

Реализация конкурса регрессионных моделей при оценке объема финансирования социального и пенсионного обеспечения

С.И. Носков, А.П. Медведев

Иркутский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Социальное и пенсионное обеспечение являются ключевыми процессами в деятельности любого государства, а вопросы прогнозирования расходов на них - одни из важнейших в экономике. Задачу оценки эффективности работы пенсионного фонда принято решать различными методами, в том числе, методами регрессионного анализа. Особую сложность такая задача представляет собой ввиду наличия большого числа факторов, определяющих деятельность пенсионного фонда, таких, как: количество получателей пенсий по старости, количество страхователей, самозанятых страхователей, получателей пособий, застрахованных лиц и работающих пенсионеров. В качестве основного подхода к исследованию был применен метод реализации конкурса моделей. Из полученного множества альтернативных вариантов модели были исключены те варианты, которые нарушали содержательный смысл переменных и не отражали в полной мере поведение моделируемого процесса. Конечный вариант был выбран с помощью метода многокритериального выбора. Выявлено, что для качественного моделирования исследуемых процессов важным является использование относительных переменных.

Ключевые слова: пенсионный фонд, регрессионная модель, конкурс моделей, критерии адекватности, прогнозирование.

Социальное и пенсионное обеспечение являются ключевыми процессами в деятельности любого государства, а вопросы их прогнозирования - одни из важнейших в экономике.

Процессам построения моделей финансирования пенсионных фондов посвящено значительное количество работ. При этом подходы к решению задачи оценки эффективности работы пенсионного фонда различаются. Так, в работе [1] различные процессы моделируются путем использования стохастического контроля получения оптимального распределения активов и политики взносов. В статье [2] сравниваются различные модели пенсионного фонда путем их численного анализа. Некоторые труды посвящены оценке финансового обеспечения социальной сферы в условиях роста средней продолжительности жизни [3, 4]. В статье [5] изложен подход к решению проблемы моделирования работы пенсионных фондов и оценке их

финансовой устойчивости. Известны работы, направленные на построение модели оценки собственного капитала пенсионного фонда [6]. В качестве уже существующих моделей можно привести в пример модель финансового планирования Innovest австрийского пенсионного фонда [7] и модель канадского пенсионного фонда [8].

В различных работах показателями финансового обеспечения используются разные величины-активы. В настоящей работе суммарным показателем финансового обеспечения пенсионного фонда будем считать объем финансирования пенсий, пособий и единовременных выплат.

В качестве информационной базы исследования использованы официальные статистические данные социального фонда России [9] и отделения Социального фонда России по Иркутской области за 2012-2022 гг.

Введем следующие обозначения:

y – суммарный годовой объем финансирования отделения пенсионного фонда, млн. рублей;

x_1 – количество получателей страховых пенсий по старости, чел.;

x_2 – количество страхователей-работодателей, чел.;

x_3 – количество самозанятых (плательщики взносов за себя), чел.;

x_4 – количество получателей пособий единовременной выплаты, чел.;

x_5 – количество застрахованных лиц, чел.;

x_6 – количество пенсионеров, чел.;

x_7 – количество работающих пенсионеров, чел.

В табл.1 приведены фактические значения зависимой и независимых переменных.

Таблица № 1

Исходные данные для моделирования

Год	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
2012	103585.512	586742	74342	66763	260710	2817212	742123	262122
2013	105592.312	588847	74933	60879	259816	2820378	744887	261254
2014	106664.679	592881	75988	61085	258216	2822129	749655	263855
2015	119298.402	601038	76735	61545	253036	2825329	750825	265854
2016	125050.089	607843	73124	61440	249644	2851081	751863	269367
2017	134056.965	611725	69998	63195	246574	2869847	759958	161518
2018	135003.448	616160	66077	64445	243367	2888652	763728	171851
2019	140648.848	607712	61404	64749	239171	2894298	753849	164782
2020	147558.809	596188	57703	72395	233945	2895499	742732	155951
2021	158311.048	575763	55652	109447	226483	2896600	722231	150093
2022	167750.348	567932	46879	149731	224753	2898200	716026	139996

В качестве метода оценивания параметров моделей используем метод наименьших квадратов.

Обычная линейная модель имеет вид:

$$y = 1186080 + 0.957431x_1 - 0.355856x_2 + 0.15614x_3 - 1.43876x_4 - 0.265966x_5 - 0.645847x_6 - 0.0890721x_7 \quad (1)$$

Стоит отметить, что линейная модель (1) не соответствует содержательному смыслу переменных ввиду наличия отрицательных коэффициентов: увеличение количества получателей единовременной выплаты и количества застрахованных лиц должно способствовать увеличению объемов финансирования.

Таким образом, линейная модель требует существенного пересмотра, аналогично замечаниям, изложенным в работе [10].

Для повышения качества модели введем в рассмотрение следующие относительные переменные:

$$\frac{x_2 + x_3}{x_5} \text{ – соотношение числа страхователей и самозанятых к числу}$$

застрахованных лиц (удельный вес страхователей);

$\frac{x_2 + x_3}{x_1}$ – соотношение числа страхователей и самозанятых к числу

получателей страховых пенсий по старости;

$\frac{x_1}{x_4}$ – соотношение числа получателей пенсий к числу получателей

пособий единовременной выплаты;

$\frac{x_7}{x_6}$ – соотношение числа работающих пенсионеров к общему числу

пенсионеров;

$\frac{x_5}{x_4}$ – соотношение числа застрахованных лиц к числу получателей

пособий единовременной выплаты;

$\frac{x_6}{x_5}$ – соотношение числа пенсионеров к числу застрахованных лиц.

При проведении дальнейшего исследования возьмем за основу описанный в [11, 12] метод реализации конкурса моделей.

При его проведении на возможные значения критериев адекватности были наложены следующие ограничения:

$$R^2 \geq 0.9, F \geq 15, E \leq 10\%,$$

где R^2 – критерий множественной детерминации, F – критерий Фишера, E – средняя относительная ошибка аппроксимации.

В результате конкурсного отбора из 424 построенных уравнений 54 удовлетворяют заданным критериям. Окончательный выбор лучшего варианта модели был произведен по значениям критерия Фишера и средней относительной ошибки аппроксимации:

$$y = -4927260 + 0.35293x_1 + 115801 \frac{x_2 + x_3}{x_1} + \frac{59811000}{\ln(x_4)}; \quad (2)$$

(-31.11) (4.487) (3.475) (28.1)

$$R^2 = 0.995371, F = 501.69, E = 0.85.$$

Под каждым ее коэффициентом приведено значение t-критерия Стьюдента.

На рис.1 приведен график наблюдаемых и расчетных значений выходной переменной модели.

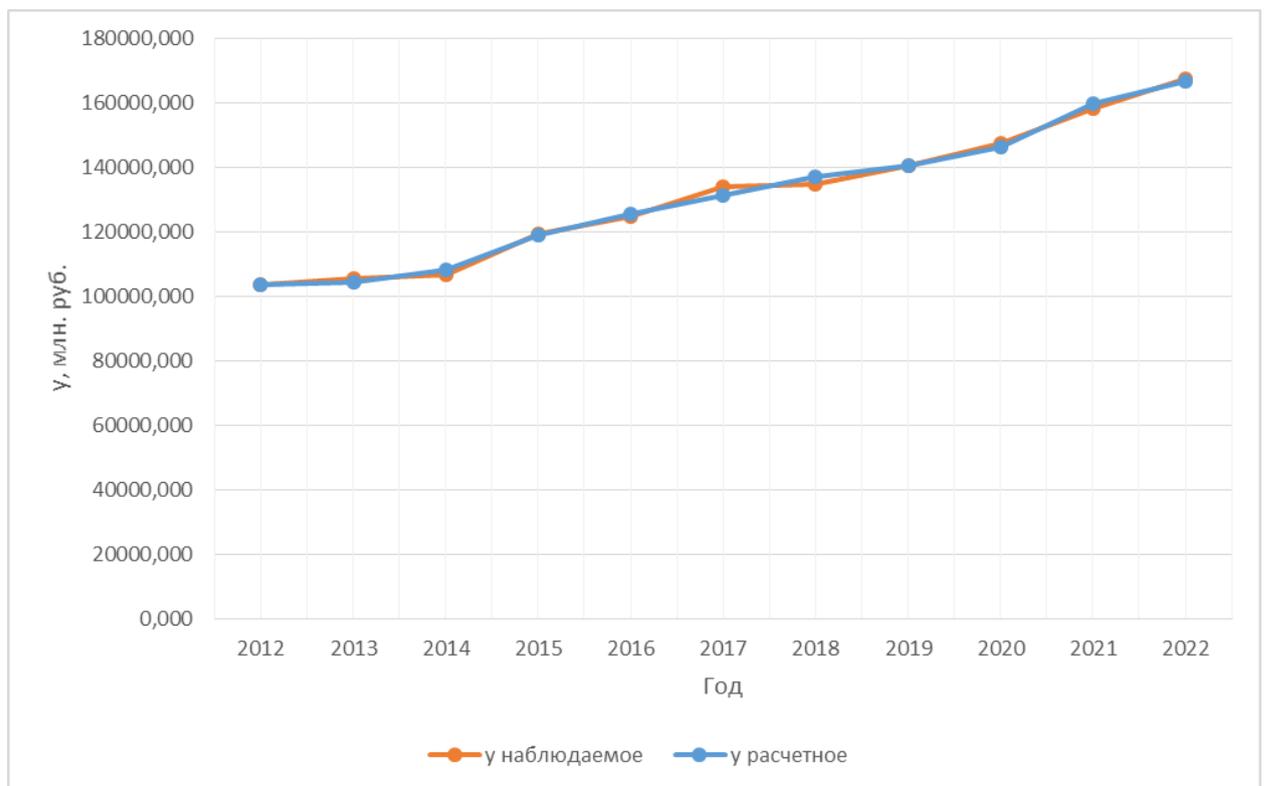


Рис. 1. – График наблюдаемых и расчетных значений

Приведем еще пять вариантов модели в порядке увеличения средней ошибки аппроксимации:

$$y = -4232730 - 957988 \frac{x_2 + x_3}{x_1} + 1.64058x_2 + 1.89741x_3 + \frac{53857500}{\ln(x_4)};$$

$$R^2 = 0.995561, F = 336.39, E = 0.855;$$

$$y = -388626 + 0.285x_1 + 27019.9 \frac{x_5}{x_4} + 669374 \frac{x_2 + x_3}{x_5};$$

$$R^2 = 0.993934, F = 382.313, E = 1.0;$$

$$y = -615459 + 0.393296x_6 + \frac{104194000000}{x_4} + 548738 \frac{x_2 + x_3}{x_5};$$

$$R^2 = 0.993444, F = 353.59, E = 1.03;$$

$$y = -324487 + 0.259335x_1 - \frac{16564.4x_7}{x_6} + 2414.3 \left(\frac{x_5}{x_4} + \frac{x_7}{x_6} \right);$$

$$R^2 = 0.99212, F = 188.84, E = 1.03;$$

$$y = -213477 + \frac{189253x_3}{x_1} + \frac{16564.4x_1}{x_4};$$

$$R^2 = 0.991699, F = 477.85, E = 1.15.$$

Их анализ показывает, что все они уступают модели (2) по значениям критериев адекватности, хотя и не противоречат смыслу входящих в их состав факторов.

Модель (2) может быть эффективно использована для краткосрочного прогнозирования суммарного годового объема финансирования отделения пенсионного фонда в условиях меняющихся социальных и макроэкономических факторов.

Литература

1. Boulier J-F., Trussant E., Florens D. A Dynamic Model for Pension Funds Management // Proceeding AFIR, 1995, pp. 361-384.

2. Kelekele, Joel L. Mathematical model of performance measurement of defined contribution pension funds // Magister Scientiae - MSc (Mathematics and Applied Mathematics), University of the Western Cape, 2015, pp. 1-58.

3. Mirceaa I., Covriga M., Serbana R. Some Mathematical Models for Longevity Risk in the Annuity Market and Pension Funds // Procedia Economics and Finance, 2014, № 15, pp. 115 – 122.

4. Bikker J., Broeders D., Hollanders D., Ponds E. Pension Funds' Asset Allocation and Participant Age: A Test of the Life-Cycle Model // Journal of Risk and Insurance, 2012, Vol. 79, Issue 3, pp. 595-895.

5. Белолипецкий А. А., Лепская М. А. Построение математической модели функционирования пенсионных фондов в рамках задачи оценки их устойчивости // Известия Российской Академии наук, 2019, № 3, С. 87-96.

6. Landsman W. An Empirical Investigation of Pension Fund Property Rights // The Accounting Review, 1986, Vol. 61, No. 4, pp. 662-691.

7. Geyer A., Ziemba W. The Innovest Austrian Pension Fund Financial Planning Model InnoALM // Operation research, 2008, Vol. 56, Issue 4, pp. 797–810.

8. Beath A., Betermier S., Flynn C., Spehner Q. The Canadian Pension Fund Model: A Quantitative Portrait // The Journal of Portfolio Management Investment Models, 2021, Vol. 47, Issue 5.

9. Официальный сайт Социального фонда России. URL: sfr.gov.ru/info/statistics/ (дата обращения: 11.03.2024).

10. Носков С. И., Пашков Д. В. Реализация конкурса регрессионных моделей эффективности интеллектуальной собственности // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ», 2022, № 6, С. 40-51.

11. Носков С. И., Аксенов Ю.Д., Сапожников Ю.М. Уточнение регрессионной многофакторной модели уровня воды в реке Ия (Восточная Сибирь) // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8942.

12. Носков С.И., Аксенов Ю.Д., Сапожников Ю.М. Регрессионное моделирование уровня воды реки Ия в Иркутской области // Инженерный вестник Дона, 2023, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8838.

References

1. Boulier J-F., Trussant E., Florens D., Proceeding AFIR, 1995, pp. 361-384.
2. Kelekele, Joel L., Magister Scientiae - MSc (Mathematics and Applied Mathematics), University of the Western Cape, 2015, pp. 1-58.
3. Mirceaa I., Covriga M., Serbana R., Procedia Economics and Finance, 2014, № 15, pp. 115 – 122.
4. Bikker J., Broeders D., Hollanders D., Ponds E., Journal of Risk and Insurance, 2012, Vol. 79, Issue 3, pp. 595-895.
5. Belolipetskiy A. A., Lepskaya M. A., Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk, 2019, № 3, pp. 87-96.
6. Landsman W. The Accounting Review, 1986, Vol. 61, No. 4, pp. 662-691.
7. Geyer A., Ziemba W. The Innovest, Operation research, 2008, Vol. 56, Issue 4, pp. 797–810.
8. Beath A., Betermier S., Flynn C., Spehner Q., The Journal of Portfolio Management Investment Models, 2021, Vol. 47, Issue 5.
9. The official website of the Social Fund of Russia. URL: sfr.gov.ru/info/statistics/ (accessed: 11.03.2024).
10. Noskov S. I., Pashkov D. V., Elektronnyj setevoy politematicheskij zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU», 2022, № 6, pp. 40-51.
11. Noskov S. I., Aksenov Yu.D, Sapozhnikov Yu.M., Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8942.
12. Noskov S.I., Aksenov Yu.D, Sapozhnikov Yu.M, Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8838.

Дата поступления: 3.03.2024

Дата публикации: 11.04.2024