

# Управление в социально-экономических системах

УДК 004.942

DOI: 10.14529/ctcr190407

## МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю.И. Володина<sup>1</sup>, П.В. Михалев<sup>1</sup>, Е.Л. Бусыгина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, г. Березники, Россия,

<sup>2</sup> Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия

Проведен анализ развития научной отрасли, обоснована ее актуальность и доказана значимость науки в получении принципиально новых знаний, поиске ответов на так называемые большие вызовы завтрашнего дня, что ставится задачей со стороны государства. Цель работы заключается в построении прогнознй модели общего состояния научной отрасли Российской Федерации для поддержки принятия решений и получения прогнозов на ближайшее будущее. Проанализированы различные виды моделей, определены их основные достоинства и недостатки применительно к теме исследования. В качестве источника данных об исследуемом объекте использовался общедоступный сервис федеральной службы государственной статистики. Из числа общедоступных годовых статистических рядов выбраны частные критерии и факторы, потенциально влияющие на объект: количество поданных заявок на выдачу патентов, внутренние затраты на исследования и разработки, разработанные передовые производственные технологии, число организаций, ведущих подготовку аспирантов, докторантов и др. Качество научной отрасли оценивалось показателями, которые составили общий критерий оценки объекта: количество выдаваемых патентов, численность исследователей, имеющих ученую степень, и используемые передовые производственные технологии. Исследована взаимная корреляция факторов. Построена линейная многофакторная модель динамики объекта. Показано, что она не может применяться для прогнозирования объекта из-за плохого качества постпрогноза. Построена регрессионно-дифференциальная модель второго порядка, обладающая хорошим качеством постпрогноза. Построен прогноз динамики изменения объекта на ближайшие три года. Исследовано влияние изменений управляемых и неуправляемых факторов на объект. Показано, что без приложения усилий научная отрасль в ближайшие годы будет ухудшать показатели, но этому можно препятствовать, увеличивая затраты и повышая прием аспирантов.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, прогнозирование, наука, исследование, разработка, регрессионно-дифференциальная модель.

Развитие научной отрасли любого государства является важной задачей, поскольку успехи этой отрасли могут явно отражаться во всех других сферах общества. «Следует сосредоточить повышенное внимание на развитии фундаментальной науки, нацелить её на получение принципиально новых знаний, поиск ответов на так называемые большие вызовы завтрашнего дня» – отмечено на заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ от 23.11.2016 [7].

Целью данной работы является построение прогнознй модели общего состояния научной отрасли Российской Федерации для поддержки принятия решений и прогноза на ближайшее будущее.

Существуют различные виды моделей: линейные многофакторные (ЛММ) [1, 6], регрессионно-дифференциальные (РДМ) [9, 12], модели пространства состояний (МПРС) [4] и другие. Каждые из них имеют свои особенности и недостатки. Так, например, ЛММ являются простыми

и хорошо объясняющими, а РДМ имеют способность к прогнозированию, что и требуется для достижения цели данной работы.

Для сбора данных об исследуемом объекте в этой работе использовался общедоступный сервис Федеральной службы государственной статистики [17].

В данной работе для оценки качества исследуемого объекта были выбраны его следующие реакции, которые в конечном итоге составили общий критерий оценки объекта ( $y_0$ ): количество выдаваемых патентов ( $y_1$ ), численность исследователей, имеющих ученую степень ( $y_2$ ), и используемые передовые производственные технологии в целом ( $y_3$ ).

В качестве внешних воздействий среды на исследуемый объект были выбраны следующие показатели: количество поданных заявок на выдачу патентов ( $x_1$ ), число организаций, выполняющих научные исследования и разработки ( $x_2$ ), численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками ( $x_3$ ), внутренние затраты на исследования и разработки ( $x_4$ ), разработанные передовые производственные технологии ( $x_5$ ), выпуск из аспирантуры с защитой диссертации ( $x_6$ ), число организаций, ведущих подготовку аспирантов ( $x_7$ ), выпуск из докторантуры ( $x_8$ ), число организаций, ведущих подготовку докторантов ( $x_9$ ).

Выбор реакций объекта как общий критерий оценки качества исследуемого объекта вполне пригоден для исследования, потому как отражает результат работы вузов, деятельности исследователей и пригодность использования полученных результатов в производстве.

Выбор факторов также не противоречит здравому смыслу, ибо количество организаций, подготавливающих высокообразованные кадры, результат их работы и их финансовое обеспечение напрямую влияют на объект исследования – качество научной сферы страны.

Годовые ряды факторов и реакций представлены в табл. 1.

Таблица 1

Годовые ряды данных о факторах и частных критериях

Кри- терий и фак- торы	Год										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	№ года										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$y_1$	23,028	28,808	34,824	30,322	29,999	32,88	31,638	33,95	34,706	33,536	34,254
$y_2$	103725	101049	101275	105114	109493	109330	108248	109598	111533	108388	103327
$y_3$	180,324	184,374	201,586	203,33	191,65	191,372	193,83	204,546	218,018	232,388	240,054
$x_1$	39,439	41,849	38,564	42,5	41,414	44,211	44,914	40,308	45,517	41,587	36,454
$x_2$	3957	3666	3536	3492	3682	3566	3605	3604	4175	4032	3944
$x_3$	801135	761252	742433	736540	735273	726318	727029	732274	738857	722291	707887
$x_4$	371080,3	431073,2	485834,3	523377,2	610426,7	699869,8	749797,63	847527	914669,1	943815,2	1019152,4
$x_5$	780	787	789	864	1,138	1,323	1,429	1,409	1,398	1,534	1,402
$x_6$	10970	8831	10770	9611	9635	9195	8979	5189	4651	3730	2320
$x_7$	1490	1529	1547	1568	1570	1575	1557	1519	1446	1359	1284
$x_8$	429	297	435	336	382	394	323	231	181	151	65
$x_9$	579	593	598	602	608	597	585	478	437	385	223

Первым делом необходимо исключить влияние размерности используемых данных. Для этого нужно найти минимальное и максимальное значения по всем отсчетам и рассчитать нормированные значения частных критериев и факторов. Например, для критериев формула расчета будет выглядеть следующим образом:

$$y_i^*(t_k) = \frac{y_i(t_k) - \min_t y_i(t_k)}{\max_t y_i(t_k) - \min_t y_i(t_k)}, \quad (1)$$

где  $t_k = \{t_1, t_2, \dots, t_K\}$ ,  $k = \overline{1, K}$  – номер отсчета. Аналогично и для факторов.

Далее следует составить общий критерий ( $y_0$ ) на основе частных, выбрав наиболее подходящую комбинацию рангов для каждого из частных критериев. Подходящая комбинация должна

быть такой, чтобы она менялась между моментами измерений как можно меньше, так как рассматривается большая социально-экономическая система, которая не может меняться резко. Формула получения общего критерия:

$$y_0(t_k) = \sum_i a_i y_i(t_k), \quad (2)$$

где  $a_i$  – вес  $i$ -го критерия. Обычно путем экспертных заключений или на основании дополнительной информации определяются ранги значимости частных критериев  $R_i$ , при этом меньшие значения рангов соответствуют большей значимости критериев [13, 15, 19].

$$a_i = \frac{1}{R_i}, \quad (3)$$

где  $R_i$  – ранг  $i$ -го критерия. Для поиска оптимальной комбинации рангов необходимо, чтобы критерий между моментами измерений менялся как можно меньше:

$$R: \sum_{k=1}^{K-1} |Y(t_{k+1}) - Y(t_k)| \rightarrow \min. \quad (4)$$

Результат поиска значений рангов:  $R_1 = 3$ ,  $R_2 = 2$ ,  $R_3 = 1$ . Результирующий график общего критерия можно увидеть на рис. 1. Так как чем меньше значение ранга, тем значимее критерий, можно сделать вывод, что количество используемых передовых производственных технологий наиболее сильно влияет на исследуемый объект, в то время как количество выдаваемых патентов имеет наименьший эффект. Это, наверное, можно объяснить тем, что далеко не все патенты начинают сразу же активно применяться и, быть может, это имеет долгосрочный эффект.

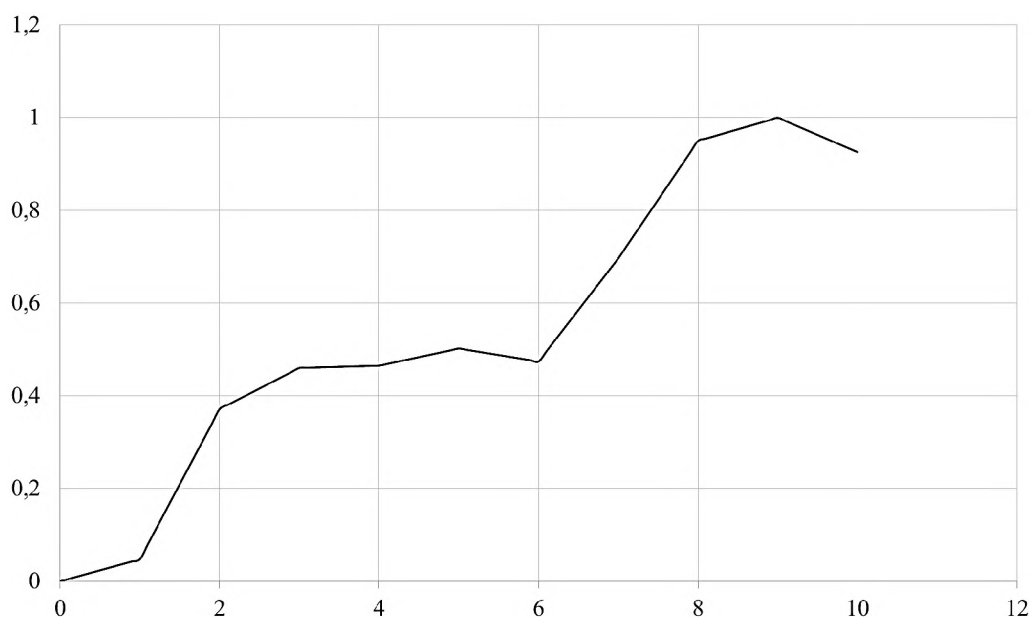


Рис. 1. График результирующего критерия

Исследуем возможность применения ЛММ в данном случае. Попробуем построить линейную многофакторную модель (ЛММ) вида

$$y_0(x(t)) = a_0 + \sum_i a_i x_i(t), \quad (5)$$

где  $a_i$  – коэффициенты влияния  $i$ -го фактора.

Обычно перед построением ЛММ проводят анализ выбранных факторов на их взаимную корреляцию, поскольку факторы с высокой взаимной корреляцией могут не позволить определить их изолированное влияние на результат и их следует исключать [10, 11, 16]. Рассчитаем взаимную корреляцию факторов. В табл. 2 видно, что разрабатываемые передовые производственные технологии напрямую зависят от финансирования. А, например, число организаций, ведущих подготовку докторантов и выпуск докторантов, зависит от выпуска аспирантуры, что логич-

но. В то же время выпуск из аспирантуры по какой-то причине обратно пропорционален внутренним затратам, т. е. коэффициент корреляции меньше нуля.

Исключим из модели факторы: выпуск из аспирантуры с защитой диссертации ( $x_6$ ) и число организаций, ведущих подготовку аспирантов ( $x_7$ ), так как их парная корреляция слишком высока.

Таблица 2

Парная корреляция

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
$x_1$	1	-0,022	-0,066	0,051	0,271	0,147	0,453	0,142	0,403
$x_2$	-0,022	1	0,094	0,473	0,364	-0,599	-0,749	-0,584	-0,643
$x_3$	-0,066	0,094	1	-0,770	-0,714	0,595	0,303	0,566	0,495
$x_4$	0,051	0,473	-0,770	1	0,929	-0,913	-0,671	-0,851	-0,819
$x_5$	0,271	0,364	-0,714	0,929	1	-0,750	-0,452	-0,665	-0,600
$x_6$	0,147	-0,599	0,595	-0,913	-0,750	1	0,835	0,975	0,931
$x_7$	0,453	-0,749	0,303	-0,671	-0,452	0,835	1	0,843	0,953
$x_8$	0,142	-0,584	0,566	-0,851	-0,665	0,975	0,843	1	0,920
$x_9$	0,403	-0,643	0,495	-0,819	-0,600	0,931	0,953	0,920	1

Погрешность прогнозирования рассчитывается по формуле

$$S_{\text{прогн}} = \sum_{k=1}^K (y_0(t_k) - y(t_k)) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $y_0(t_k)$  – известное значение;  $y(t_k)$  – расчетное значение.

Задачу минимизации можно решить методами покоординатного или градиентного спуска [14]. На рис. 2 изображен график построенной модели с постпрогнозом на один год. По графику можно увидеть, что постпрогноз у ЛММ очень плохой, поскольку значение постпрогноза больше исходных данных на целых 50 %. Поэтому она не может применяться для прогнозирования объекта.

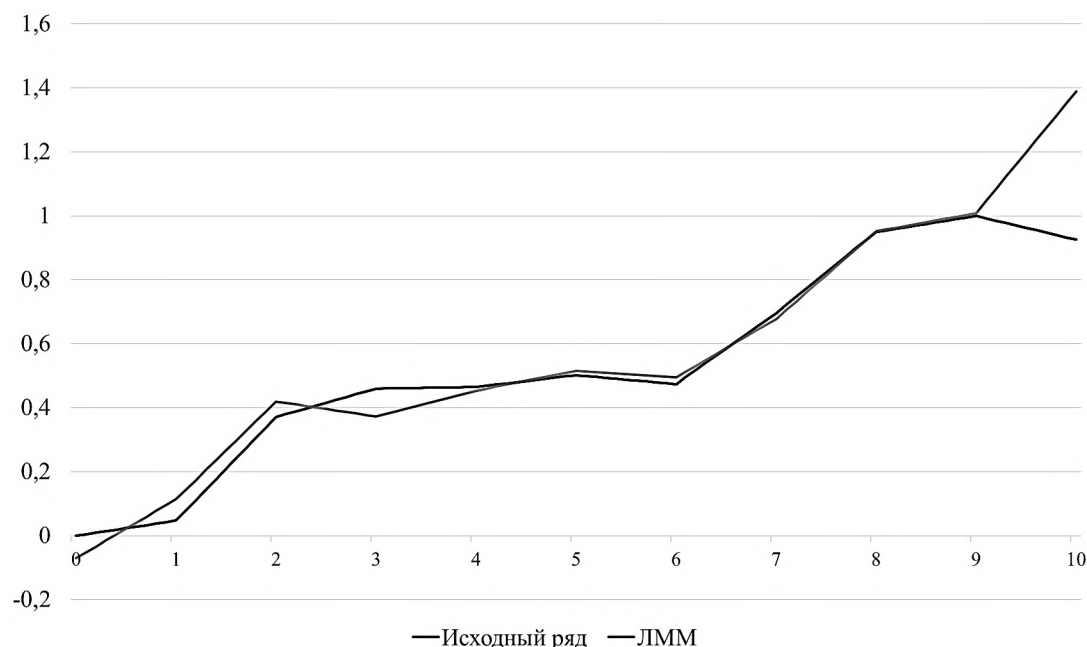


Рис. 2. ЛММ

Теперь попробуем построить с помощью данного ПС РДМ вида

$$y'(t) = a + b \cdot y(t) + \sum_{i=1}^m c_i \cdot x_i(t), \quad (7)$$

где  $a$  – константа, описывающая влияние одной  $n$ -й производной реакции при построении трен-

да;  $b$  – коэффициент «обратной связи», описывающий влияние значения реакции на ее же  $n$ -ю производную;  $c_i$  – коэффициенты влияния факторов. Также РДМ дополняется начальным условием  $\frac{dy(0)}{dt} = y'_0$ .

Неизвестными в данном случае являются  $y'$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c_i$ . Их поиск производится минимизацией квадратичного отклонения расчетного значения от известных в отчетах значений критерия:

$$S = \sum_{k=0}^{K-1} (y(t_k) - y_0(t_k))^2, \quad (8)$$

где  $y_0(t_k)$  – известное значение;  $y(t_k)$  – расчетное значение.

Задача минимизации сводится к

$$\{y', a, b, c_i\} : S\{y', a, b, c_i\} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Следующим шагом подберем комбинацию интерполяций для каждого фактора из возможных вариантов: левая – значение фактора действует с начала до конца промежутка времени; правая – значение в статистике приведено на конец года; линейная – значение, которое изменяется до конца года. Также можно выключить фактор, если при этом определится, что исключение фактора несущественно повлияет на качество аппроксимации.

В результате мы имеем следующую РДМ (рис. 3), которая наиболее точно аппроксимирует исходные данные.

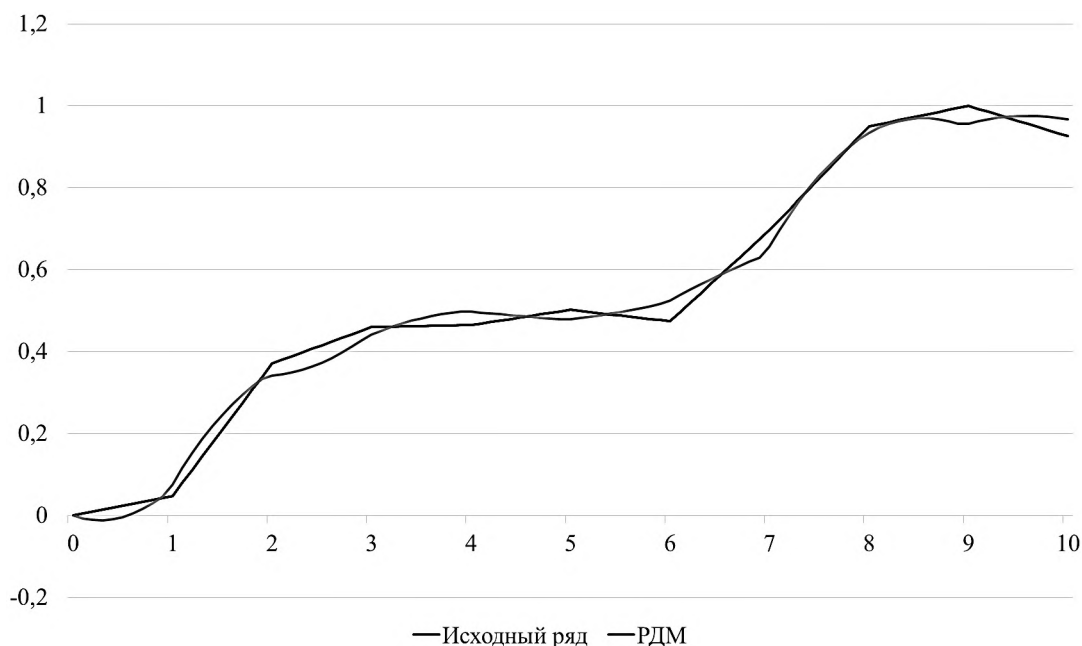


Рис. 3. РДМ

При этом мы имеем следующие коэффициенты влияния факторов (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты влияния факторов

$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$	$c_7$	$c_8$	$c_9$
0	0	0	0,7097	-0,5673	-0,6069	0,8901	-0,5372	0,2253

Видно, что количество поданных заявок на выдачу патентов ( $x_1$ ), число организаций, занимающихся научными исследованиями и разработками ( $x_2$ ) и численность персонала, занятого

научными исследованиями и разработками ( $x_3$ ), оказались выключенными факторами, и они никак не влияют на критерий построенной модели. Число организаций, ведущих подготовку аспирантов ( $x_7$ ) и внутренние затраты на исследования и разработки ( $x_4$ ), имеют наибольший положительный эффект на научную отрасль Российской Федерации. А вот наибольший отрицательный эффект оказывает выпуск из аспирантуры ( $x_6$ ), что немного странно, но можно попробовать объяснить это тем, что увеличение количества разработанных ими технологий замедляет скорость внедрения их в производстве.

Поскольку целью данной работы является прогнозирование исследуемого объекта, то рассмотрим прогнозные свойства полученной модели. Применим широко известный метод постпрогноза [2], основанный на расчётах реакций модели на известные данные в течение последних лет. Определим допустимый горизонт прогнозирования данной модели. Для этого следует уменьшать количество известных лет в расчете модели (рис. 4), чтобы определить момент, когда погрешность прогноза станет значительной [3].

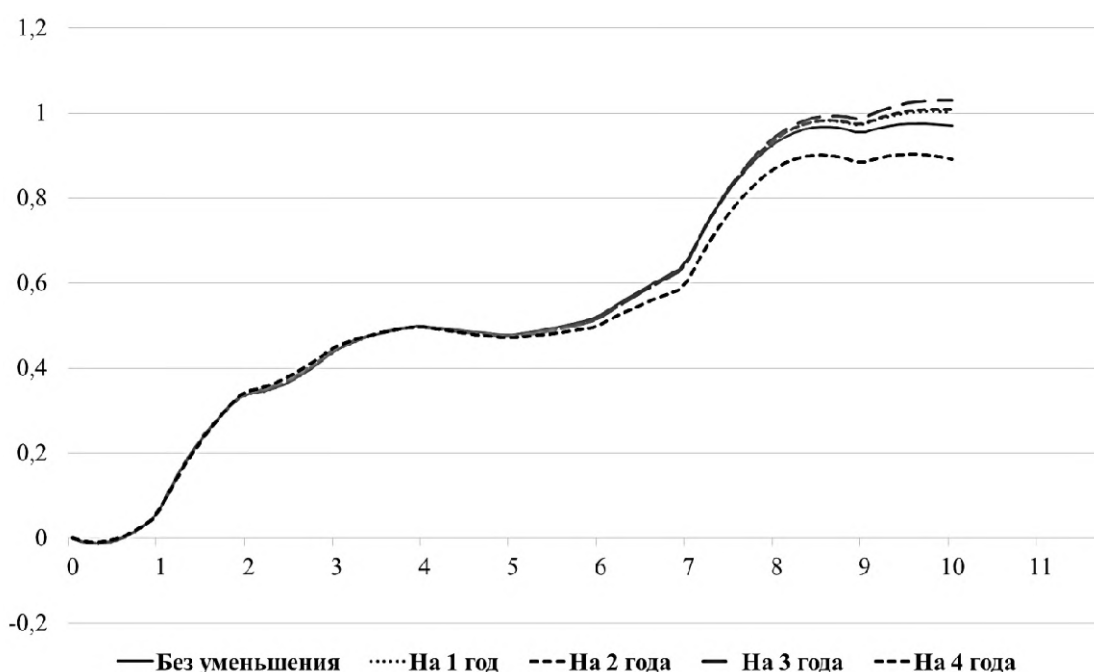


Рис. 4. Уменьшение известных лет

Уменьшение известных лет на 4 года уже значительно изменило поведение модели.

Исходя из полученных результатов, можно предположить, что допустимый горизонт прогнозирования данной модели составляет 3 года.

Прежде чем прогнозировать реакцию объекта, надо спрогнозировать значения факторов. Примем допущение, что предоставленные сами себе факторы будут изменяться так же, как они менялись за несколько последних лет. Нужно определить регрессионное уравнение их поведения в заданной ретроспективе и рассчитать их значения в соответствии с найденным уравнением [1, 5, 8, 18, 20].

Выделим три следующих возможных уравнения регрессии факторов:

1. Фактор изменяется квадратично, то есть  $x(t) \approx a + bt + ct^2$ .

2. Фактор изменяется линейно, т. е.  $x(t) \approx a + bt$ .

3. Для фактора не подходит ни квадратичный, ни линейный закон. Например, значения фактора хаотично меняются вокруг какого-то среднего значения  $x(t) = \bar{x} \pm \Delta x$ . В этом случае будем считать, что предоставленный сам себе фактор будет оставаться на уровне одного из значений в пределах  $\bar{x} \pm \Delta x$ . В том числе можно использовать последнее значение годового ряда.

Для определения вида подходящей регрессии фактора вычислим коэффициенты линейной корреляции  $R^2$ , характеризующие близость исходных данных к полученным регрессией. Принято, что если  $R^2 \geq 0,95$ , то выбранный вид регрессионной зависимости удовлетворительно описывает поведение фактора в пределах ретроспективы. Причем, поскольку линейная регрессия является частным случаем квадратичной, алгоритм выбора вида регрессии следующий:

1. Если для линейной регрессии  $R^2 \geq 0,95$ , то вид регрессии – линейный.
2. Иначе если для квадратичной регрессии  $R^2 \geq 0,95$ , а для линейной  $R^2 < 0,95$ , то вид регрессии – квадратичный.
3. Иначе использовать последнее значение годового ряда.

Теперь, после получения прогноза значений факторов, попробуем спрогнозировать объект на три года вперед (рис. 5).

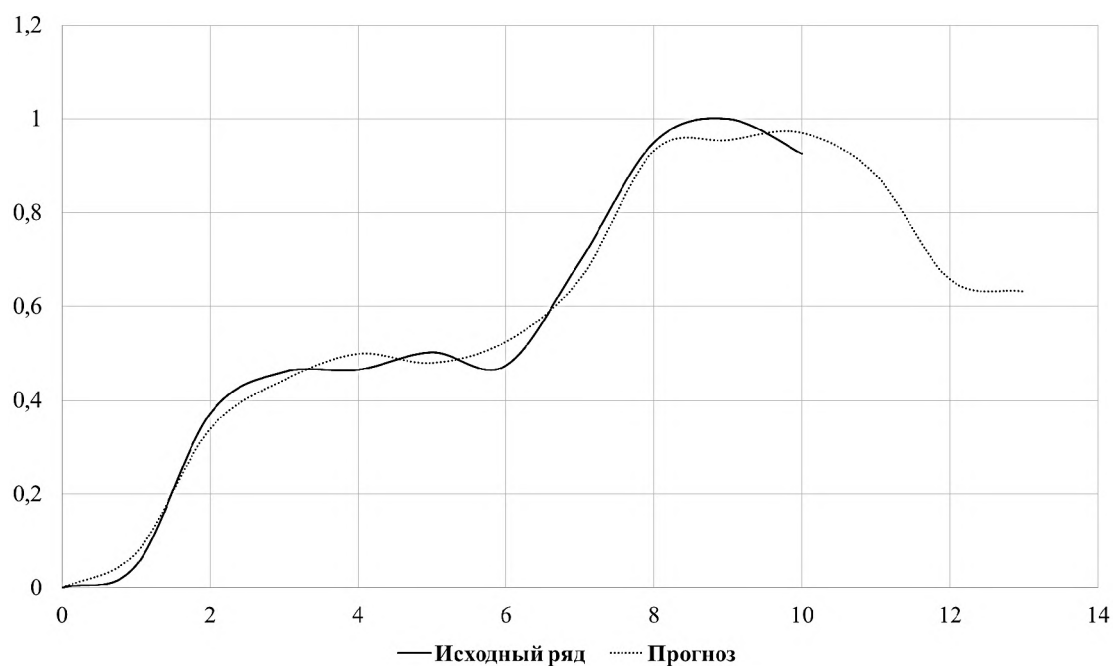


Рис. 5. Прогноз на 3 года

По данному прогнозу можно предположить, что если оставить «все как есть», то в ближайшее время в течение 3 лет показатели научной отрасли Российской Федерации упадут на 31,7 %.

Попробуем осуществить небольшое воздействие на некоторые факторы, которые могут быть управляемыми. Например, внутренние затраты на исследования и разработки ( $x_4$ ) и число организаций, ведущих подготовку аспирантов ( $x_7$ ) (табл. 4).

Прогноз на три года при изменении управляемых факторов

Таблица 4

Изменение фактора	Номер года		
	1	2	3
$x_4 - 10\%$	0,8739	0,6404	0,6012
$x_4 + 10\%$	0,8866	0,675	0,6628
0 %	0,88	0,6572	0,632
$x_7 - 10\%$	0,89	0,6922	0,7016
$x_7 + 10\%$	0,8701	0,6223	0,5623

В результате видно (рис. 6), что увеличение внутренних затрат на разработки и исследования на 10 % приведет к уменьшению падения уровня научной отрасли РФ на 3,32 %, т. е. общее па-

дение научной отрасли уже будет составлять 28,2 %. Если же данный фактор уменьшить на 10 %, то скорость падения объекта увеличится на 3,32 %. Число организаций, ведущих подготовку аспирантов, обратным путём влияет на объект, так как уменьшение данного показателя на 10 % ведет к сокращению падения научной отрасли РФ на 7,5 %, и тогда общее падение будет составлять 24 %. Изменение показателя в другую сторону приведет уже к падению науки на 39,2 %.

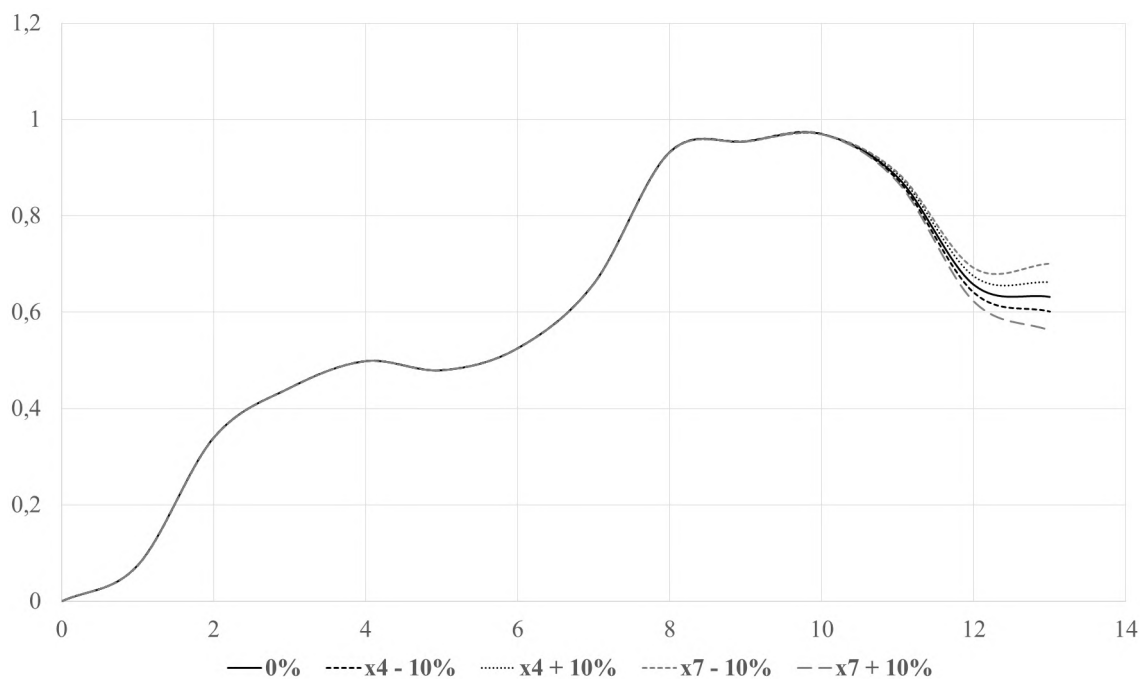


Рис. 6. Изменение факторов  $x_4$  и  $x_7$

Примем тот факт, что выпуск из аспирантуры с защитой диссертации ( $x_6$ ) и выпуск из докторантуры ( $x_8$ ) являются неуправляемыми факторами и на них невозможно никак повлиять. Так как оба эти фактора имеют отрицательный коэффициент влияния, то рассмотрим ситуацию с одновременным ростом данных показателей на 5 %, что отрицательно скажется на исследуемом объекте (табл. 5).

Таблица 5

Прогноз на три года с учетом неуправляемых факторов  
и изменения управляемых факторов

Изменение фактора	Номер года		
	1	2	3
0 %	0,88	0,6572	0,632
$x_6 + 5 \%$ , $x_8 + 5 \%$	0,8691	0,6035	0,5376
$x_6 + 5 \%$ , $x_8 + 5 \%$ , $x_4 + 10 \%$ , $x_7 - 10 \%$	0,8757	0,6562	0,638

В этом случае научную отрасль ожидает падение уже на 41,9 %, что на 10,2 % хуже, чем до изменения неуправляемых факторов. Поэтому, чтобы лицу, принимающему решение (ЛПР), исправить данную ситуацию, необходимо воздействовать каким-то образом на управляемые факторы. Как показало исследование, решить данную проблему можно с помощью увеличения внутренних затрат ( $x_4$ ) на 10 % и уменьшения числа организаций, ведущих подготовку аспирантов ( $x_7$ ), на 10 %. Это исправит ситуацию на 10,8 %, и тогда падение научной отрасли будет даже ниже на 0,6 % относительно положения до изменения неуправляемых факторов (рис. 7).



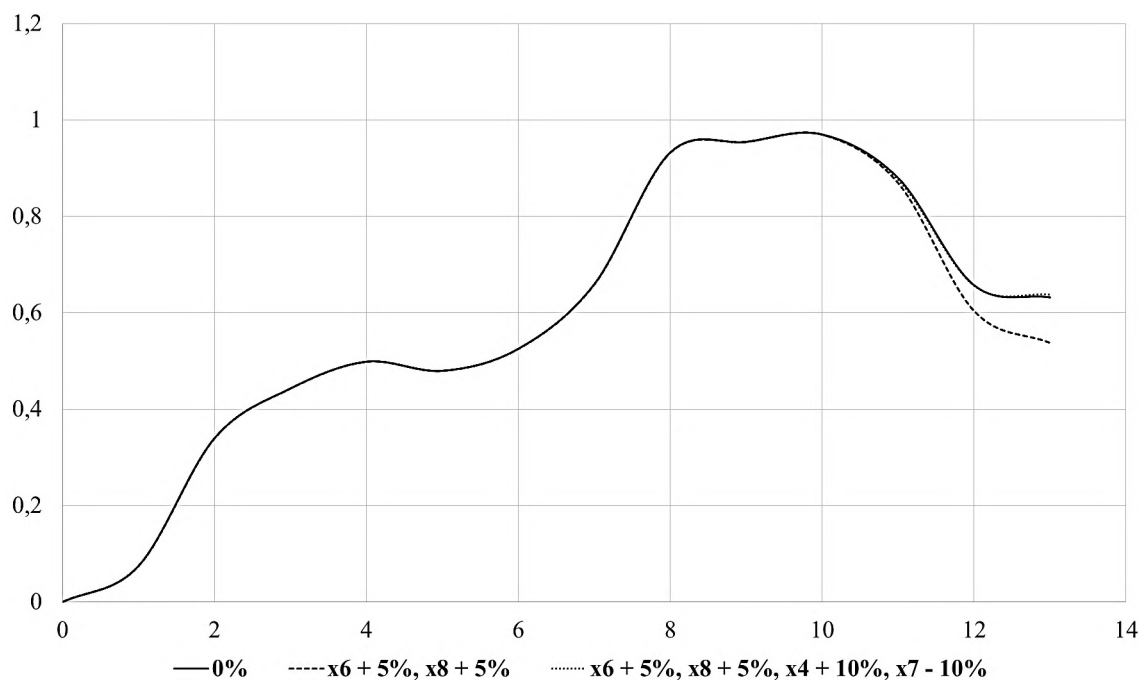


Рис. 7. Изменение неуправляемых факторов

В результате данной работы была построена прогнозная математическая модель общего состояния научной отрасли Российской Федерации. Как показало исследование, наиболее важное значение для научной отрасли России в рамках данной модели имеют внутренние затраты на исследования и разработки, а также число организаций, ведущих подготовку аспирантов. Обратное влияние оказывают такие факторы, как разработанные передовые производственные технологии, выпуск из аспирантуры и докторантуры. Из полученных результатов прогноза можно сделать вывод, что в ближайшее время научную отрасль страны ожидает отрицательная динамика и за три года она упадет на 31,7 %. Если внутренние затраты на исследования и разработки увеличить на 10 %, то отрицательная динамика станет на 3,3 % лучше. А если уменьшить число организаций, ведущих подготовку аспирантов, на 10 %, то отрицательная динамика станет лучше на 7,5 %. Влияние неуправляемых факторов может оказать на объект еще более усугубляющие последствия. Например, рост выпускников аспирантуры и докторантуры на 5 % приведет к падению научной отрасли на 41,9 %. Чтобы исправить данную ситуацию, ЛПР может повлиять на управляемые факторы, что может привести к улучшению динамики на 10,8 %.

### Литература

1. Андерсон, Т. Введение в многомерный статистический анализ / Т. Андерсон. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 500 с.
2. Гераськина, И.Н. Моделирование тренда инвестиционной и строительной деятельности Российской Федерации / И.Н. Гераськина, А.В. Затонский // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 11 (110). – С. 1229–1239. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1229-1239
3. Григалашвили, А.С. О применимости корреляционного анализа для исключения факторов в регрессионно-дифференциальных моделях / А.С. Григалашвили, Л.Ф. Кокиарова, И.О. Зуева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 35–44.
4. Деруссо, П. Пространство состояний в теории управления / П. Деруссо, Р. Рой, Ч. Клоуз. – М.: Наука, 1970. – 620 с.
5. Дрейтер, Н.Р. Прикладной регрессионный анализ / Н.Р. Дрейтер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
6. Дрейтер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейтер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 351 с.

7. Заседание Совета по науке и образованию. – <http://kremlin.ru/events/president/news/53313> (дата обращения: 25.06.2019).
8. Затонский, А.В. Метод управления развитием социального ресурса региона на основе регрессионно-дифференциального моделирования / А.В. Затонский, Т.В. Янченко // Управление большими системами: сб. – 2015. – № 54. – С. 86–113.
9. Затонский, А.В. Преимущества дифференциальных моделей в эколого-экономическом моделировании / А.В. Затонский // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – № 5. – С. 134–139.
10. Затонский, А.В. Программные средства глобальной оптимизации систем автоматического регулирования / А.В. Затонский. – М.: Инфра-М: ИЦ РИОР, 2013. – 136 с.
11. Затонский, А.В. Теоретический подход к управлению социально-техническими системами / А.В. Затонский // Программные продукты и системы. – 2008. – № 1. – С. 29–32.
12. Затонский, А.В. Преимущества дифференциальной модели сложной экономической системы / А.В. Затонский, Н.А. Сиротина // Образование. Наука. Научные кадры. – 2012. – № 8. – С. 98–102.
13. Математическое моделирование и обработка информации в исследованиях на ЭВМ / И.А. Прошин, Д.И. Прошин, Н.И. Мишина и др.; под ред. И.А. Прошина. – Пенза: ПТИ, 2000. – 422 с.
14. Мышкис, А.Д. Элементы теории математических моделей / А.Д. Мышкис. – М.: Комкнига, 2007. – 192 с.
15. Орлов, А.И. Нечисловая статистика / А.И. Орлов. – <http://www.aup.ru/books/m162> (дата обращения: 25.06.2019).
16. Сиротина, Н.А. Об аппроксимации факторов дифференциальной модели социально-экономической системы / Н.А. Сиротина, Т.В. Янченко, А.В. Затонский // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. – № 11. – С. 6.
17. Федеральная служба государственной статистики. – <http://www.gks.ru> (дата обращения: 25.06.2019).
18. Янченко, Т.В. Обоснование порядка регрессионно-дифференциальной модели краевого социального ресурса / Т.В. Янченко // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 3.1 (57). – С. 187–191.
19. Янченко, Т.В. Определение оптимальной ранжировки частных критериев оценки краевого социального ресурса / Т.В. Янченко, А.В. Затонский // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 99–104.
20. Chaturvedi, A. Robust Bayesian Analysis of the Linear Regression Model / A. Chaturvedi // Journal of Statistical Planning and Inference. – 1996. – No. 50. – P. 175–186. DOI: 10.1016/0378-3758(95)00052-6

**Володина Юлия Игоревна**, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, г. Березники; [julia\\_volodina@mail.ru](mailto:julia_volodina@mail.ru).

**Михалев Павел Владимирович**, студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, г. Березники; [pavelmi@list.ru](mailto:pavelmi@list.ru).

**Бусыгина Елена Леонидовна**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики и оптотехники, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск; [nico01@mail.ru](mailto:nico01@mail.ru).

*Поступила в редакцию 30 августа 2019 г.*

RESEARCH OF THE RUSSIAN FEDERATION SCIENCE  
PERSPECTIVES BY MODEL

Yu.I. Volodina<sup>1</sup>, julia\_volodina@mail.ru,

P.V. Mikhalev<sup>1</sup>, pavelmi@list.ru,

E.L. Busygina<sup>2</sup>, nico01@mail.ru

<sup>1</sup> Perm National Research Polytechnic University, Berezniki Branch, Berezniki, Russian Federation,

<sup>2</sup> Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russian Federation

The analysis of the development of the scientific industry is made. Its relevance is justified. Importance of science in obtaining fundamentally new knowledge, searching for answers to the so-called big challenges of tomorrow, which is set by the state, is proved. The purpose of the work is to build a predictive model of the general state of the scientific branch of the Russian Federation to decision support and to obtain forecasts for the near future. Various types of models are analyzed. Their main advantages and disadvantages in relation to the research topic are identified. The public statistical service of the Federal State Statistics Service was used as a source of data on the object under study. Private criteria and factors potentially influencing the object were selected from the number of publicly available annual statistical series: the number of patent applications filed, internal research and development costs, developed advanced production technologies, the number of organizations leading the training of graduate students, doctoral students, etc. Estimated indicators summary used as a general criterion are: the number of patents, the number of researchers with a degree and used advanced manufacturing technologies. The mutual correlation of factors is investigated. A linear multifactor model of the object dynamics is constructed. It is shown this one cannot be used to predict the object due to the poor quality of the prediction. A second-order regression-differential model with a good quality of post-prediction is constructed. The forecast of the dynamics of changes in the object for the next three years is created. The influence of changes in controllable and uncontrollable factors on the object is investigated. It is shown that without application of effort, the scientific branch will worsen performance in next years, but this can be improved by increasing costs and increasing the admission of graduate students.

*Keywords: mathematical modeling, forecasting, science, research, development, regression-differential model.*

## References

1. Anderson T. *Vvedenie v mnogomernyi statisticheskii analiz* [Introduction to Multivariate Statistical Analysis]. Moscow, GIFML Pibl., 1963. 500 p.
2. Geras'kina I.N., Zatonskii A.V. [Modeling the Trend of Investment and Construction Activities of the Russian Federation]. *Bulletin of MSCU*, 2017, vol. 12, no. 11 (110), pp. 1229–1239. (in Russ.) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1229-1239
3. Grigalashvili A.S., Koksharova L.F., Zueva I.O. [On the Applicability of Correlation Analysis to Exclude Factors in Regression-differential Models]. *Bulletin of TSTU*, 2016, no. 1, pp. 35–44. (in Russ.)
4. Derusso P., Roi R., Klouz Ch. *Prostranstvo sostoianii v teorii upravleniia* [State Space in Control Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1970. 620 p.
5. Dreiper N., Smit G. *Prikladnoi regressionnyi analiz* [Applied Regression Analysis]. Moscow, Statistika Publ., 1973. 351 p.
6. Dreiper N.R. *Prikladnoi regressionnyi analiz* [Applied Regression Analysis]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1986. 366 p.
7. Zasedanie Soveta po nauke i obrazovaniuu [Meeting of the Council on Science and Education]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/53313> (accessed 25.06.2019).
8. Zatonskii A.V., Ianchenko T.V. [The Method of Managing the Development of the Social Resource of the Region Based on Regression-differential Modeling]. *Management of Big Systems: Collection*, 2015, no. 54, pp. 86–113. (in Russ.)

9. Zatonskii A.V. [Advantages of Differential Models in Ecological and Economic Modeling]. *News of Tomsk Polytechnic University. Engineering of Georesources*, 2012, no. 5, pp. 134–139. (in Russ.)
10. Zatonskii A.V. *Programmnye sredstva global'noi optimizatsii sistem avtomaticheskogo regulirovaniia* [Software for Global Optimization of Automatic Control Systems]. Moscow, Infra-M, ITs RIOR Publ., 2013. 136 p.
11. Zatonskii A.V. [Theoretical Approach to the Management of Social and Technical Systems]. *Program Products and Systems*, 2008, no. 1, pp. 29–32. (in Russ.)
12. Zatonskii A.V., Sirotnina N.A. [Advantages of the Differential Model of a Complex Economic System]. *Education. Science. Scientific Frames*, 2012, no. 8, pp. 98–102. (in Russ.)
13. Proshin I.A., Proshin D.I., Mishina N.I., Proshin A.I., Usmanov V.V. *Matematicheskoe modelirovanie i obrabotka informatsii v issledovaniakh na EVM* [Mathematical Modeling and Information Processing in Computer Research]. Penza, PTI Publ., 2000. 422 p.
14. Myshkis, A.D. *Elementy teorii matematicheskikh modelei* [Elements of the Theory of Mathematical Models]. Moscow, Komkniga Publ., 2007. 192 p.
15. Orlov A.I. *Nechislovaia statistika* [Non-Numeric Statistics]. Available at: <http://www.aup.ru/books/m162> (accessed 25.06.2019)
16. Sirotnina N.A., Ianchenko T.V., Zatonskii A.V. [On the Approximation of the Factors of the Differential Model of Socio-Economic System]. *Modern Researches of Social Problems (Electronic Scientific Journal)*, 2012, no. 11, p. 6. (in Russ.)
17. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 25.06.2019).
18. Ianchenko T.V. [Substantiation of the Order of the Regression-differential Model of the Regional Social Resource]. *Management Systems and Information Technologies*, 2014, no. 3.1 (57), pp. 187–191. (in Russ.)
19. Ianchenko T.V., Zatonskii A.V. [Determination of the Optimal Ranking of Particular Criteria for Assessing the Regional Social Resource]. *Economy and Management of Control Systems*, 2013, vol. 10, no. 4, pp. 99–104. (in Russ.)
20. Chaturvedi A. Robust Bayesian Analysis of The Linear Regression Model. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 1996, no. 50, pp. 175–186. DOI: 10.1016/0378-3758(95)00052-6

Received 30 August 2019

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Володина, Ю.И. Модельное исследование перспектив развития научной отрасли Российской Федерации / Ю.И. Володина, П.В. Михалев, Е.Л. Бусыгина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 72–83. DOI: 10.14529/ctcr190407

**FOR CITATION**

Volodina Yu.I., Mikhalev P.V., Busygina E.L. Research of the Russian Federation Science Perspectives by Model. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 72–83. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr190407

---