгоритма кластерного анализа k -средних, полученные на шаге 2; оценки уровня владения технологиями кандидатов на участие в проектах, полученные на шаге 3; результат ранжирования проектов по приоритету, полученный на шаге 5.

7) Оценка состава и структуры проектных команд лицом, принимающим решения. В случае согласия с предложенной структурой и составом проектной команды считается решенной, в противном случае следует повторить шаг 6.

5. Алгоритм распределения участников команд IT-проектов на задачи

Алгоритм процесса управления распределением участников проектных команд на задачи включает следующие шаги:

1) Декомпозиция задач проекта на подзадачи лицом, принимающим решения. Декомпозиция проводится в соответствии с методикой SADT [24]. Для декомпозиции выбирается наиболее приоритетная задача. Приоритеты задачам присваивает заказчик.

2) Оценка уровня сложности задач проекта методом парных сравнений Т. Саати. Строится матрица парных сравнений задач по критерию «сложность» на основе шкалы относительной важности Т. Саати, рассчитывается вес каждой задачи. Задача, имеющая больший вес считается более сложной.

3) Распределение участников проектной команды на задачи проекта методом с использованием эволюционного моделирования на основе этапа 2 способа, описанного в пункте 3.

4) Оценка трудоемкости решения задач методом COCOMO II до и после декомпозиции лицом, принимающим решение

$$PM_{it_{pr}}(SelectingTeam_T) > PM_{it_{pr}}(SelectingTeam_{ST}),$$

$$TDEV_{it_{pr}}(SelectingTeam_T) > TDEV_{it_{pr}}(SelectingTeam_{ST}).$$

Если условие выполняется, то декомпозиция является целесообразной и оптимальное распределение участников проектной команды $SelectingTeam^* = SelectingTeam_{ST}$, в противном случае декомпозиция является нецелесообразной, оптимальное распределение участников проектной команды $SelectingTeam^* = SelectingTeam_T$ и на очередной итерации выбирается следующая по очереди задача.

Для нового набора задач повторяются этапы 1-4.

Последовательная декомпозиция задач прекращается, если все задачи станут элементарными; дальнейшая декомпозиция каждой задачи станет нецелесообразной с точки зрения трудоемкости; все участники проектной команды распределены на задачи.

6. Результаты

Проведена апробация предложенного способа повышения эффективности управления IT-проектами при реализации учебных проектов в группе студентов по специальности «Программная инженерия» Белорусско-Российского университета в рамках учебной практики [25], стартапов и аутсорсинговых IT-проектов в ООО «Стэпл Инк» (г. Минск, Республика Беларусь) [26].

При апробации в Белорусско-Российском университете были созданы три команды для реализации одного и того же проекта. Первая команда формировалась при помощи предложенного алгоритма, две другие – по желанию студентов. Назначение исполнителей на задачи проекта в первой команде осуществлялась в соответствии с разработанным алгоритмом, в двух других командах оценкой трудозатрат и сроков реализации задач занимались ее участники. Результат эксперимента показал, что трудоемкость выполнения проекта первой командой на 19 % ниже остальных команд.

При апробации в ООО «Стэпл Инк» для расчета был выбран IT-проект, при реализации которого участники проектных команд должны были иметь опыт использования пяти технологий промышленного программирования. Для реализации проекта были отобраны 15 претендентов. Расчетная трудоемкость и длительность проекта для проектной команды из пяти человек, сформированной руководителем проекта составила 46,73 чел./мес.

Применение эволюционного моделирования при формировании проектных команд и распределении проектных задач между участниками позволило уменьшить расчетную трудоемкость IT-проекта на 30 % и составила 32,63 чел./мес.

Выводы

Обзор существующих подходов к повышению эффективности управления проектами показал актуальность развития методов, обеспечивающих решение задачи комплексного повышения эффективности управления IT-проектами за счет улучшения процессов формирования проектных команд и распределения задач между участниками команд IT-проектов. В статье предложен способ комплексного решения задачи повышения эффективности управления IT-проектами на основе эволюционного моделирования, представлены новые алгоритмы формирования проектных команд и распределения участников IT-проектов на задачи. Эффективность предложенного способа и алгоритмов при реализации IT-проектов подтверждена при внедрении результатов научных исследований в ООО «Стэпл Инк» (г. Минск, Республика Беларусь) и в Белорусско-Российском университете (г. Могилев, Республика Беларусь). Внедрение разработанного способа и алгоритмов обеспечило снижение трудоемкости IT-проектов в ООО «Стэпл Инк» на 20-30 %.

Список литературы:

1. Кон, М. Agile: оценка и планирование проектов. – М.: ООО «Альпина Диджитал», 2018. – 460 с.
2. Бурков, В.Н. Как управлять проектами. / В.Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков // М.: Librokom, 2009. - 264 с.
3. Бурков, В.Н., Новиков, Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. - М.: Синтег, 1999. - 128 с.
4. Новиков, Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд. - М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. - 184 с.
5. Марко, Т., Листер, Т. Человеческий фактор: успешные проекты и команды. Издательство: Символ-Плюс, 2005. - 256 с.
6. Брукс, Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. Пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 1999. - 304 с.
7. Подвесовский, А.Г. Нечеткие когнитивные модели в задачах анализа и планирования программных проектов / А.Г.Подвесовский, Д.В.Титарев, Р.А.Исаев, // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2019. - № 8. - С. 22–31. DOI: 10.14489/vkit.2019.08.pp.022-031.
8. Ройс, У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. Унифицированный подход. - М.: Лори, 2002. - 434 с.
9. Томсетт, Р. Радикальное управление IT-проектами. - Лори, 2005. - 294 стр.
10. Буркова, И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации. «Автоматика и телемеханика», 2009. - №10.- С. 15–21.
11. Остроух, Е.Н., Чернышов, Ю.О., Климова, Д.Н. Решение задачи моделирования бизнес-процессов it-компании с использованием метода роевого интеллекта. / Е.Н. Остроух, Ю.О. Чернышов, Д.Н.

References:

1. Kon, M. Agile: ozenka i planirovanie proektov. – M.: ООО «Alpina Didzhital», 2018. – 460 s.
2. Burkov, V.N. Kak upravlyat proektami. / V.N. Burkov, N. A. Korgin, D. A. Novikov // M.: Librokom, 2009. - 264 s.
3. Burkov, V.N., Novikov, D. A. Teoriya aktivnyh sistem: sostoyanie i perspektivy. - M.: Sinteg, 1999. - 128 s.
4. Novikov, D.A. Matematicheskie modeli formirovaniya i funkcionirovaniya komand. - M.: Izdatelstvo fiziko-matematicheskoy literatury, 2008. - 184 s.
5. Marko, T., Lister. T. Chelovecheskij faktor: usheshnye proekty i komandy. Izdatelstvo: Simvol-Plyus, 2005. - 256 s.
6. Bruks, F. Mificheskij cheloveko-mesyac ili kak sozdayutsya programnye sistemy. Per. s angl. SPb.: Simvol-Plyus, 1999. - 304 s.
7. Podvesovskij, A.G. Nchetkie kognitivnye modeli v zadachah analiza i planirovaniya programmyh proektov / A.G. Podvesovskij, D.V. Titarev, R.A. Isaev, // Vestnik kompyuternyh i informacionnyh tekhnologij. – 2019. - № 8. - S. 22–31. DOI: 10.14489/vkit.2019.08.pp.022-031.
8. Rojs, U. Upravlenie proektami po sozdaniyu programmnogo obespecheniya. Unificirovannyj podhod. - M.: Lori, 2002. - 434 s.
9. Tomsett, R. Radikalnoe upravlenie IT-proektami. - Lori, 2005. - 294 str.
10. Burkova, I.V. Metod setevogo programmirovaniya v zadachah nelinejnoj optimizacii. «Avtomatika i telemekhanika», 2009. - №10.- S. 15–21.
11. Ostrouh, E.N., Chernyshov YU.O., Klimova D.N. Reshenie zadachi modelirovaniya biznes-processov it-kompanii s ispolzovaniem metoda roevogo intellekta. / E.N. Ostrouh, YU.O. Chernyshov, D.N. Klimova //

- Климова // Международный научно-исследовательский журнал, 2017. - Ч. 3. - №9. - С.53-57.
12. The CHAOS Manifesto. The Standish Group International, 2014. - 16 p.
13. Белбин, Р.М. Типы ролей в командах менеджеров; [пер.с англ.]. - М.: HIPPO, 2003. - 232 с.
14. Артемов, О.В. Управление внутренней интеграцией команды // Управление интеллектуальным капиталом. Материалы международной конференции. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2007. -С 91–95
15. Прихожий, А.А., Ждановский, А.А. Метод оценки квалификации и оптимизация состава профессиональных групп // Системный анализ и прикладная информатика, 2018. – №2. – С.4–11.
16. Будыльский, А.В., Квятковская, И.Ю. Управление проектами разработки программного обеспечения с использованием агентных технологий. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2013. - №3(23). - С. 119–128.
17. Саймон, Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации. – М: ДМК Пресс, 2020. - 940 с.
18. Гришина, Н.В. Психология конфликта. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 544 с
19. Савченко, Т.Н. Применение методов кластерного анализа для анализа данных психологических исследований // Прикладная юридическая психология №4, 2008. - С. 100–111.
20. Мандель, И. Д. Кластерный анализ. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 176 с.
21. Boehm, B., etal. Software costestimation with COCOMOII. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall, 2000.
22. Гуцыкова, С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика. - М.: Институт психологии РАН, 2012. – 144 с.
23. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993. - 320 с.
24. Марка, Д.А., Гоуэн, К. Методология структурного анализа и проектирования. - М., "МетаТехнология", 1993. - 240 с.
25. Вайнилович, Ю.В. Проблемы развития компетенций проектных команд IT-сферы // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. : М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]; Могилев, 25–26 апреля 2019 г. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 408–409.
26. Вайнилович, Ю.В., Захарченков, К.В. Программный комплекс многоуровневого управления IT-проектами // Инновации, 2019. – № 8(250). – С. 88–96.
- Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2017. - CH. 3. - №9. - S.53-57
12. The CHAOS Manifesto. The Standish Group International, 2014. - 16 p.
13. Belbin, R.M. Tipy rolej v komandah menedzherov; [per.s angl.]. - M.: HIPPO, 2003. - 232 s.
14. Artemov, O.V. Upravlenie vnutrennej integraciej komandy // Upravlenie intellektualnym kapitalom. Materialy mezhdunarodnoj konferencii. – Vladimir: Izd-vo VIGU, 2007. -S 91–95
15. Prihozhiy, A.A., Zhdanovskij, A.A. Metod ocenki kvalifikacii i optimizaciya sostava professionalnyh grupp // Sistemnyj analiz i prikladnaya informatika, 2018. – №2. – S.4–11.
16. Budylskij, A.V., Kvyatkovskaya, I.YU. Upravlenie proektami razrabotki programmogo obespecheniya s ispolzovaniem agentnyh tekhnologij. Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii, 2013. - №3(23). - S. 119–128.
17. Sajmon, D. Algoritmy evolyucionnoj optimizacii. – M: DMK Press, 2020. - 940 s.
18. Grishina, N.V. Psihologiya konflikta. 2-e izd. – SPb.: Piter, 2008. – 544 s
19. Savchenko, T.N. Primenenie metodov klasternogo analiza dlya analiza dannyh psihologicheskix issledovanij // Prikladnaya yuridicheskaya psihologiya №4, 2008. - C. 100–111.
20. Mandel, I. D. Klasternyj analiz. - M.: Finansy i statistika, 1988. - 176 s.
21. Boehm, B., etal. Software costestimation with COCOMOII. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall, 2000.
22. Gucykova, S.V. Metod ekspertnyh ocenok. Teoriya i praktika. - M.: Institut psihologii RAN, 2012. – 144 c.
23. Saati, T.L. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. - M.: Radio i svyaz, 1993. - 320 s.
24. Marka, D.A., Gouen, K. Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya. - M., "MetaTekhnologiya", 1993. - 240 c.
25. Vajnilovich, YU.V. Problemy razvitiya kompetencij proektnyh komand IT-sfery // Materialy, oborudovanie i resursosberegayushchie tekhnologii: materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. : M. E. Lustenkov (gl. red.) [i dr.]; Mogilev, 25–26 aprelya 2019 g. – Mogilev : Belarus.-Ros. un-t, 2019. – S. 408–409.
26. Vajnilovich, YU.V., Zaharchenkov, K.V. Programmnyj kompleks mnogourovnevnogo upravleniya IT-proektami // Innovacii, 2019. – № 8(250). – S. 88–96.

Статья поступила в редколлегию 30.07.2020.

Рецензент: канд. техн. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Подвесовский А.Г.

Статья принята к публикации 07.08.2020.

Сведения об авторах

Захарова Алена Александровна

доктор технических наук, профессор Брянского государственного технического университета (Брянск, Россия)
E-mail: zaa@tu-bryansk.ru

Захарченко Константин Васильевич

кандидат технических наук, кафедра автоматизированных систем управления, Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)
E-mail: zaharchenkovkv@mail.ru

Вайнилович Юлия Викторовна

старший преподаватель, кафедра автоматизированных систем управления, Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)
E-mail: Ylia.v@tut.by

Information about authors:

Zakharova Alena Aleksandrovna

Sc.D. in Technique, professor of Informatics and Software Engineering Department at Bryansk State Technical University (Bryansk, Russia)
E-mail: zaa@tu-bryansk.ru

Zaharchenkov Konstantin Vasilevich

Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Department of Automated Control Systems, Inter-State Educational Institution of Higher Education «Belarusian-Russian University», (Mogilev, Republic of Belarus)
E-mail: zaharchenkovkv@mail.ru

Vajnilovich Julija Viktorovna

Senior Lecturer, Department of Automated Control Systems, Inter-State Educational Institution of Higher Education «Belarusian-Russian University», (Mogilev, Republic of Belarus)
E-mail: Ylia.v@tut.by

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

УДК: 519.17

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-56-64

А.А. Азарченков, Н.И. Марченков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАРШРУТОВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПО ГОРОДУ

Рассматриваются факторы, влияющие на выбор и оценку качества маршрута в дорожной сети. Предлагается формула оценки качества маршрута в дорожной сети с точки зрения оптимизации пути между двумя пунктами. Тестирование модели проводилось на 60 созданных графах. С их помощью были подобраны оптимальные параметры пользовательской модели. Для разработанной формулы предлагаются методы настройки параметров рассмотренной модели. Получившаяся модель обладает умеренной сложностью оценки качества маршрута и ее программной реализации с одновременным охватом важнейших характеристик дорожной сети и поддержкой эффективного по быстродействию поиска путей на графах дорожной сети. Также обеспечивается хорошая настраиваемость модели.

Ключевые слова: *оптимальный маршрут, граф дорожной сети, математическая модель, настройка параметров модели, задача о поиске пути.*

A.A. Azarchenkov, N.I. Marchenkov

URBAN MOVEMENT ROUTES ESTIMATION FOR OPTIMAL URBAN DRIVING

We consider the factors influencing the choice and assessment of the quality of the route in the road network. A formula is proposed for assessing the quality of a route in the road network in terms of optimizing the path between two points. The model was tested on 60 created graphs. With their help, the optimal parameters of the user model were selected. Methods for setting the parameters of the considered model are proposed for the developed formula. The resulting model has a moderate complexity in assessing the quality of the route and its software implementation, while simultaneously covering the most important characteristics of the road network and supporting efficient pathfinding on the graphs of the road network. It also provides good customization of the model.

Keywords: *optimal route, roads network graph, mathematical model, model parameters' setting, optimal path problem..*

Введение

Современные транспортные дорожные системы достаточно сложны. Большинство современных дорог являются наследием прошлых эпох, когда объемы перевозок были не значительными для повышения пропускной способности строятся новые транспортные пути, но они как правило так же имеют существенные ограничения пропускной способности ввиду существующих архитектурных ограничений. В результате городские транспортные пути представляют собой сложную схему с огромным количеством ограничений в движении, но позволяющих попасть в пункт назначения достаточно большим количеством маршрутов.

В связи с этим задача поиска оптимального пути (маршрута) в дорожной сети находится среди важнейших задач, имеющих непосредственное отношение к системам навигации, а также программным продуктам для поддержки беспилотного управления. В самом просто случае достаточно проложить самый кратчайший путь между заданными

пунктами. Однако такой подход имеет ряд недостатков, например, на некотором участке дороги могут проводиться ремонтные работы, что сделает прохождение дольше участка планируемого, кроме этого, на некоторых участках могут быть созданы искусственные скоростные ограничения в виде знаков и светофоров [3]. Также кратчайший путь может стать невыгодным, с точки зрения минимального времени, затрачиваемого для попадания в пункт назначения, при заторах, например, на некотором участке дороги скорость движения в разы упадет после аварии. Так, рис. 1 иллюстрирует ситуацию, в которой изначально выгодный кратчайший путь становится невыгодным, если на его участке авария замедляет движение остальных автомобилей.

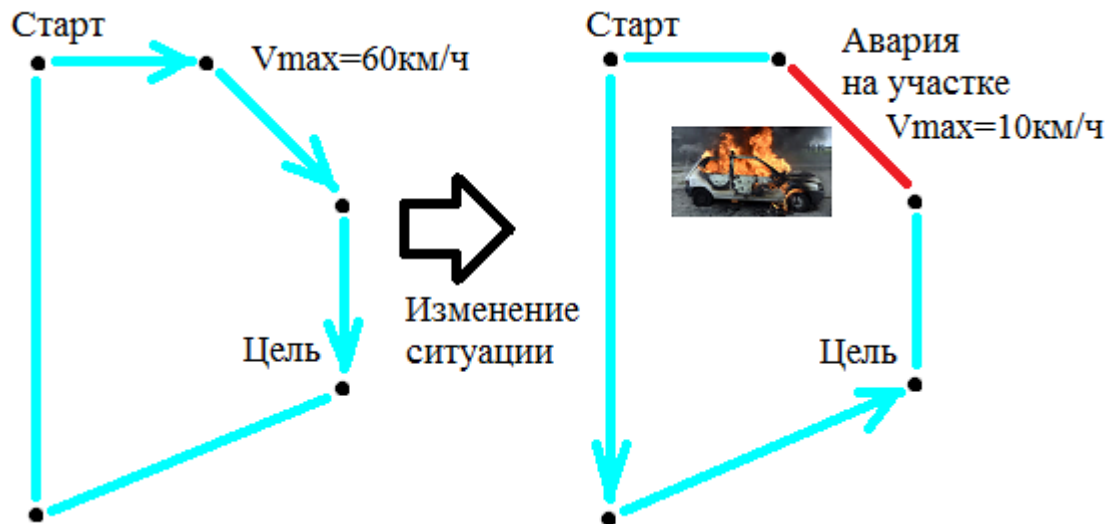


Рис. 1. Пример неоптимальности кратчайшего пути

Опытным водителям известно, что оптимальный путь и кратчайший – это не всегда одно и то же. В пример можно привести маршрут с большим количеством светофоров. В этом случае лучше поехать по пути, который на 10-20 % длиннее, но преодолеть его быстрее, проведя намного меньше времени перед светофорами. В частности, опытным путем установлено, что если увеличивать среднюю скорость движения (иногда находясь на грани нарушения дозванных скоростей), то при большом числе светофоров время пути не сокращается, поскольку ожидаемая экономия времени растрачивается на светофорах [4].

Кроме этого, важно учитывать схему работы светофоров – при одном и том же расположении светофоров, и разных режимах синхронизации среднее время прохождения участка часто оказывается различным. Например, может быть сдвиг во времени подачи одноименных сигналов соседних светофоров, а может быть подача одновременных сигналов одинаковой продолжительности на соседних светофорах.

Однако программы не могут «рассуждать» как люди. Необходимы математические модели, позволяющие оценивать качество маршрута в городской дорожной сети, представленной графом, вершины которого – узловые точки (к примеру, перекрестки), а дуги или ребра – участки дорог. При этом важен баланс между сложностью, точностью модели, широтой спектра охватываемых ситуаций и быстродействием алгоритмов ее реализации.

Характеристика современных методов решения

К настоящему моменту исследователями представлены многочисленные варианты оценки качества маршрутов дорожной сети. Однако все они характеризуются различными недостатками.

Модель, рассматриваемая в [3], основывается на среднем времени проезда по автомагистрали. Каждое ребро в графе дорожной сети представлено параметром скорости, а также параметров класса дороги и знаками ограничения скорости. Однако не учитывается такой фактор, как ширина дорог, хотя научно доказана её значимость. Так, в [2] на основе эмпирических данных показано, что имеется статистически значимая связь между шириной дорог и скоростью движения транспорта, наиболее выраженная, если речь идет об узких участках дорог, чья ширина мала для комфортного интенсивного движения.

В модели, описываемой в [8], множество всех возможных трасс поездки по улицам города представляется в виде ориентированного графа. Вершинам графа соответствуют перекрестки на улицах города. Вершины графа – это места дорожной сети, где есть возможности выбора дальнейшего маршрута движения. Это делает модель ограниченной – например, нужно, некоторым образом, обозначать въезды на крупные склады и иные участки, где нельзя куда-либо свернуть. Для графа задаются матрица расстояний и матрица возможных скоростей движения. Модель также предполагает возможные задержки при прохождении вершин графа ввиду наличия светофоров, но не предусматривает возможности наличия светофоров на дугах или ребрах. Вместо того, чтобы допустить позиции светофоров как свойство дуги или ребра, согласно модели [8] требуется вводить паразитные вершины и связи. Как только требуется установить светофор не в вершине, появится новая вершина, а также новое ребро (рис. 2). При этом появившаяся вершина может быть никак не связана с перекрестком, точкой изменения свойств участка дороги (например, въездом на ремонтируемую часть), тупиком или другим практически важным объектом. Если на прямолинейном участке, на который нельзя въехать или с которого нельзя повернуть, несколько светофоров, структура графа становится намного сложнее, чем могла бы быть, если бы мы допустили светофоры на дугах или ребрах.

Важно отметить, что игнорирование факторов, существенно влияющих на качество маршрута, является не единственной ошибкой при оценке качества маршрутов дорожной сети. Есть ошибки другого рода.

1. Неудачный выбор структуры графа. Как показано в [6], неудачный выбор варианта кодирования дорожной сети графом может увеличить в 1,5-2 раза количество вершин и дуг или ребер в графе.

2. Чрезмерное усложнение модели качества маршрутов дорожной сети. Одной из основ эффективного математического моделирования является достижение баланса между сложностью и точностью. Адекватный выбор математической модели реального объекта является результатом компромисса между количеством и качеством исходной информации об объекте и сложностью модели [7]. Платформа «Яндекс Маршрутизация» [9] использует сложную систему параметров – не только светофоры и знаки ограничения, но и данные о риске заторов и даже габариты транспорта, для которого необходимо проложить маршрут. Учитывается более 50 параметров. К сожалению, такие, образно говоря, чрезмерно развитые, математические модели сложны в программировании и в настройке параметров.

В связи с этим предлагается достаточно простая модель, не значительно уступающая по точности, использующим едва ли не все параметры, которые в принципе можно измерить.

Описание предлагаемой модели

Предлагаемая модель предполагает кодирование дорог с помощью ориентированного графа. Если между двумя узлами двустороннее движение, они соединяются дугами в две стороны, если одностороннее движение – одной дугой. Каждой дуге приписываются ширина дорожного участка, наибольшая возможная скорость, а также ставятся в соответствие светофоры (рис. 3). Предельно допустимая скорость движения определяется или исходя из Правил дорожного движения и знаков ограничения скорости, или исходя из реальных возможностей движения по участку дороги с учетом качества полотна и разных препятствий

движению. Вершины могут быть и связанными с реальной сетью дорог (тупики, выезды из домов, места, в которых есть выбор направления движения, и т.д.), и введенными искусственно. На рис. 3 фактически у нас линейный участок дороги, и средние вершины обусловлены лишь отличием части дороги по своим свойствам – например, из-за ремонта полотна поток движется медленно и из двух полос дорога доступна единственная. Такие вершины «искусственные» по своей природе, но это более эффективное кодирование графа дорожной сети, чем предлагаемое в [3] введение дополнительных массивов для каждого ребра либо дуги, чтобы хранить ограничения по скоростям в пределах участка дорожной сети. Говоря иными словами, мы требуем, чтобы каждый участок был однородным по свойствам. Светофоры могут быть и на дугах, и в вершинах. При подсчете количества светофоров на пути в графе мы включаем в учёт все светофоры, которые имеются как в вершинах графа, лежащих на пути, так и на дугах пути.

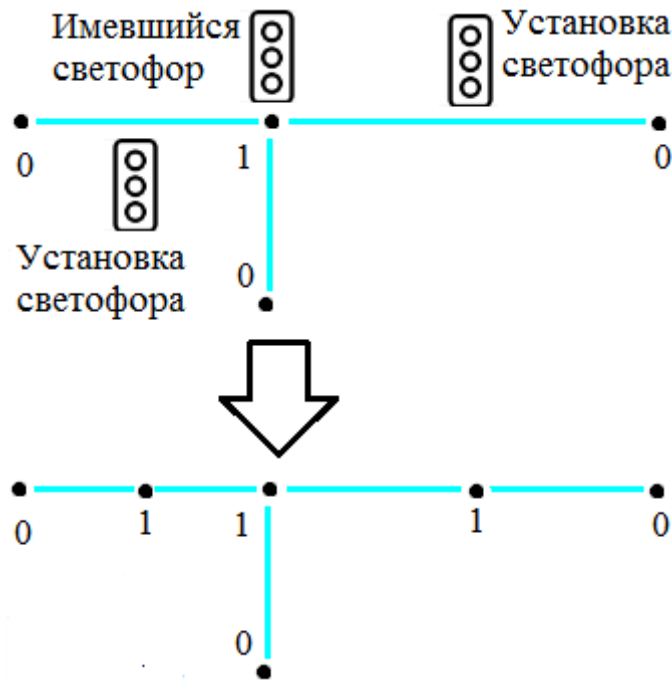


Рис. 2. Модели, допускающая размещение светофора только в вершинах

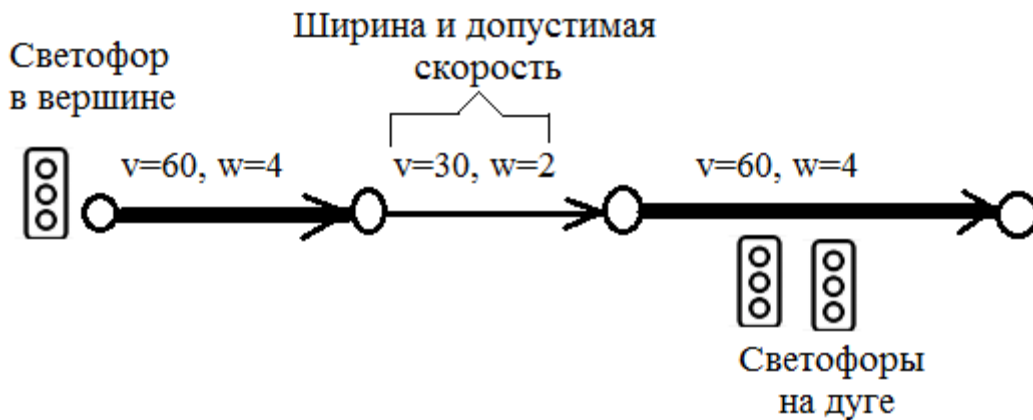


Рис. 3. Принцип кодирования участков дорог

На основе данных из работы [5], а также при помощи анализа тестовых графовых систем, дорожной сети Брянской области и города Брянска был предложен и закреплён вид формулы для оценки качества маршрута:

$$\varphi = (1 + (1 - S_{\max}) \cdot (1 - e^{-0,5pN})^z) \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{w_i^{A_w} v_i^{A_v}}.$$

Приняты следующие обозначения w_i – ширина i -го дорожного участка, включенного в маршрут, v_i – максимальная допустимая скорость движения по нему, L_i – длина участка, n – количество участков, N – общее число светофоров на пути. Например, на рис. 3 при движении от левого края к правому $n = N = 3$. Остальные величины в формуле являются параметрами модели.

Компоненты $A_w > 0, A_v > 0$ формализуют влияние скорости и ширины на предпочтительность участка дорожной сети. В случае если бы автомобиль мог двигаться по участкам строго со скоростями v_i , можно было бы считать $A_v = 1$. Однако на практике это невозможно. К примеру, вследствие заторов, необходимости избегать потенциально опасных ситуаций при наличии неосторожных водителей на других машинах, а также невозможности по законам физики мгновенно менять скорость на 10-20 км/ч, реальная скорость будет отличаться от потенциальной. Отличие бывает и в верхнюю сторону – например, иногда экипажу скорой помощи или полиции нужно превысить разрешенную скорость.

Вся сумма в представленной формуле качества фактически является метрикой качества пути без учета светофоров, а слева от суммы находится дополнительный множитель, ухудшающий оценку качества пути по мере роста количества светофоров (назовем данный множитель функцией поправки). Величина $S_{\max} > 1$ показывает, во сколько раз мы оцениваем увеличение времени прохождения пути, если на нем много светофоров. Величина $p > 0$ по факту отвечает за важность минимизации количества светофоров на пути – чем выше значение p , тем быстрее возрастает предложенная функция поправки (рис. 4).

Как отмечалось в [5], форма графика функции поправки зависит от параметра $z > 1$: чем выше значение z , тем более медленный рост функции поправки. Применение компонента $(1 - e^{-0,5pN})^z$ вместо $1 - e^{-0,5pN}$ позволяет обеспечить наличие точки перегиба при $N > 0$. Перегиб необходим для изменений в поведении функции поправки с ростом N . При маленьких значениях N функция возрастает медленно и практически не «отрывается» от линии $y = 1$. Это объясняется тем, что при небольшом количестве, равномерно расположенных на достаточно длинном пути, светофоров, влияние на оценку качества пути практически не оказывает. Далее рост, рассматриваемой функции поправки, становится значительным – до тех пор, пока число светофоров не станет достаточно большим, после чего добавление еще одного светофора несущественно скажется на качестве пути.

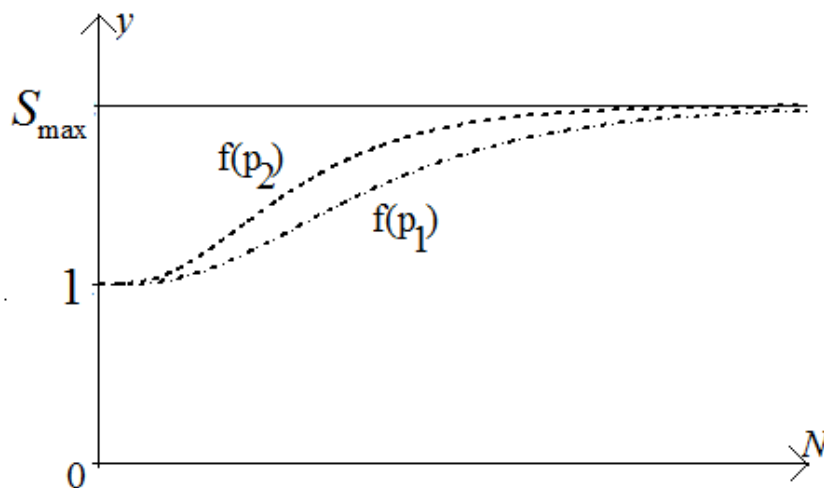


Рис. 4. Функции поправки для светофоров ($p_1 < p_2$)

Важными свойствами формулы качества являются:

1. Включает в себя классические метрики качества пути. При $S_{\max} = 1$, $A_v = A_w = 0$ получаем сумму длин участков пути. При $A_v = S_{\max} = 1$, $A_w = 0$ получаем суммарное время в пути в предположении, что на каждом участке осуществляется движение с максимально допустимой скоростью, таким образом получаем модель, близкую к приведенной в [8].

2. Пусть найден некоторый путь P из точки старта S в точку назначения E , для которого формула качества дала значение F . Пусть также, пытаюсь найти другие пути, прошли из S в некоторую точку D , отличную от E . Тогда, если для пути из S в D значение по формуле качества выше F , нет смысла пытаться продолжить поиск пути в E из D : перед нами заведомо неэффективное частичное решение. За счет такого свойства можно эффективно использовать предложенную формулу качества для различных стратегий поиска оптимального пути, использующих поиск в глубину. Именно на поиск в глубину с эффективными отсечениями заведомо неперспективных частичных решений ориентирована данная модель, хотя ее можно использовать и с другими алгоритмами поиска оптимального пути в графе. Например, предлагаемую формулу можно использовать в рамках стратегии поиска в глубину, рассмотренной в [1]. Идея в том, чтобы перестать расширять частичное решение, как только оно стало заведомо неперспективным. Исходя из свойств формулы, если частичное решение оказалось хуже ранее найденного пути Z из S в F , при попытке его расширения оценка стоимости не может улучшиться, поэтому решение заведомо хуже Z .

3. В зависимости от значений параметров S_{\max}, p, z, A_w, A_v , рассматриваемая формула может использоваться для различных режимов движения транспорта – например, в одних случаях требуется добраться до цели как можно быстрее, в других – экономить топливо, и т.д. Также параметры будут различаться для случаев обычного транспорта и транспорта с включенным проблесковым маячком: в частности, в последнем случае снижается приоритет светофоров по сравнению с отсутствием маячка.

Кроме этого, в предложенную формулу вводится параметр, не входящий в саму формулу качества, но влияющий на поиск оптимального пути. Если есть пути P и Q между стартовой и конечной точками, причем $\varphi(P) < \varphi(Q) \leq u \cdot \varphi(P)$, то при условии, что у Q меньше дуг, путь Q предпочтителен, хотя он и хуже P согласно формуле качества. Очевидно, что $u \geq 1$, но этот параметр не должен значительно превышать единицу. При $u = 1$ имеем строгую оптимизацию с целевой функцией $\varphi \rightarrow \min$. Необходимость $u > 1$ в ряде случаев обусловлена тем, что при переходе от одной дуги к другой нередко требуется замедляться, особенно если речь идет о поворотах. Следовательно, лучше избегать путей со значительным количеством дуг, даже ценой умеренного ухудшения в смысле функции φ .

Для получения адекватных результатов требуется, некоторым образом, оценивать параметры $S_{\max}, p, z, A_w, A_v, u$, чтобы можно было использовать нашу формулу качества и математическую модель качества в целом. Это возможно сделать путем экспертного опроса. Для этого создаются 50-100 тестовых графов дорожных сетей, на каждом из графов выбираются две точки пути (начало и конец), и для каждой из задач требуется опросить ряд опытных водителей, какой путь из возможных бы они выбрали. Там, где возникли разногласия, есть два варианта действий:

- 1) отсечь данный граф;
- 2) считать, что есть несколько правильных путей, и требуется, чтобы по модели был выбран любой из нескольких правильных путей.

Допущение 2-3 правильных путей имеет смысл, если имеется на порядок больше путей в графе между заданными точками.

Осуществляется подбор параметров модели на ЭВМ так, чтобы значения параметров позволили успешно пройти все составленные тесты. Таким образом ставится оптимизационная задача, где процент пройденных тестов – целевая функция, подлежащая

максимизации. Тривиальный метод подбора – выбрать интервалы для поиска каждого из параметров и шаг варьирования, и далее проверять каждый параметр с заданным шагом варьирования. Поскольку функция f достаточно сложная, такой подход следует считать относительно надежным с точки зрения минимизации рисков упустить варианты, дающие 100%-ное прохождение тестов. При высокой производительности ЭВМ и эффективной реализации (распараллеливание по потокам, отказ от проверки наборов параметров, близких к оказавшихся неэффективными, и т.д.) такой метод является оправданным. При этом, если в пространстве $(S_{\max}, p, z, A_w, A_v, u)$ остается слишком широкая область решений, при которых проходятся все тесты, ее следует сокращать расширением тестовой выборки графов.

Выводы

С помощью 60 различных графов, каждый из которых охватывал некоторую часть дорог Брянска, при условиях, когда приоритетна минимизация времени в пути, и когда длина пути по важности имеет приблизительно равное значение по сравнению с остальными факторами, взятыми вместе, был получен следующий набор параметров: $S_{\max} = 1,69, p = 0,31, z = 3,51, A_w = 0,09, A_v = 0,55, u = 1,015$, давший успешное прохождение всех тестов. При смещении значения любого из полученных параметров на 0,01, процент успешно пройденных тестов падал, причем иногда значительно.

Выполним интерпретацию полученных нами параметров.

1. Адекватность полученных параметров подтверждается тем, что получено $A_v + A_w + p = 0,95 \approx 1$, это соотношение формализует высказывание «длина пути по своей важности имеет приблизительно равное значение по сравнению с прочими факторами в совокупности».

2. Низкий приоритет ширины дорог является вполне оправданным. Например, часто удобно объехать дороги, где частые заторы, по небольшим улицам. В [4] обращено внимание, что, как правило, навигационные программы настроены так, что не учитывают это. Предложенная модель позволяет избежать предвзятого мышления, ведущего к неаргументированному предпочтению широких дорог: широкие дороги обычно центральные и ввиду лучшего качества полотна допускают более быстрое движение, однако именно на центральных дорогах чаще заторы.

Если по-другому задать желаемые пути в тестах, то были бы получены другие наборы оптимальных параметров. Например, рекомендуемый набор бы изменился, если бы настраивали модель для транспорта экстренных служб: тогда светофоры имеют не столь большое значение, и желаемые отклики в тестах были бы иными. Заметим, что настройка параметров чрезвычайно схожа с обучением нейросетей, где также требуются пары (входы, желаемые выходы).

Созданная модель оценки качества путей характеризуется такими преимуществами, как умеренная сложность модели и ее программной реализации с одновременным охватом наиболее важных характеристик дорожной сети и поддержкой эффективного (с точки зрения быстродействия) поиска путей на графах дорожной сети. В перспективе предполагается учитывать такие свойства, как распределение светофоров в пределах пути и структурные особенности графа дорожной сети, способные указать на уровень риска заторов. Например, разумно полагать, что есть разница, распределены ли светофоры более-менее равномерно по анализируемому пути или же есть небольшой участок сразу с несколькими светофорами, который трудно проехать без существенных задержек. Пример ситуации, способной указать на высокий риск заторов, - наличие вершины, где число входящих дуг выше числа исходящих при схожей ширине участков дорог и допустимой скорости движения.

Список литературы:

1. Азарченков, А.А. Применение алгоритмов на графах при моделировании движения транспортных средств / А.А. Азарченков, Н.И. Марченков // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения. Сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и просвещение, 2018. – С. 15-19.
2. Горбачёв, П.Ф. Влияние ширины проезжей части на скорость движения автомобилей в городских условиях / П.Ф. Горбачёв и др. // Автомобильный транспорт. – 2019. – № 44. – С. 50-58.
3. Игнатьюк, В.А. Разработка модели сети дорог с параметрами для прокладки кратчайшего пути по алгоритму Дейкстры / В.А. Игнатьюк, С.С. Ничипоренко, В.М. Ногаев // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2009. – №3. – С. 180-187.
4. Как тратить меньше время на светофорах. – Режим доступа: <https://lgai.ru/bazaznaniy/sovety/513117-kak-tratit-menshe-vremya-na-svetoforah.html>.
5. Марченков, Н.И. Математическое моделирование оценки качества маршрутов в городской дорожной сети / Н.И. Марченков, А.А. Азарченков // Высокие технологии и инновации в науке. Сборник избранных статей Международной научной конференции. – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 211-217.
6. Марченков, Н.И. Сравнение методов кодирования сети дорог графами / Н.И. Марченков // Российская наука: тенденции и возможности. – М.: Перо, 2018. – С. 143-146.
7. Соколов, А.В. Выбор математической модели: баланс между сложностью и близостью к измерениям / А.В. Соколов, В.В. Волошинов // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – № 9. – С. 33-41.
8. Степанов, В.П. О математическом моделировании дорожной сети / В.П. Степанов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2010. – № 13. – С. 237-243.
9. Яндекс Маршрутизация. – Режим доступа: <https://yandex.ru/routing/>.

References:

1. Azarchenkov, A.A. Graphs processing algorithms application for vehicles movement modeling / A.A. Azarchenkov, N.I. Marchenkov // Science and innovations of 21th century: actual issues, discoveries and achievements. Collection of article of the 10th International scientific-practical conference. – Penza: Science and education, 2018. – pp. 15-19.
2. Gorbachev, P.F. Road's with influence on speed of car movement in urban roads / P.F. Gorbachev et al // Car vehicles. – 2019. – No. 44. – pp. 50-58.
3. Ignatyuk, V.A. Design of roads network model with parameters based on Dijkstra algorithm for shortest path problem / V.A. Ignatyuk // Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service. – 2009. – No. 3. – pp. 180-187.
4. How to spend as little time as possible caused by traffic lights. – Access point: <https://lgai.ru/bazaznaniy/sovety/513117-kak-tratit-menshe-vremya-na-svetoforah.html>.
5. Marchenkov, N.I. Mathematical modeling of quality estimation of urban road network's routes / Marchenkov N.I., A.A. Azarchenkov // High tech and innovations in science. Collection of the best articles of the International scientific conference. – St. Petersburg: State scientific and research institution «The National Progress», 2020. –pp. 211-217.
6. Marchenkov, N.I. Comparison of methods of road networks encoding based on graphs / N.I. Marchenkov // The Russian science: tendencies and opportunities. – Moscow: The Pen, 2018. – pp. 143-146.
7. Sokolov, A.V. Balance between complexity and accurate measurements / A.V. Sokolov, V.V. Voloshinov // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – No. 9. – pp. 33-41.
8. Stepanov, V.P. Issues of mathematical modeling of road networks / V.P. Stepanov // The modern IT in automated systems. – 2010. – No. 13. – pp. 237-243.
9. Yandex.Routing. – Access point: <https://yandex.ru/routing/>.

Статья поступила в редколлегию 01.08.2020.

Рецензент: канд. биол. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Кузьменко А.А.

Статья принята к публикации 05.08.2020.

Сведения об авторах

Азарченков Андрей Анатольевич
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информатика и программное обеспечение»
Брянского государственного технического
университета
E-mail: azarchenkovaa@yandex.ru

Information about authors:

Azarchenkov Andrey Anatolyevich
candidate of technical Sciences, docent of the Department
«Computer science & software» Bryansk State Technical
University
E-mail: azarchenkovaa@yandex.ru

Марченков Николай Игоревич
магистрант кафедры «Информатика и программное
обеспечение» Брянского государственного
технического университета
E-mail: nikolai.marchenkov@mail.ru

Marchenkov Nikolai Igorevich
magistracy student «Computer science & software»
Bryansk State Technical University
E-mail: nikolai.marchenkov@mail.ru

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-pu@mail.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Корректор К.Ю. Андросов.

Сдано в набор 16.09.2020. Выход в свет 30.09.2020.

Объём 50 Мб. ОЗУ 512 Мб. Internet Explorer, Adobe Reader 5.0 и выше.

