

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

**О. Э. Карпов, С. А. Субботин, М. Н. Замятин,
Д. В. Шишканов, П. Е. Асташев**

Национальный медико-хирургический Центр им. Н. И. Пирогова
Минздрава России, Москва, Россия

Е. С. Прохорова

ООО «АВК трейд», Рязань, Россия

Моделирование деятельности лечебно-профилактических учреждений является одним из перспективных направлений совершенствования организации медицинской помощи. Однако его реализация пока в основном ограничена рамками научно-исследовательских работ. Основная причина заключается в сложности создания в здравоохранении эффективных моделей и работы с ними, обусловленной большим разнообразием многоплановых процессов медицинского обслуживания населения. В Национальном медико-хирургическом Центре им. Н. И. Пирогова проводится работа по внедрению методов моделирования потока пациентов в процесс управления стационаром. В статье авторами представлены результаты подготовительного, аналитического этапа. Анализ данных показал, что к процессам крупного многопрофильного медицинского учреждения могут применяться методы теории массового обслуживания, а качество данных в медицинской информационной системе позволяет использовать их для имитационного моделирования. Приведены предварительные результаты подготовки информации. Показано, что сложность сбора, очистки и представления данных является стратегической функцией и может быть сопоставима со сложностью разработки модели.

Ключевые слова: информационные технологии, имитационное моделирование, математическое моделирование, представление данных.

IMITATION MODELING OF THE ACTIVITY OF THE PRESENT-DAY MULTI-PROFILE MEDICAL INSTITUTION

**Oleg E. Karpov, Sergey A. Subbotin, Mikhail N. Zamyatin,
Dmitry V. Shishkanov, Pavel E. Astashev**

National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov,
Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

Elena S. Prokhorova

ООО «AVK trejd», Ryazan, Russia

Modeling the activity of medical institutions is one of promising lines in enhancing the organization of medical aid. However, its realization today is restricted by research work. The key reason is the difficulty of developing effective models in public health service and working with them, which is envisaged by a wide diversity of processes of medical services provided to the population. In the National Pirogov Surgery Center methods of modeling the patients' flow are introduced in the process of hospital management. The authors show results of the preparatory, analytical stage. Analysis of the data demonstrates that methods of the theory of mass service can be applied to processes of a big multi-profile medical institution and the quality of data in the medical information system provides an opportunity to use it for imitation modeling. Preliminary results of data preparation were given. It was shown that the complexity of collection, treatment and presentation of data is a strategic function, which can be compared to complexity of model development.

Keywords: information technologies, imitation modeling, mathematic modeling, data presentation.

Введение

Ключевой задачей управления отдельной медицинской организацией в период изменения условий государственного финансирования системы здравоохранения становится интенсификация ее деятельности. Переход России к цифровой экономике и повсеместное внедрение новых технологий дают для этого новые возможности и инструменты. Повышение результативности и эффективности медицинских учреждений во многом связывается с совершенствованием организации их работы, ключевыми направлениями которого являются:

- упрощение структуры медицинского учреждения;
- оптимизация размещения отделений и отдельных кабинетов с учетом их взаимодействия;
- снижение издержек, связанных с процессами оказания медицинской помощи: госпитализации, диагностики, хирургического и терапевтического лечения пациентов с различными нозологиями;
- повышение загрузки оборудования и площадей, оборота коечного фонда;
- оптимизация потоков пациентов.

На решение задач совершенствования организации работы медицинских учреждений направлены и приоритетные государственные проекты Минздрава России, прежде всего «Создание новой модели медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь» и «Совершенствование процессов организации медицинской помощи на основе внедрения информационных технологий». Общим принципом является то, что все управленческие, клинические и экономические решения должны быть основаны на научных данных и обеспечивать прозрачность обоснования ресурсов и затрат при оказании медицинской помощи и планировании деятельности. При этом учреждение не может *in vivo* поставить множество экспериментов для проверки управленческих гипотез. Выйти из сложившегося противоречия можно только за счет примене-

ния методов математического, прежде всего имитационного, моделирования, ведь имитировать – значит вообразить, постичь суть явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте.

Использование методов моделирования в здравоохранении

Моделирование деятельности медицинской организации с технологической точки зрения – это абстрактное ее представление как системы взаимосвязанных и взаимодействующих процессов, на основе которого обеспечиваются [4]:

- ликвидация узких мест;
- устранение избыточных этапов;
- устранение дублирования;
- сокращение времени обслуживания пациентов;
- определение мест и методов контроля процесса.

В практике российского здравоохранения методы математического моделирования используются на сегодняшний день в основном в рамках научно-исследовательских работ. При этом из основных методов имитационного моделирования (рис. 1), а именно дискретно-событийного, агентного, анализа системной динамики, практически всегда выбирается первый как наименее абстрактный и базирующийся на имеющихся фактических данных.

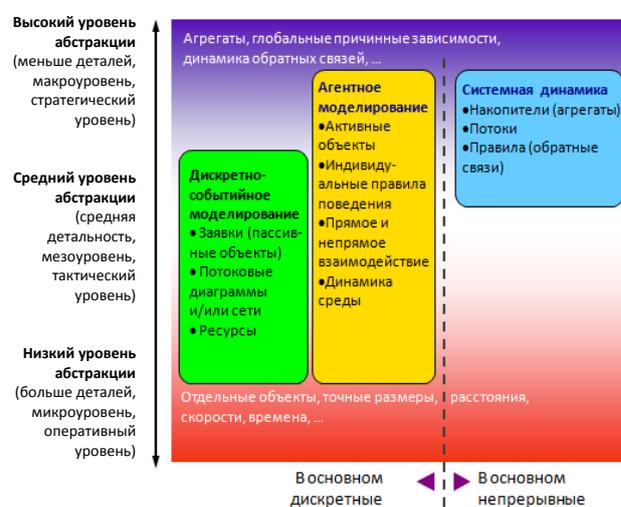


Рис. 1. Методы имитационного моделирования

Имитационное моделирование базируется на таких разделах математики, как теория массового обслуживания, теория операций, и показывает наилучшие результаты при значительной интенсивности исследуемых процессов. Так, В. М. Хачумов и С. В. Погодин показали, что использование имитационной модели системы массового обслуживания для описания работы шести типовых отделений лечебно-профилактического учреждения «позволяет оценивать ситуацию и управлять потоками пациентов, находить узкие места и ограничивать нагрузку на отдельные подразделения в случае создания очередей» [9].

В 2014 г. были опубликованы данные об успешном построении имитационной модели городского call-центра, обслуживающего медицинские организации, и исследования ее поведения [6]. Автор этой работы с использованием специализированного программного продукта AnyLogic с помощью модели рассчитал минимальное количество операторов (43 человека) и обосновал необходимость иметь выделенного психолога на полной ставке. Следует отметить, что существуют и другие демонстрационные модели использования данного программного продукта, но все они имеют не российское происхождение.

Кроме того, имитационное моделирование предлагается использовать для сравнительной оценки эффективности различных вариантов автоматизации процессов проведения профессиональных осмотров и диспансеризации, что тоже относится к сфере организации работы медицинской организации [10]. По итогам моделирования авторами получены значения математического ожидания затрат труда в разрезе категорий сотрудников и отклонения от них для нескольких вариантов автоматизации деятельности. Итоги работы позволили оценить прямой финансовый результат от затрат на информатизацию.

Для успешного применения создаваемых моделей в практической работе медицинского учреждения принципиально важными являются методические вопросы

моделирования: выделение, типизация и классификация описываемых процессов, возможность использования для дальнейшего анализа цепочек создания ценности, возможность изучения на моделях функциональных зависимостей и корреляций между оказываемыми медицинскими услугами [1; 2; 3; 7; 8]. При этом важно выбрать рациональную методологию и нотацию описания процессов, сравнивая их по возможностям последующего анализа полученных моделей. Это связано с тем, что приближение моделей к реальным процессам, прежде всего в части увеличения количества взаимодействующих элементов, приводит к катастрофическому нарастанию их сложности как для разработки и понимания, так и для программной реализации и анализа полученных результатов.

Подготовка данных Пироговского Центра для целей имитационного моделирования

Целью работы, проводимой совместно специалистами Пироговского Центра и Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, является создание модели потока пациентов в многопрофильном стационаре. Схема действий при имитационном моделировании представляет собой двухуровневый итерационный процесс, который должен повторяться до успешной интерпретации результатов экспериментов, отвечающих целям моделирования, или до исчерпания технических возможностей детализации модели (рис. 2).



Рис. 2. Этапы имитационного моделирования

Процесс моделирования разделен на этапы, первыми из которых являются подготовительные – определение исходных параметров моделируемых процессов и формализация потока пациентов. При этом начальные витки спирали должны быть максимально простыми, чтобы убедиться в адекватности модели, оценить результаты и сложность подготовки данных.

Исходные значения показателей для моделирования представляют собой реальные результаты деятельности Пироговского Центра за один календарный год, полученные из медицинской информационной системы учреждения:

- стационар на 600 коек;
- 24 профиля оказания медицинской помощи;
- 31 806 историй болезни;
- 24 724 оперативных вмешательств;
- 6 каналов финансирования, десятки сотрудничающих страховых компаний;
- 96 823 зарегистрированных факта перемещения пациентов между отделениями, включая выбытие;
- 908 079 оказанных услуг;
- 859 867 выполненных назначений медикаментов персонифицированного учета;
- 2 873 позиции номенклатуры фактически оказанных услуг;
- более 30 отделений, участвующих в оказании медицинской помощи.

Медицинская информационная система должна на каждый день лечения содержать все перечисленные сведения.

Чтобы избежать ожидаемого нарастания сложности модели при ее детализации, было принято решение начинать работу с максимально укрупненных параметров.

Лечащие отделения были распределены в три группы:

- хирургические (объединенные по факту выполнения оперативного вмешательства во время госпитализации пациента);

- нехирургические – терапевтические (т. е. коечные отделения, лечение в которых не включало выполнение операции);

- отделения реанимации и интенсивной терапии.

Поток пациентов разделялся:

- на четыре группы на входе:
 - по характеру госпитализации – на экстренный и плановый;
 - по наличию оперативного вмешательства;

- и на две группы на выходе – по результату (выписка или летальный исход).

Важно, что даже столь грубая детализация привела к необходимости выделять 24 группы движений пациентов.

Первично при моделировании учитывались только пациенты, продолжительность лечения которых не превышала 10 дней, затем расширили диапазон до 14 дней, что соответствует выписке 90 и 95% входного потока соответственно.

Кроме того, в первичную выборку включали только тех пациентов, продолжительность пребывания которых в отделениях реанимации и интенсивной терапии ограничена двумя днями, что соответствует 90% случаев от всех госпитализируемых (рис. 3).

Данные о фактическом движении пациентов с учетом профиля отделения госпитализации представлены на рис. 4 и 5. Из представленных на рисунках данных исключены группы менее 12 пациентов и движения после 14 дней.

Обозначения на рис. 4 и 5:

П – приемное отделение;

Т – терапевтическое отделение;

Х – хирургическое отделение;

Р – отделение реанимации и интенсивной терапии;

В – выписан;

Л – летальный исход.

В частности, ПТ соответствует перемещению пациента из приемного (П) в терапевтическое (Т) отделение.

Рис. 4 и 5 представляют собой пример одного из этапов системного анализа, из которого видно, что количество движений

по группам пациентов существенно неоднородно. Мы ожидаем, что эксперименты со структурой входного потока позволят нам найти пути оптимизации работы отделений.

В части учета затрат рабочего времени медицинских работников, загрузки оборудова-

ния и использования помещений (прежде всего операционного блока) подготовка данных началась с анализа оказания медицинских услуг и расходования медикаментов персонифицированного назначения с даты госпитализации. Результаты анализа приведены в таблице.

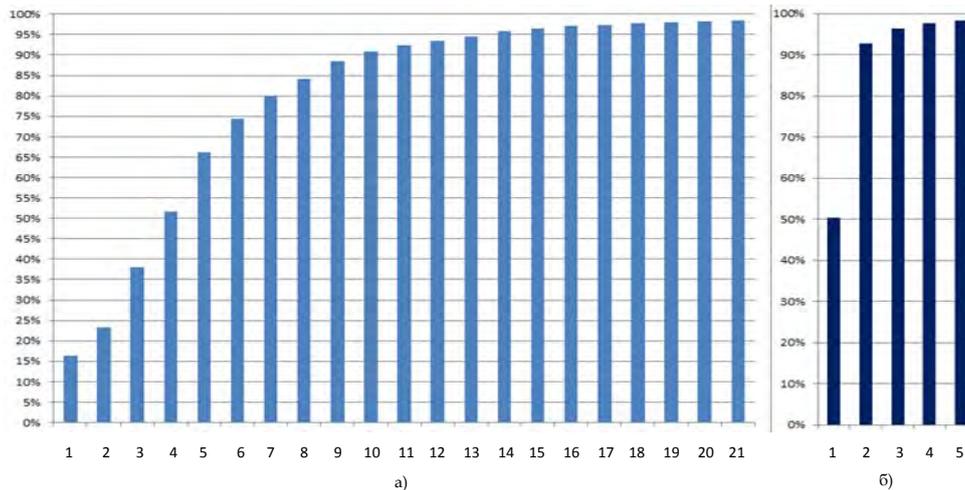


Рис. 3. Распределение пациентов по продолжительности лечения в стационаре и по числу дней, проведенных в реанимационных отделениях: а) доля выписанных; б) доля покинувших

Группы пациентов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	итого
⊕ ПТ	12045	3							1						12 049
Плановая	10705	3							1						10 709
Экстренная	1340														1 340
⊕ ПР	787														787
Плановая	53														53
Экстренная	734														734
⊕ ПХ	18910	1													18 911
Плановая	17122	1													17 123
Экстренная	1788														1 788
⊕ РЛ	6	5	3	4		2	4	1		2	2				46
Плановая	1	3	1	3		1	4	1		1	2				32
Экстренная	5	2	2	1		1				1					14
⊕ РТ	1009	244	108	39	16	31	24	17	11	6	10	2	5	3	1 556
Плановая	674	31	21	16	9	10	15	10	5	3	7	1	2	2	822
Экстренная	335	213	87	23	7	21	9	7	6	3	3	1	3	1	734
⊕ РХ	6142	4895	338	146	89	69	72	50	31	37	22	21	14	15	12 037
Плановая	5724	4780	286	115	66	46	55	41	29	29	13	15	10	13	11 286
Экстренная	418	115	52	31	23	23	17	9	2	8	9	6	4	2	751
⊕ ТВ	2024	618	1632	1599	2107	627	701	483	765	380	244	171	182	332	12 809
Плановая	1870	462	1463	1445	1988	479	518	344	623	248	139	98	92	271	10 744
Экстренная	154	156	169	154	119	148	183	139	142	132	105	73	90	61	2 065
⊕ ТР	804	26	26	11	8	8	17	12	2	2	1	3	3	1	942
Плановая	700	19	16	8	5	4	13	8	2	1	1	1	3	1	796
Экстренная	104	7	10	3	3	4	4	4		1		2			146
⊕ ТХ	23	19	23	10	14	8	18	14	9	9	6	5	6	7	188
Плановая	17	10	18	9	10	6	13	10	6	7	3	5	4	5	131
Экстренная	6	9	5	1	4	2	5	4	3	2	3	2	2	2	57
⊕ ХВ	3133	1625	2997	2737	2495	1966	1097	844	595	357	239	190	141	115	18 887
Плановая	2899	1424	2819	2538	2294	1788	952	730	516	304	205	161	119	89	17 106
Экстренная	234	201	178	199	201	178	145	114	79	53	34	29	22	26	1 781
⊕ ХР	10937	388	141	81	56	49	50	30	23	29	19	12	14	11	11 914
Плановая	10577	305	105	57	36	30	32	23	19	22	13	10	9	8	11 293
Экстренная	360	83	36	24	20	19	18	7	4	7	6	2	5	3	621
⊕ ХТ	83	55	44	26	17	15	11	9	11	4	6	4	2	4	338
Плановая	32	21	14	12	6	8	7	3	6	3	4	2	3		144
Экстренная	51	34	30	14	11	7	4	6	5	1	2	2	2	1	194

Рис. 4. Количество движений пациентов между отделениями различных типов с детализацией по характеру госпитализации

Группы пациентов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Общий итог
▣ ПТ	12045	3						1							12 049
Оперативное вмешательство	2616							1							2 617
Без оперативного вмешательства	9429	3													9 432
▣ ПР	787														787
Оперативное вмешательство	250														250
Без оперативного вмешательства	537														537
▣ ПХ	18910	1													18 911
Оперативное вмешательство	15381														15 381
Без оперативного вмешательства	3529	1													3 530
▣ ПВ	1	1	1							1					5
Оперативное вмешательство		1													1
Без оперативного вмешательства	1		1							1					4
▣ РЛ	6	5	3	4		2	4	1		2	2				46
Оперативное вмешательство	2	1	1	2		1	2	1		2	2				30
Без оперативного вмешательства	4	4	2	2		1	2								16
▣ РТ	1009	244	108	39	16	31	24	17	11	6	10	2	5	3	1 556
Оперативное вмешательство	698	129	72	14	10	15	10	8	6	4	7	2	3	2	1 000
Без оперативного вмешательства	311	115	36	25	6	16	14	9	5	2	3		2	1	556
▣ РХ	6142	4895	338	146	89	69	72	50	31	37	22	21	14	15	12 037
Оперативное вмешательство	5951	4857	326	139	85	64	69	49	30	35	22	21	14	15	11 769
Без оперативного вмешательства	191	38	12	7	4	5	3	1	1	2					268
▣ ТВ	2024	618	1632	1599	2107	627	701	483	765	380	244	171	182	332	12 809
Оперативное вмешательство	459	198	345	298	250	277	245	95	49	36	33	22	19	33	2 813
Без оперативного вмешательства	1565	420	1287	1301	1857	350	456	388	716	344	211	149	163	299	9 996
▣ ТР	804	26	26	11	8	8	17	12	2	2	1	3	3	1	942
Оперативное вмешательство	707	14	18	6	6	6	10	8	1	2	1	1	2	1	796
Без оперативного вмешательства	97	12	8	5	2	2	7	4	1			2	1		146
▣ ТХ	23	19	23	10	14	8	18	14	9	9	6	5	6	7	188
Оперативное вмешательство	14	15	21	9	13	7	14	9	8	9	4	5	3	7	155
Без оперативного вмешательства	9	4	2	1	1	1	4	5	1	2			3		33
▣ ХВ	3133	1625	2997	2737	2495	1966	1097	844	595	357	239	190	141	115	18 887
Оперативное вмешательство	1430	1154	2676	2495	2343	1837	955	763	513	309	204	175	128	99	15 405
Без оперативного вмешательства	1703	471	321	242	152	129	142	81	82	48	35	15	13	16	3 482
▣ ХР	10937	388	141	81	56	49	50	30	23	29	19	12	14	11	11 914
Оперативное вмешательство	10815	374	136	80	51	45	49	28	21	29	19	12	14	9	11 754
Без оперативного вмешательства	122	14	5	1	5	4	1	2	2					2	160
▣ ХТ	83	55	44	26	17	15	11	9	11	4	6	4	2	4	338
Оперативное вмешательство	22	15	14	10	4	7	6	6	9	2	4	3	1	2	149
Без оперативного вмешательства	61	40	30	16	13	8	5	3	2	2	2	1	1	2	189

Рис. 5. Количество движений пациентов между отделениями различных типов с детализацией по наличию оперативного вмешательства

Распределение объема оказания медицинских услуг и выполнения назначений медикаментов по дням лечения

День госпитализации	Оказано медицинских услуг (доля), %	Выполнено назначений медикаментов (доля), %
1	30,19	32,91
2	23,97	11,82
3	11,43	10,44
4	6,52	8,39
5	4,80	6,19
6	3,42	5,18
7	2,82	4,53
8	2,78	3,59
9	2,29	2,63
10	1,63	1,95
> 10	9,29	11,98
11	1,16	1,54
12	0,94	1,20
13	0,72	1,05
14	0,67	0,89
Выявленные ошибки и пропуски	0,87	0,41

Видно, что ограничения в десять дней после госпитализации позволяют учесть 89,84% услуг и 87,63% назначений лекарственных средств, а в четырнадцать дней – 93,33 и 94,26% соответственно. На следующем шаге детализации предполагается перейти к группам однородных услуг.

Отдельно следует подчеркнуть долю выявленных ошибок и пропусков в данных медицинской информационной системы Пироговского Центра – менее 1%. Столь низкое количество ошибок было получено не сразу. Как отмечалось ранее, «состав и уровень контроля качества данных в информационных системах ориентированы исключительно на текущие статистические и учетные задачи, что затрудняет их использование для целей исследований и поддержки принятия решений», и в ИТ-стратегии Пироговского Центра выделена ключевая функция – «обеспечение высокого качества данных в информационных системах (зона ответственности профильного подразделения)» [5].

В рамках выполнения этой функции для обеспечения нужного уровня достоверности были созданы специальные инструменты выявления проблем с данными и их исправления. По нашим оценкам, таким образом удалось исправить большинство ошибок, вызванных опечатками операторов. Для дальнейшего расширения логического контроля при регистрации данных предусмотрены доработки ин-

формационной системы, а также использование соответствующих показателей для оценки деятельности сотрудников. Общая трудоемкость сбора, подготовки и очистки данных оказалась сопоставима с затратами времени на согласование параметров и создание модели.

Заключение

Использование научно обоснованных методов анализа и поддержки принятия решений в процессе организации работы медицинского учреждения является необходимым условием для достижения требуемых уровней клинической и экономической эффективности. Имитационное моделирование – один из таких методов, и российское здравоохранение уже начинает его изучение и применение.

Пироговский Центр начал работу с создания модели потока пациентов. Работы велись по двум основным направлениям:

- извлечение, очистка, подготовка данных для использования в моделях;
- создание начального варианта модели на заведомо избыточно сгруппированных данных для отработки технологии и оценки сложности модели.

Предварительные итоги показывают, что модель потока пациентов является работоспособной и после необходимой детализации данных может быть использована для проведения экспериментов, обработки и интерпретации полученных результатов.

Список литературы

1. Бельшев Д. В., Гулиев Я. И., Малых В. Л. Моделирование бизнес-процессов медицинской организации (лечебно-профилактического учреждения) // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 5. – С. 78–90.
2. Воронова Л. В., Гольчевский Ю. В. Статистическое моделирование в процессах управленческого учета на примере медицинского подразделения вуза // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 46–57.
3. Гулиев Я. И., Бельшев Д. В., Михеев А. Е. Моделирование бизнес-процессов медицинской организации: классификация процессов // Врач и информационные технологии. – 2015. – № 4. – С. 6–13.
4. Карпов О. Э., Клейменова Е. Б., Назаренко Г. И., Силаева Н. А. Автоматизированное проектирование медицинских технологических процессов / под ред. Г. И. Назаренко. – М. : Деловой экспресс, 2016.

5. Карпов О. Э., Субботин С. А., Шишканов Д. В., Здирук К. К. Стратегия обеспечения соответствия как основа концепции развития информационных технологий в медицинском учреждении // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. – 2017. – Т. 12. – № 3. – С. 3–8.

6. Попов А. А. Разработка модели медицинского call-центра города Красноярска на основе системы имитационного моделирования Anylogic // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 1. – С. 57–61.

7. Тихомирова Т. М. Совершенствование системы лекарственного обеспечения в Российской Федерации // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2012. – № 3 (45). – С. 73–82.

8. Тихомирова Т. М. Финансовое обеспечение сферы здравоохранения как необходимое условие укрепления здоровья населения // Транспортное дело России. – 2011. – № 11 (96). – С. 63–66.

9. Хачумов В. М., Погодин С. В. Моделирование работы лечебного учреждения как системы массового обслуживания // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2010. – № 1. – С. 49–56.

10. Щербakov С. М., Теплякова Е. Д., Румянцев С. А., Василенок А. В. Имитационное моделирование в задачах управления медицинской организацией амбулаторного типа // Социальные аспекты здоровья населения. – 2017. – Т. 56. – № 4.

References

1. Belyshev D. V., Guliev Ya. I., Malykh V. L. Modelirovanie biznes-protsessov meditsinskoj organizatsii (lechebno-profilakticheskogo uchrezhdeniya) [Business Processes Modeling of a Medical Organization (medical institution)]. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Physician and Information Technology], 2014, No. 5, pp. 78–90. (In Russ.).

2. Voronova L. V., Gol'chevskiy Yu. V. Statisticheskoe modelirovanie v protsessakh upravlencheskogo ucheta na primere meditsinskogo podrazdeleniya vuza [Statistical Modeling in Management Accounting Processes on the Example of the Medical Department of the University]. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Physician and Information Technology], 2014, No. 3, pp. 46–57. (In Russ.).

3. Guliev Ya. I., Belyshev D. V., Mikheev A. E. Modelirovanie biznes-protsessov meditsinskoj organizatsii: klassifikatsiya protsessov [Medical Organization Business Process Modeling: Process Classification]. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Physician and Information Technology], 2015, No. 4, pp. 6–13. (In Russ.).

4. Karpov O. E., Kleymenova E. B., Nazarenko G. I., Silaeva N. A. Avtomatizirovanoe proektirovanie meditsinskikh tekhnologicheskikh protsessov [Automated Design of Medical Technological Processes], edited by G. I. Nazarenko. Moscow, Delovoy ekspress, 2016. (In Russ.).

5. Karpov O. E., Subbotin S. A., Shishkanov D. V., Zdiruk K. K. Strategiya obespecheniya sootvetstviya kak osnova kontseptsii razvitiya informatsionnykh tekhnologiy v meditsinskom uchrezhdenii [Compliance Strategy as a Basis for the Concept of Information Technology Development in a Medical Institution]. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N. I. Pirogova* [Vestnik of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov], 2017, Vol. 12, No. 3, pp. 3–8. (In Russ.).

6. Popov A. A. Razrabotka modeli meditsinskogo call-tsentra goroda Krasnoyarska na osnove sistemy imitatsionnogo modelirovaniya Anylogic [Development of a Model of the Medical call-Center of Krasnoyarsk Based on Anylogic Simulation System]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii* [Educational Resources and Technology], 2014, No. 1, pp. 57–61. (In Russ.).

7. Tikhomirova T. M. Sovershenstvovanie sistemy lekarstvennogo obespecheniya v Rossiyskoy Federatsii [Improving the System of Drug Supply in the Russian Federation]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2012, No. 3 (45), pp. 73–82. (In Russ.).

8. Tikhomirova T. M. Finansovoe obespechenie sfery zdravookhraneniya kak neobkhodimoe uslovie ukrepleniya zdorov'ya naseleniya [Financial Support of the Health Sector as a Prerequisite for Improving Public Health]. *Transportnoe delo Rossii* [Russian Transport Business], 2011, No. 11 (96), pp. 63–66. (In Russ.).

9. Khachumov V. M., Pogodin S. V. Modelirovanie raboty lechebnogo uchrezhdeniya kak sistemy massovogo obsluzhivaniya [Simulation of a Hospital as a Queuing System]. *Iskusstvoennyi intellekt i prinyatie resheniy* [Artificial Intelligence and Decision Making], 2010, No. 1, pp. 49–56. (In Russ.).

10. Shcherbakov S. M., Teplyakova E. D., Rumyantsev S. A., Vasilenok A. V. Imitatsionnoe modelirovanie v zadachakh upravleniya meditsinskoy organizatsiey ambulatornogo tipa [Simulation Modeling in the Tasks of Management of an Ambulatory Medical Organization]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya* [Social Aspects of Public Health], 2017, Vol. 56, No. 4. (In Russ.).

Сведения об авторах

Олег Эдуардович Карпов

член-корр. РАН, доктор медицинских наук,
профессор, генеральный директор
НМХЦ им. Н. И. Пирогова
Минздрава России.
Адрес: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Национальный медико-хирургический
Центр имени Н. И. Пирогова»
Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
105203, Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70.
E-mail: KarpovOE@pirogov-center.ru

Сергей Анатольевич Субботин

советник по развитию информационных
технологий НМХЦ им. Н. И. Пирогова
Минздрава России.
Адрес: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Национальный медико-хирургический
Центр имени Н. И. Пирогова»
Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
105203, Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70.
E-mail: SubbotinSA@pirogov-center.ru

Information about the authors

Oleg E. Karpov

Correspondent Member of the Russian Academy
of Sciences, Doctor of Medical Sciences,
Professor, CEO of the Federal State Public
Institution "National Medical and Surgical
Center named after N. I. Pirogov" of the Ministry
of Healthcare of the Russian Federation.
Address: Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center named
after N. I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,
70 Nizhnyaya Pervomayskaya Str.,
Moscow, 105203, Russian Federation.
E-mail: KarpovOE@pirogov-center.ru

Sergey A. Subbotin

Information Technology Advisor of the Federal
State Public Institution "National Medical
and Surgical Center named after N. I. Pirogov"
of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation.
Address: Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center named
after N. I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,
70 Nizhnyaya Pervomayskaya Str.,
Moscow, 105203, Russian Federation.
E-mail: SubbotinSA@pirogov-center.ru

Михаил Николаевич Замятин

доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой анестезиологии
и реаниматологии НМХЦ им. Н. И. Пирогова
Минздрава России.

Адрес: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Национальный медико-хирургический
Центр имени Н. И. Пирогова»
Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
105203, Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70.
E-mail: ZamyatinMN@pirogov-center.ru

Дмитрий Валерьевич Шишканов

кандидат физико-математических наук,
начальник управления развития
информационных технологий
НМХЦ им. Н. И. Пирогова
Минздрава России.

Адрес: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Национальный медико-хирургический
Центр имени Н. И. Пирогова»
Министерства здравоохранения
Российской Федерации, 105203, Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70.
E-mail: ShishkanovDV@pirogov-center.ru

Павел Евгеньевич Асташев

кандидат медицинских наук, врач-методист
НМХЦ им. Н. И. Пирогова
Минздрава России.

Адрес: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Национальный медико-хирургический
Центр имени Н. И. Пирогова»
Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
105203, Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70.
E-mail: AstashevPE@pirogov-center.ru

Елена Сергеевна Прохорова

исполнительный директор ООО «АВК трейд».
Адрес: ООО «АВК трейд»,
390000, Рязань, ул. Право-Лыбедская,
д. 50, пом. Н43.
E-mail: Prokhorova.elena.s@gmail.com

Mikhail N. Zamyatin

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of the Department for Anesthesiology
and Intensive Care of the Federal State Public
Institution "National Medical and Surgical
Center named after N. I. Pirogov" of the Ministry
of Healthcare of the Russian Federation.

Address: Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center named
after N. I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,
70 Nizhnyaya Pervomayskaya Str.,
Moscow, 105203, Russian Federation.
E-mail: ZamyatinMN@pirogov-center.ru

Dmitry V. Shishkanov

PhD, the Head of the Department
for Information Technologies Development
of the Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center
named after N. I. Pirogov" of the Ministry
of Healthcare of the Russian Federation.

Address: Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center named
after N. I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,
70 Nizhnyaya Pervomayskaya Str.,
Moscow, 105203, Russian Federation.
E-mail: ShishkanovDV@pirogov-center.ru

Pavel E. Astashev

PhD, Physician-Methodologist of the Federal
State Public Institution "National Medical
and Surgical Center named after N. I. Pirogov"
of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation.

Address: Federal State Public Institution
"National Medical and Surgical Center named
after N. I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,
70 Nizhnyaya Pervomayskaya Str.,
Moscow, 105203, Russian Federation.
E-mail: AstashevPE@pirogov-center.ru

Elena S. Prokhorova

Executive Director of the ООО «АВК трейд».
Address: ООО «АВК трейд», N43 room,
50 Pravo-Lybedskaya Str., Ryazan, 390000,
Russian Federation.
E-mail: Prokhorova.elena.s@gmail.com