

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ ОБОБЩЕННОГО РАНЖИРОВАНИЯ. I. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

М.Ю. Лившиц, М.В. Цапенко, А.Н. Давыдов, Д.А. Барболин

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: usat@samgtu.ru

Рассматриваются вопросы анализа динамики эффективности научных исследований методом обобщенного ранжирования на основе методологии многокритериального оценивания эффективности Data Envelopment Analysis. Проведено многокритериальное оценивание динамики эффективности научных исследований на примере прогнозов их развития по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.

Материалы представлены в двух частях: в первой части рассмотрены вопросы прогнозирования показателей эффективности научных исследований, во второй дано обобщенное ранжирование показателей эффективности.

Исследование выполнено по государственному контракту № 16.740.11.0749 от 21 октября 2011 г. в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.».

Ключевые слова: *приоритетные направления модернизации экономики, многокритериальное оценивание, эффективность научных исследований, прогнозирование.*

Введение

В первой части статьи рассмотрены вопросы прогнозирования развития научных исследований по пяти приоритетным направлениям модернизации российской экономики [1]: энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива; ядерные технологии; космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры; медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства; стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения.

Способ прогнозирования показателей научных исследований

Прогнозирование частных показателей эффективности научной деятельности возможно на основе способов комплексного прогнозирования, в основу которых положены адаптивные методы Хольта и Брауна [2].

В качестве локальных показателей динамики эффективности научной деятельности по приоритетным направлениям развития экономики выберем три частных

Михаил Юрьевич Лившиц (д.т.н., доц.), заведующий кафедрой «Управление и системный анализ в теплоэнергетике».

Михаил Владимирович Цапенко (к.э.н., доц.), доцент кафедры «Управление и системный анализ в теплоэнергетике».

Андрей Николаевич Давыдов (к.т.н.), начальник Управления научных исследований.

Дмитрий Алексеевич Барболин, ведущий инженер-программист отдела разработки и сопровождения информационных систем.

индикатора [3, 4]:

- количество проводимых научно-исследовательских работ (x_1);
- число исполнителей научной работы (x_2);
- суммарный объем финансирования выполненных исследований (x_3).

Методы Хольта и Брауна используются для прогнозирования временных рядов, когда есть тенденция к росту или падению значений временного ряда, а также когда есть данные за неполный цикл и выделить фактор сезонности невозможно [5].

На первом этапе прогнозирования осуществляется экспоненциальное сглаживание с помощью постоянных сглаживания α и β по трем уравнениям.

Первое уравнение описывает сглаженный ряд для прогнозного значения Y на момент времени t с использованием информации за предыдущий момент времени $t-1$:

$$Y_{\text{пр., } t} = \alpha \cdot (Y_{\text{пр., } t-1} + T_{t-1}) + (1 - \alpha) \cdot Y_t, \quad (1)$$

где $Y_{\text{пр., } t}$, $Y_{\text{пр., } t-1}$ – прогнозные значения показателя в последующий и предыдущий моменты времени;

Y_t – табличное значение показателя в момент времени t ;

T_{t-1} – значение тренда на момент времени $t-1$, которое определяется из второго уравнения:

$$T_t = (1 - \beta) \cdot (Y_{\text{пр., } t} - Y_{\text{пр., } t-1}) + \beta \cdot T_{t-1}. \quad (2)$$

Для определения прогноза на n периодов времени используется третье уравнение:

$$Y_{\text{пр., } t+n} = Y_{\text{пр., } t-1} + n \cdot T_t. \quad (3)$$

Частным случаем метода Хольта является метод Брауна, когда $\alpha = \beta$.

Постоянные сглаживания α и β подбираются путем перебора с определенным шагом. При более высоких значениях α в большей степени учитываются прошлые значения ряда, аналогично более высокие значения β оценивают прошлое движение процесса по сравнению с существующим.

На втором этапе определяются качественные показатели полученных прогнозов: на основе значений t -статистики выявляется значимость факторов в уравнении регрессии, прогностические свойства оцениваются на основе критерия Дарбина – Уотсона (DW) для заданных уровней значимости.

Исходные данные для анализа

Исходные данные по частным показателям динамики эффективности научной деятельности в рассматриваемом примере сформированы на основе статистики, собранной по результатам деятельности научных коллективов СамГТУ в период с 2000 по 2013 гг.

В табл. 1–3 представлены исходные данные по трем локальным показателям результативности научных исследований в разрезе пяти приоритетных направлений развития российской экономики.

На основе собранного статистического материала проведено прогнозирование показателей эффективности научной деятельности.

Таблица 1

**Исходные данные по частному показателю
«Количество проводимых научно-исследовательских работ» (x_1)**

Год	Количество проводимых НИР, ед.				
	Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива	Ядерные технологии	Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры	Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства	Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения
2000	30	0	4	6	2
2001	46	3	11	8	8
2002	55	0	8	5	9
2003	84	4	12	14	16
2004	80	2	12	20	21
2005	81	1	12	20	24
2006	148	5	18	28	23
2007	112	3	7	26	16
2008	95	7	59	28	20
2009	178	2	18	24	14
2010	287	4	23	27	25
2011	171	3	23	53	29
2012	185	2	22	37	35
2013	62	3	10	15	13

Таблица 2

Исходные данные по частному показателю «Число исполнителей научной работы» (x_2)

Год	Число исполнителей НИР, чел.				
	Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива	Ядерные технологии	Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры	Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства	Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения
2000	38	0	13	10	8
2001	69	3	13	13	9
2002	76	0	10	12	10
2003	85	9	10	14	16
2004	93	7	11	14	21
2005	100	4	9	14	21
2006	106	9	8	23	31
2007	106	9	13	22	29
2008	112	11	12	26	28
2009	179	8	5	35	26
2010	183	10	16	38	54
2011	177	11	20	44	54
2012	233	16	21	54	65
2013	148	16	12	36	38

**Исходные данные и результаты прогнозирования по частному показателю
«Суммарный объем финансирования выполненных исследований» (x_3)**

Год	Суммарный объем финансирования выполненных исследований, руб.				
	Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива	Ядерные технологии	Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры	Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства	Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения
2000	3468090,00	0,00	316637,00	419608,00	16637,00
2001	7457031,00	155000,00	228726,00	1063901,00	149526,00
2002	22808164,00	0,00	537981,00	1171197,00	954659,00
2003	26082153,00	464928,00	500757,00	4638461,00	952007,00
2004	34948293,00	152072,00	699000,00	4334033,00	2242947,00
2005	22967398,00	101902,00	939970,00	6925913,00	2142038,00
2006	26316220,00	2425129,00	714838,00	10687406,00	2100442,00
2007	28091737,00	810000,00	1944936,00	16637653,00	2699903,00
2008	28682153,00	3403492,00	2748794,00	13318687,00	2201538,00
2009	50686152,00	115000,00	1642299,00	34092478,00	3522500,00
2010	89211710,00	1438600,00	3023082,00	27507920,00	4104182,00
2011	38952029,00	1087500,00	3388661,00	72059149,00	5780611,00
2012	82886321,00	375000,00	4169764,00	29387048,00	9187788,00
2013	56074998,00	625000,00	542450,00	8397700,00	2479909,00

Прогнозирование показателей эффективности научной деятельности

Прогнозные значения показателей, полученные на основе методов Хольта и Брауна, представлены на графиках (рис. 1–15).

Прогнозные значения показателя «Количество проводимых научно-исследовательских работ» отражены на рис. 1–5, параметра «Число исполнителей научной работы» – на рис. 6–10, показателя «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» – на рис. 11–15.

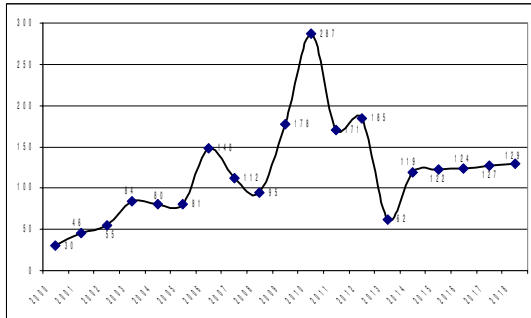


Рис. 1. Прогноз параметра «Количество проводимых НИР» по приоритету «Энергоэффективность и энергосбережение», в том числе вопросы разработки новых видов топлива, ед.

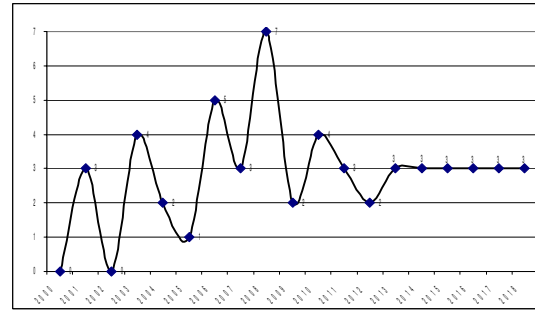


Рис. 2. Прогноз параметра «Количество проводимых НИР» по приоритету «Ядерные технологии», ед.

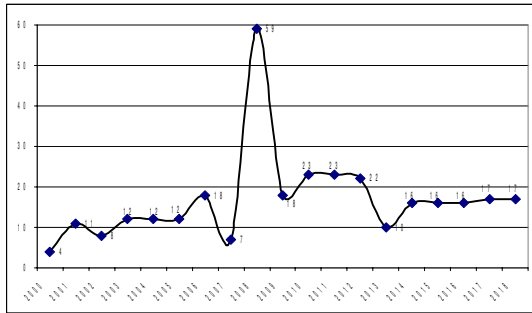


Рис. 3. Прогноз параметра «Количество проводимых НИР» по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры», ед.

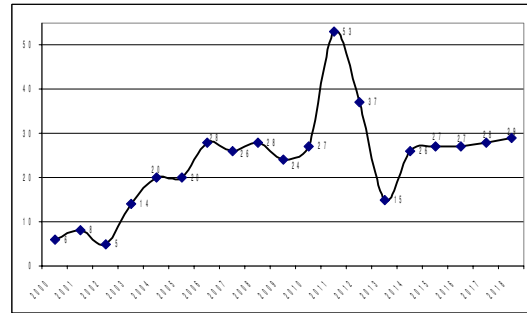


Рис. 4. Прогноз параметра «Количество проводимых НИР» по приоритету «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства», ед.

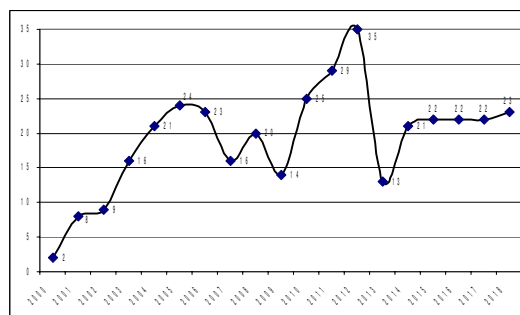


Рис. 5. Прогноз параметра «Количество проводимых НИР» по приоритету «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения», ед.

Как видно из графиков (см. рис. 1–5), для параметра, характеризующего количество проводимых НИР, прослеживается общая тенденция спада их числа к 2013 г., при этом прогнозные значения всех приоритетов, за исключением ядерных технологий, имеют тенденцию скачкообразного роста в 2014 г. в среднем на 170 %.

Для приоритета «Ядерные технологии» прогнозные значения числа реализуемых НИР стабильно и составляет три единицы, минимальное (единичное) увеличение количества исследований характерно для приоритета «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры».

На рис. 6–10 представлены результаты прогнозирования численности исполнителей НИР.

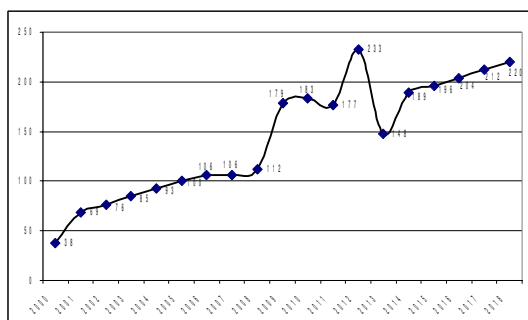


Рис. 6. Прогноз параметра «Число исполнителей научной работы» по приоритету «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива», чел.

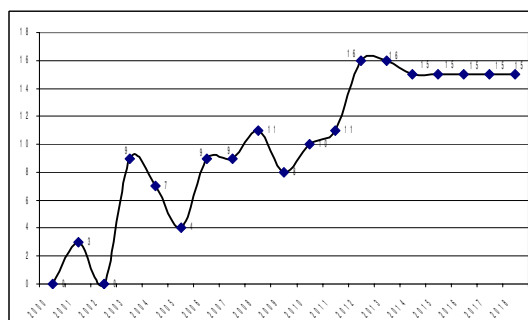


Рис. 7. Прогноз параметра «Число исполнителей научной работы» по приоритету «Ядерные технологии», чел.

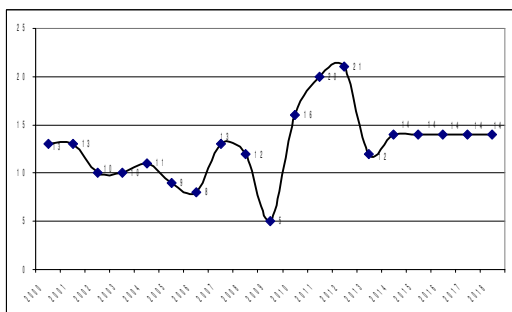


Рис. 8. Прогноз параметра «Число исполнителей научной работы» по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры», чел.

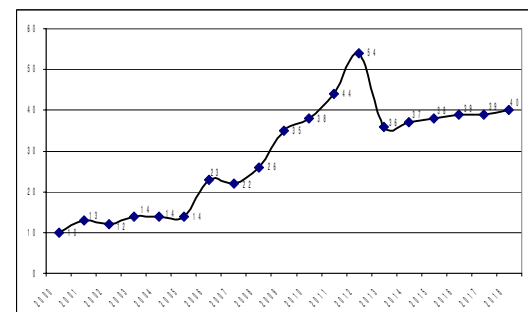


Рис. 9. Прогноз параметра «Число исполнителей научной работы» по приоритету «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства», чел.

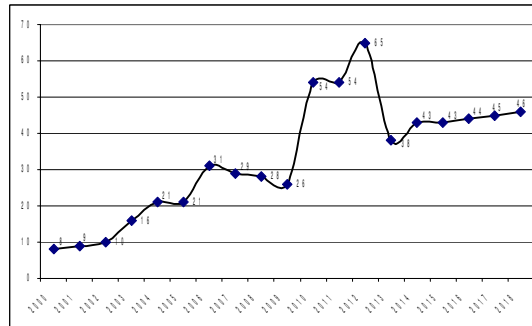


Рис. 10. Прогноз параметра «Число исполнителей научной работы» по приоритету «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения», чел.

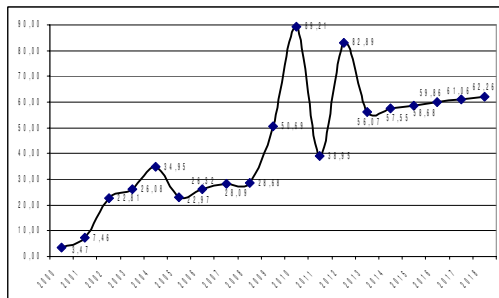


Рис. 11. Прогноз параметра «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» по приоритету «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива», млн руб.

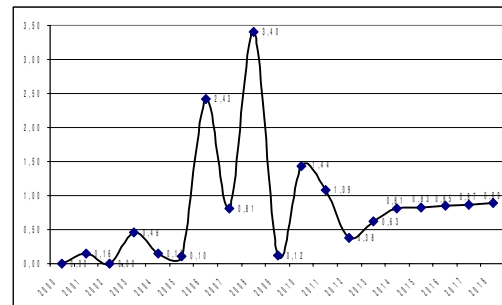


Рис. 12. Прогноз параметра «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» по приоритету «Ядерные технологии», млн руб.

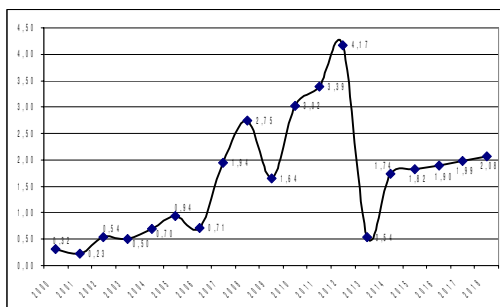


Рис. 13. Прогноз параметра «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры», млн руб.

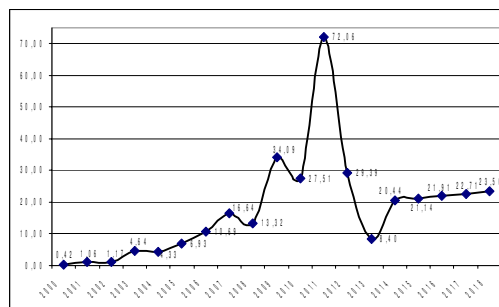


Рис. 14. Прогноз параметра «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» по приоритету «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства», млн руб.

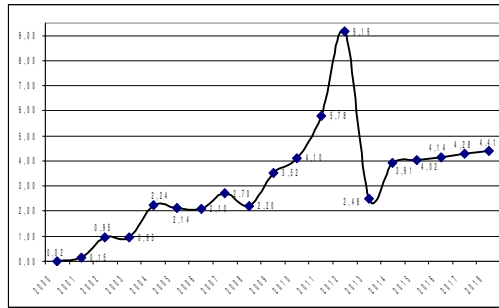


Рис. 15. Прогноз параметра «Суммарный объем финансирования выполненных исследований» по приоритету «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения», млн руб.

Как видно из графиков (см. 6–10), для трех приоритетов модернизации российской экономики, за исключением второго и третьего («Ядерные технологии» и «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры»), характерна тенденция роста численности исполнителей, занятых по анализируемым направлениям.

Для приоритетов «Ядерные технологии» и «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры» прогнозные значения численности исполнителей стабилизированы на уровне 2013 г. и составляют 15 и 14 человек соответственно.

Также для всех направлений за исключением приоритета «Ядерные технологии» в 2013 г. характерен спад численности исследователей в среднем на 60 %.

На рис. 11–15 представлены результаты прогнозирования объемов финансирования НИР.

Как видно из графиков (см. рис. 11–15), наблюдается падение объемов финансирования в 2013 г. и дальнейшее увеличение прогнозных объемов финансирования к 2018 г. со средним годовым темпом роста 3 %, при этом наибольший рост объемов финансирования прогнозируется для третьего приоритета «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры» – 4,5 %, наименьший темп роста – 2 % – характерен для первого приоритета «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива».

Заключение

Получены прогнозные значения локальных характеристик эффективности научных исследований для различных приоритетов модернизации российской экономики на основе ретроспективной информации.

Эти результаты являются основой для обобщенного ранжирования динамики эффективности научных исследований. Результаты ранжирования будут представлены во второй части статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материалы первого заседания комиссии по модернизации российской экономики (18 июня 2009 г.). – М.: 2009.
2. Светульников С.Г. Методы социально-экономического прогнозирования: Учебник для вузов. Т. II / С.Г. Светульников, И.С. Светульников. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 103 с.
3. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Методология и технологии формирования и клас-

- сификации знаний о деятельности научных коллективов // РАН, СЦ РАН, ИПУСС. Труды XIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 15 – 17 июня 2011. – С. 95–103.
4. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Методы оценки стратегических приоритетов научных исследований // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 3 / Материалы XIII Всероссийского симпозиума. Москва, 10–11 апреля 2012 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012. – 182 с. (С. 49–51).
 5. Ханк Д.Э., Уичерн Д.У., Райтс А.Дж. Бизнес-прогнозирование. – М.: Вильямс, 2003.

Статья поступила в редакцию 14 октября 2013 г.

PERFORMANCE ANALYSIS OF DYNAMICS RESEARCH BY GENERALIZED RANKING (PART ONE – FORECAST)

M.Y. Livshits, M.V. Tsapenko, A.N. Davydov, D.A. Barbolin

Samara State Technical University
244, Molodogvardeiskaya st., Samara, 443100
E-mail: usat@samgtu.ru

The paper deals with the analysis of the dynamics of the efficiency of scientific research based on the generalized method of ranking - Data Envelopment Analysis. In this article the results of multicriteria estimation of the efficiency of the dynamics of scientific research on the example forecasts of scientific studies on priority directions of modernization of the Russian economy. The materials presented in two parts: the first part addressed issues of forecasting performance of scientific research, in the second - a generalized ranking performance.

Keywords: *priorities for the modernization of the economy, multicriteria estimation of the efficiency scientific research, forecasting.*

*Mihail Y. Livshits (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Mihail V. Tsapenko (Ph.D. (Econ.)), Associate Professor.
Andrey N. Davydov (Ph.D. (Techn.)), Head of Research.
Dmitry A. Barbolin, Senior Software Engineer.*