

УДК 33

Система поддержки принятия решений «Горизонт» на основе гибридных моделей прогнозирования показателей экономики России

Китова Ольга Викторовна

Доктор экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой информатики,
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
117997, Российская Федерация, Москва, переулок Стремянный, 36;
e-mail: Olga.kitova@mail.ru

Дьяконова Людмила Павловна

Кандидат физико-математических наук, доцент,
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
117997, Российская Федерация, Москва, переулок Стремянный, 36;
e-mail: diakova@mail.ru

Савинова Виктория Михайловна

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
117997, Российская Федерация, Москва, переулок Стремянный, 36;
e-mail: savinova@mail.ru

Китов Виктор Владимирович

Кандидат физико-математических наук,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, 1;
e-mail: kitov@mail.ru

Аннотация

В статье представлена система поддержки принятия решений «Горизонт». Назначение разрабатываемой системы состоит в построении краткосрочных прогнозов показателей социально-экономической сферы РФ на основе эконометрической и интеллектуальных моделей прогнозирования. Система включает в себя: искусственные нейронные сети, регрессионные деревья решений, нечеткие множества. Разработка системы ведется средствами языка C# на платформе DotNet (.core), благодаря чему система является кросс-платформенной. Одновременно работающих пользователей в системе предполагается не менее 1000. Разработана экспертная система оценки качества и точности прогнозов

показателей экономики РФ. Система поддержки принятия решений «Горизонт» позволяет проводить прогнозирование как на региональном, так и на федеральном уровне. В статье представлены основные преимущества системы, компоненты и примеры расчетов.

Для цитирования в научных исследованиях

Китова О.В., Дьяконова Л.П., Савинова В.М., Китов В.В. Система поддержки принятия решений «Горизонт» на основе гибридных моделей прогнозирования показателей экономики России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Том 8. № 9А. С. 309-319.

Ключевые слова

Системы прогнозирования, эконометрические методы, интеллектуальные методы, гибридные модели, ситуационные центры, показатели социально-экономического развития.

Введение

В настоящее время одним из важнейших факторов экономического развития страны является стратегическое планирование. Сценарное прогнозирование социально-экономических показателей является одним из наиболее приоритетных направлений при принятии решений на федеральном и региональном уровнях. В настоящий момент в Российской Федерации Министерством экономического развития РФ разработано три сценария для прогнозирования социально-экономического развития: базовый, консервативный и целевой. Базовый сценарий предполагает консервативный вариант развития внешних факторов, а также сохранение тенденций бюджетной политики. Консервативный вариант подразумевает замедление динамики цен на нефть и природный газ. Целевой ориентирует на достижение целевых значений показателей стратегического планирования социально-экономического развития государства.

В целях решения задач сценарного прогнозирования необходимо построение моделей, которые позволяли бы получать наиболее точные значения прогнозов исследуемых показателей, а также изучать тенденции развития как страны в целом, так и ее регионов.

Одним из наиболее распространенных подходов к сценарному прогнозированию социально-экономических показателей РФ является построение взаимосвязанных регрессионных уравнений, которые характеризуют различные аспекты экономической деятельности страны. Такой подход формирует понятие страновой модели. Подобные модели были описаны в трудах известных ученых [Аверкин, 1997; Yarushev, Averkina, 2018; Averkina, Yarushev, 2017; Демидова, Пылькин, Скворцов, Скворцова, 2015].

Однако не все показатели могут быть спрогнозированы с использованием регрессионных моделей с приемлемой точностью и качеством. [Danko, Kitova, Kolmakov, Dyakonova, Grishina, Sekerin, 2016] Для повышения точности и качества моделей прогнозирования используются интеллектуальные методы, такие как нейронные сети, деревья решений и др., а также осуществляется построение гибридных моделей [Danko, Kitova, Kolmakov, Dyakonova, Grishina, Sekerin, 2016].

Авторским коллективом кафедры информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова была разработана система гибридных моделей, которая включает в себя как эконометрические, так и интеллектуальные методы прогнозирования социально-экономических показателей.

Целью данного исследования является разработка информационно-аналитической системы принятия решений «Горизонт» на основе построенных моделей.

Методика

Первым этапом разработки системы поддержки принятия решений было создание авторским коллективом кафедры Информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова во главе с профессором И.Б. Колмаковым системы регрессионных уравнений для прогнозирования макроэкономических показателей РФ. Основой для создания системы послужили три важных компонента:

- Система национальных счетов
- Основные принципы построения имитационных моделей эконометрики
- Сценарные условия, спрогнозированные на будущие периоды (экспертные оценки).

Состав и значения показателей были определены в результате исследования информационных источников, опубликованных Федеральной службой государственной статистики, Центральным банком, Министерством финансов и Министерством экономического развития РФ.

Авторским коллективом был разработан программно-технический комплекс «РИМЭКСПРОГНОЗ» с использованием языка программирования Visual Basic for Application (VBA) [8]. Он позволял осуществлять построение прогнозов показателей с использованием регрессионных уравнений. В рамках системы определялись переменные, каждая из которых представляла отдельный показатель социально-экономического положения РФ. Для каждого показателя строились уравнения множественной линейной регрессии, переменные для которых подбирались в соответствии с экономическим смыслом и расчетов коэффициентов корреляции. Таким образом, каждый отдельный показатель был представлен как композиция факторов, оказывающих на него воздействие.

Для прогнозирования показателя необходимо знать будущие значения переменных, включенных в уравнение. Поэтому базовыми при составлении уравнений являются сценарные условия, представляющие собой экспертную оценку экономики в будущем. Остальные показатели прогнозируются с использованием прогнозных значений сценарных показателей. В результате строится система взаимосвязанных и согласованных регрессионных уравнений, позволяющая прогнозировать показатели социально-экономического положения РФ с учетом различных вариантов экономического развития. Сценарными показателями в системе выступают мировые цены на нефть, темп роста денежной массы, изменение золотовалютных резервов, ключевая ставка ЦБ.

Общая структура системы «РИМЭКСПРОГНОЗ» представлена на рисунке 1 [Danko, Kitova, Kolmakov, Dyakonova, Grishina, Sekerin, 2016].

Для каждого показателя из представленных на схеме блоков были построены уравнения множественной линейной регрессии [Свидетельство о государственной регистрации базы данных, 2013].

Далее в рамках системы был разработан модуль «ВЕРИФИКАТОР» [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2013], который позволял оценивать точность и качество моделей. Качество уравнений определялось расчетом коэффициентов детерминации (R^2), Дарбина-Уотсона (DW) и критерия Фишера (F). Точность оценивалась путем построения ретро-прогноза и расчета средней относительной ошибки (MAPE). Значения критериев точности и качества, при которых модель считалась пригодной для прогнозирования, задавались экспертным путем (см. табл. 1) [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2013; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

«Программа реализации распределённой метасистемы эконометрических моделей прогноза», 2013].



Рисунок 1 - Концептуальная схема системы «РИМЭКСПРОГНОЗ».

Таблица 1 - Критерии качества и точности

Настройки оценок качества		
коэффициент детерминации (R^2),	> 0,4	
значения статистики Фишера (F-stat).	> 5,0	
критерий Дарбина-Уотсона (DW)	$0,8 < DW < 3,2$	
Настройки оценок точности (Δ)		
High	Middle	Low
<0,06	$0,06 < \Delta < 0,16$	>0,16

Однако система «РИМЭКСПРОГНОЗ» имела существенные недостатки:

- некоторые показатели в силу их особенностей невозможно прогнозировать, используя регрессионные модели [Danko, Kitova, Kolmakov, Dyakonova, Grishina, Sekerin, 2016];
- неудобство загрузки данных из файлов в систему.

В связи с этим следующим этапом развития системы стала разработка гибридной интеллектуальной экономической системы «Горизонт».

Прототип данной системы разработан средствами языка Python и включает в себя как эконометрические, так и интеллектуальные модели прогнозирования: искусственные нейронные сети, регрессионные деревья решений, нечеткие множества. Функционал данной

разработки позволил улучшить качество прогнозов исследуемых показателей. Компоненты системы представлены на рисунке 2.

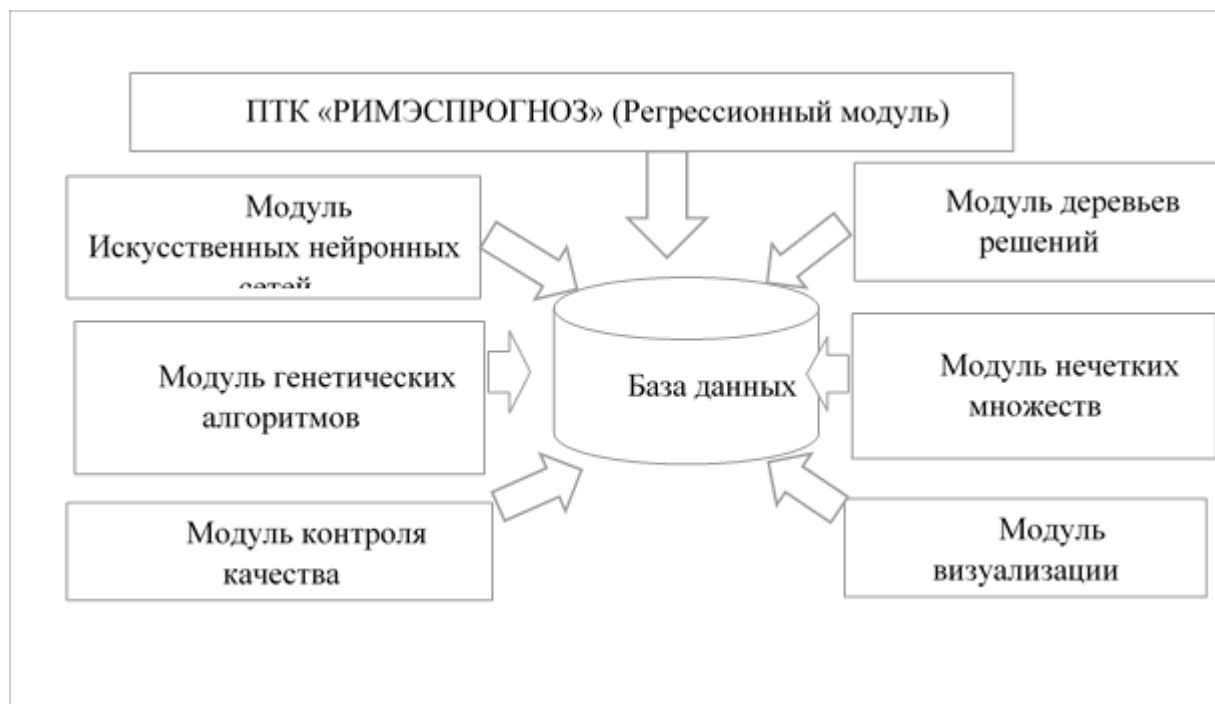


Рисунок 2 - Компоненты прототипа системы «Горизонт»

В настоящий момент система «Горизонт» перенесена на более современную платформу, продолжается разработка нового функционала системы. Компоненты современной реализации системы представлены на рис.4. Ее использование позволяет проводить прогнозирование как на региональном, так и на федеральном уровне.

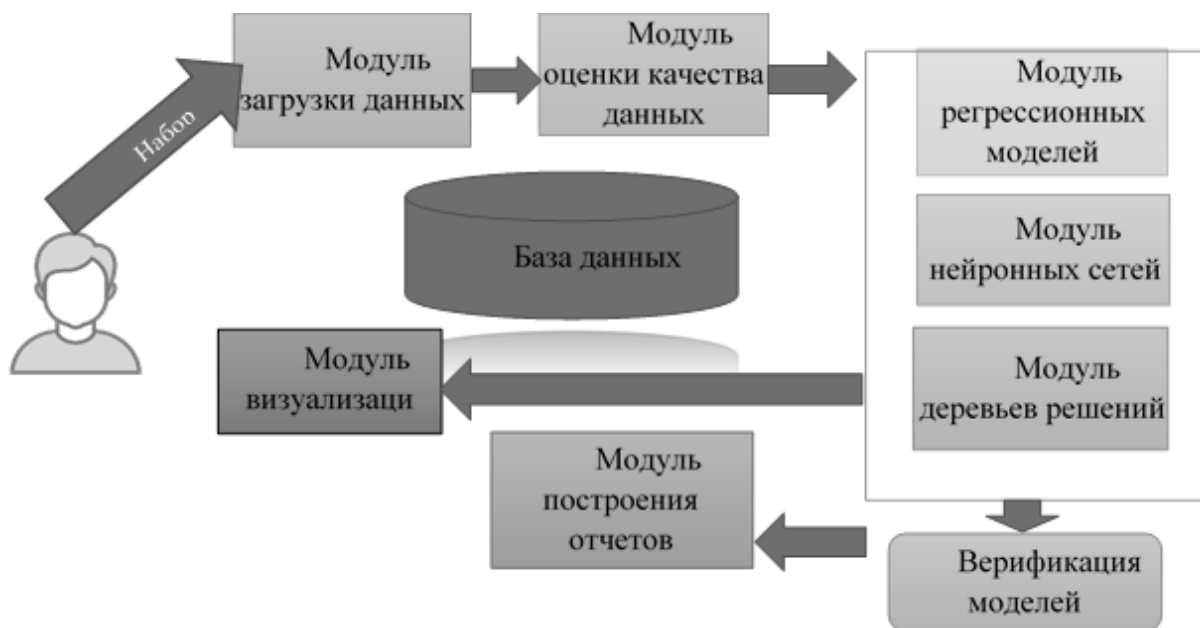


Рисунок 3 - Компоненты системы поддержки принятия решений «Горизонт»

Результаты

В настоящий момент разработаны следующие модули системы «Горизонт»:

- Авторизация пользователей
- Загрузка данных в систему
- Оценка качества данных (расчет описательной статистики)
- Модуль регрессионных уравнений
- Модуль искусственных нейронных сетей.

Система разворачивается на сервере, на котором представлена основная часть вычислений. Доступ к ней осуществляется через веб-интерфейс посредством современных браузеров, что позволит подключаться к ней, работая на любом современном устройстве. Каждый пользователь проходит регистрацию, в результате чего может хранить в базе системы свои наборы данных и построенные модели.

Разработка системы ведется средствами языка C# на платформе DotNet (.core), благодаря чему система является кроссплатформенной. В качестве системы управления базами данных для разрабатываемого программного обеспечения выступают Postgress и Microsoft SQL Server. Одновременно работающих пользователей в системе предполагается не менее 1000.

Пользовательская часть системы разрабатывается, как SPA (Single page application), реализованное с использованием технологии VUE.js (JavaScript-фреймворк для создания пользовательских интерфейсов) и применением библиотек bootstrap. Верстка и доработка исходных шаблонов осуществляется с использованием технологий HTML5 и CSS3.

На рисунке 4 показан расчет в системе показателя Налоги на прибыль с использованием регрессионных уравнений, на рисунке 5 – на основе искусственной нейронной сети.

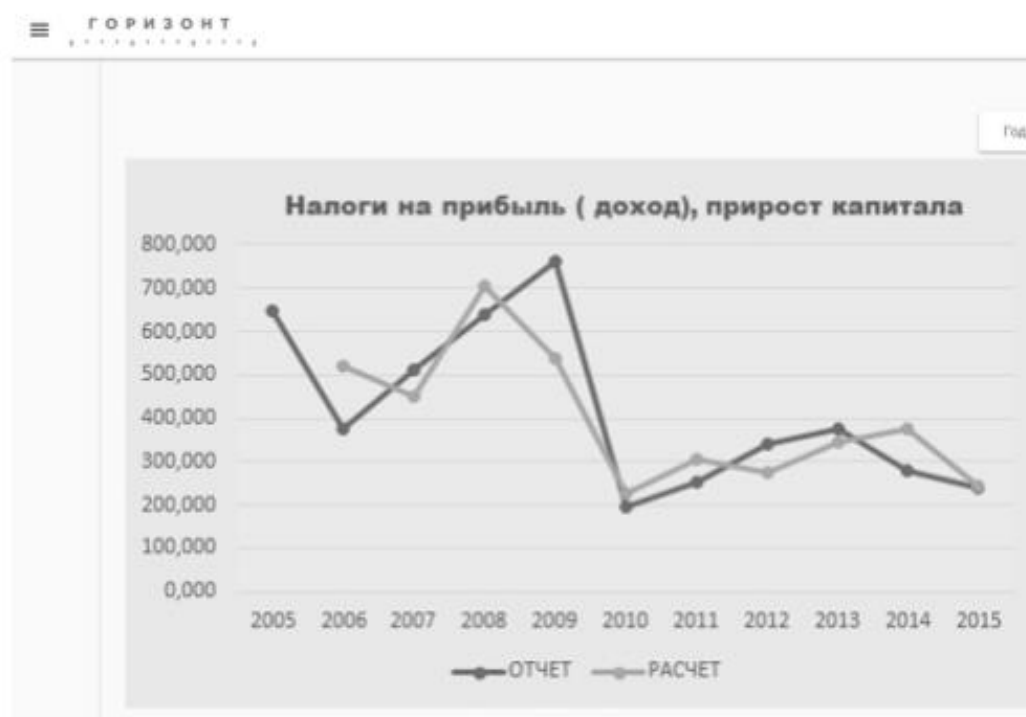


Рисунок 4 – Расчет показателя «Налоги на прибыль» регрессионным уравнением

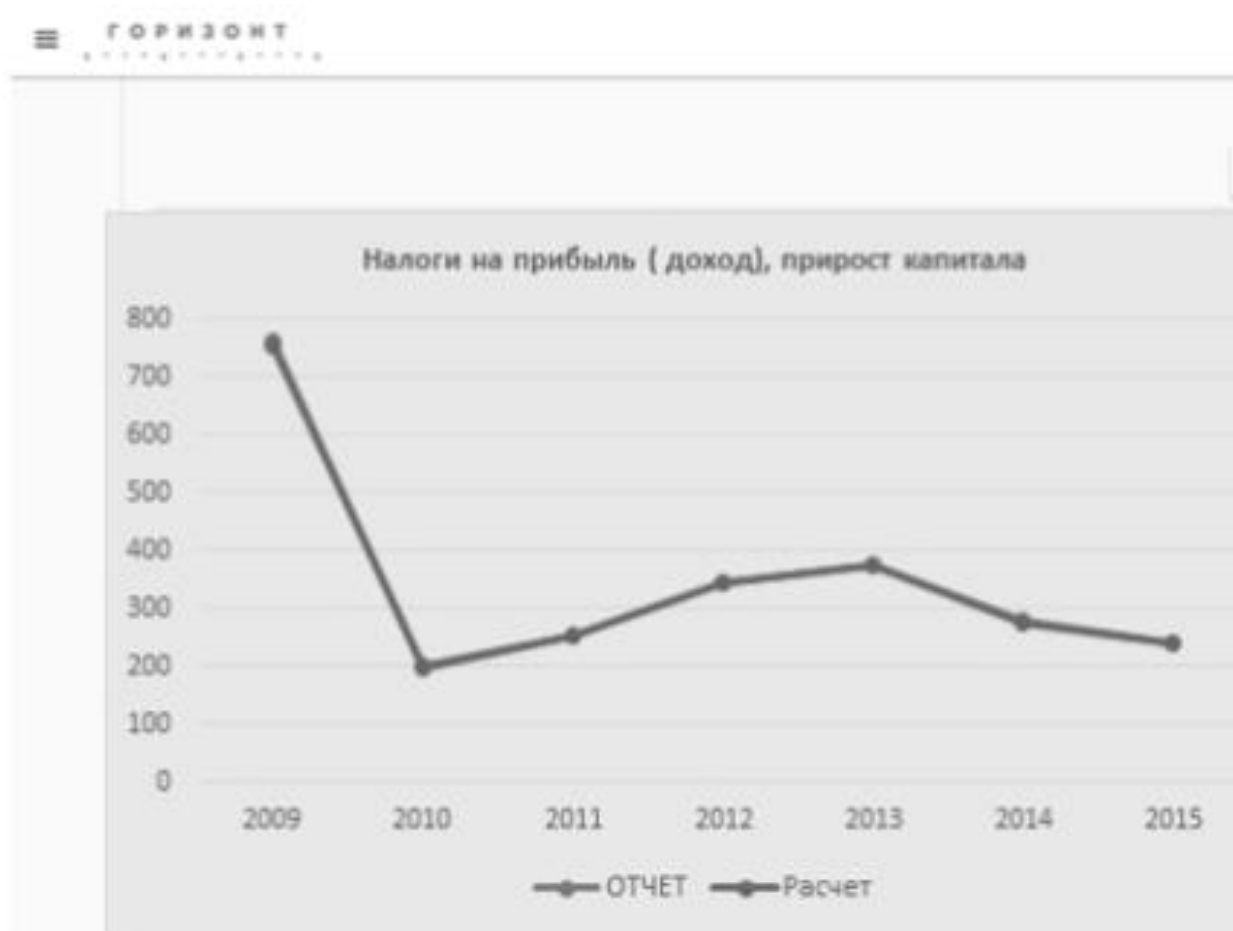


Рисунок 5 – Расчет показателя «Государственные инвестиции, %» на основе модели искусственных нейронных сетей

В рамках РЭУ им. Г.В. Плеханова функционирует Ситуационный центр, одной из основных задач которого является выполнение экспертно-аналитических и консалтинговых работ по актуальным направлениям социально-экономического развития России и субъектов Российской Федерации [Официальный сайт ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова... WWW]. Разрабатываемая система поддержки принятия решений будет иметь возможность интеграции с программным обеспечением центра, а также с его базой данных. (рис.6).

В настоящее время в рамках системы «Горизонт» разработан модуль NFIS (neuro-fuzzy inference system). Данный модуль представляет собой адаптивную нейронную сеть, которая схожа по функционалу с системой нечеткого вывода. В разрабатываемой системе его основное назначение – это формирование базы правил на основании характеристик входных данных, которые позволят подбирать наиболее релевантную модель для прогнозирования (см. рис. 7).

В перспективе планируется увеличение числа встроенных прогнозных моделей, а также разработка модуля интеллектуального поиска и анализа новостного фона, воздействующего на динамику изменения исследуемых показателей.

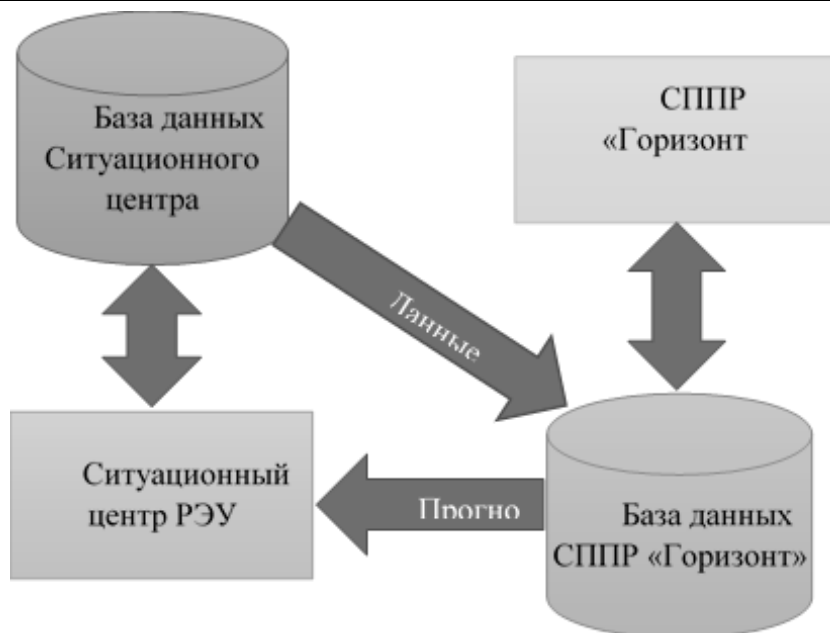


Рисунок 6 - Интеграция с ситуационным центром РЭУ им.Г.В.Плеханова

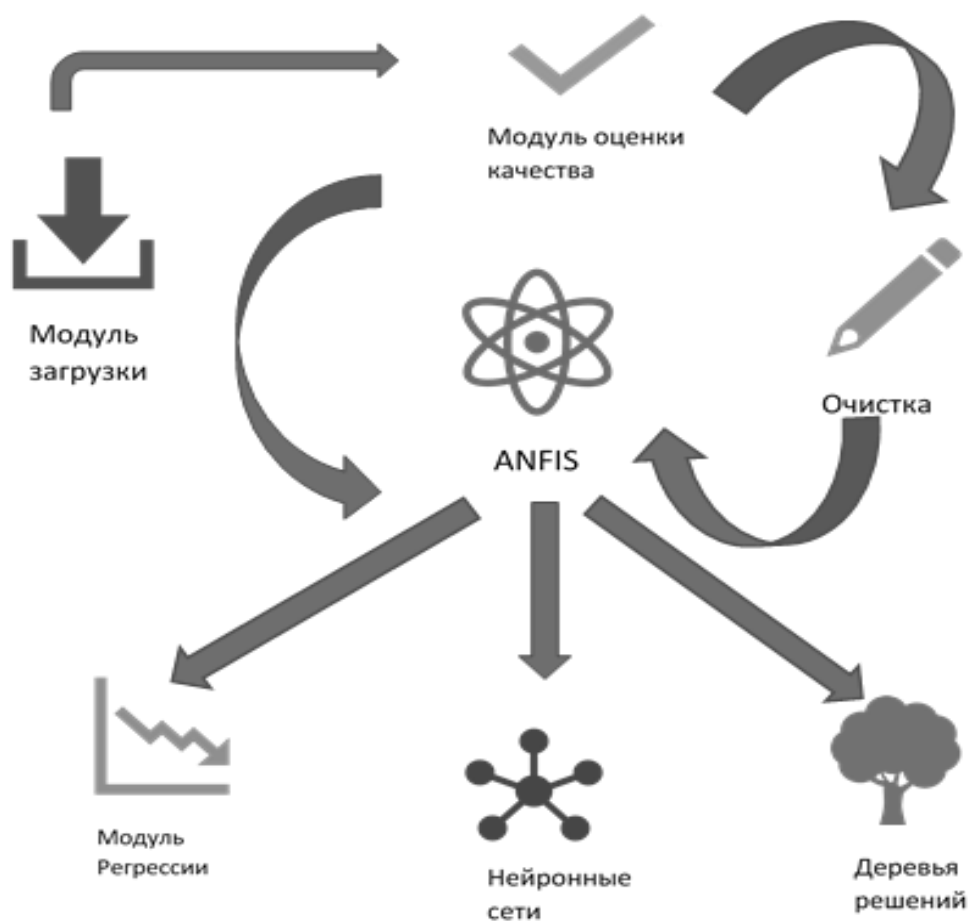


Рисунок 7 - Встраивание модуля NFIS

Выводы

Разрабатываемая система поддержки принятия решений «Горизонт» позволяет осуществлять прогнозирование показателей социально-экономического положения РФ и регионов на основе гибридной модели. Она включает в себя регрессионную модель и ряд интеллектуальных моделей прогнозирования.

Одним из основных преимуществ системы является возможность доступа к ней через Интернет с любого устройства, поддерживающего современные браузеры.

В систему встроен разработанный авторами модуль NFIS, который на входе позволит определить модель, наиболее подходящую для прогнозирования исследуемых показателей, и далее строить прогноз на этой модели. Указанная особенность позволяет отнести систему «Горизонт» к классу интеллектуальных систем в сфере прогнозирования.

Библиография

1. Аверкин А.Н., Прокопчина С.В. Мягкие вычисления и измерения // Интеллектуальные системы (МГУ). 1997. Т. 2. Вып. 1 – 4. С. 93-114
2. Демидова Л.А., Пылькин А.Н., Скворцов С.В., Скворцова Т.С. Гибридные модели прогнозирования коротких временных рядов. – М: Горячая линия – Телеом, 2015. – 206 с.
3. Официальный сайт ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» [Электронный ресурс], (url: <https://www.rea.ru/ru/org/managements/Pages/Situa-centr.aspx>) (дата обращения 06.05.2018)
4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620666 «База данных регрессионных уравнений для прогнозирования показателей уровня жизни, труда и занятости населения РФ». Правообладатели Колмаков И.Б., Потапов С.В., Савинова В.М., Стамболишвили Д.А. Заявка № 2013620421 от 17 апреля 2013 г. Зарегистрировано в Реестре баз данных ЭВМ 30 мая
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа реализации распределённой метасистемы эконометрических моделей прогноза» № 2013617339 Заявка № 2012615488 от 27 июня 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9.08.2013 / Авторы - правообладатели Колмаков И.Б., Китова О.В., Потапов С.В.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613234 «Верификатор_2013 – анализ качества и точности эконометрического прогноза показателей экономики РФ». Правообладатели Ганжа А.В., Колмаков И.Б.,
7. Averkin A. N., Yarushev S. Hybrid approach for time series forecasting based on ANFIS and Fuzzy Cognitive Maps // Soft Computing and Measurements (SCM), 2017 XX IEEE International Conference on. – IEEE, 2017. – Pp. 379-381.
8. Danko T.P., Kitova O.V., Kolmakov I.B., Dyakonova L.P., Grishina O.A., Sekerin V.D. Hybrid intelligent system of forecasting of the socio-economic development of the country/ ijaber, Vol. 14, No.9. – 2016. - P. 5755-5766.
9. Sergey A. Yarushev, Alexey N. Averkin, Time Series Analysis Based on Modular Architectures of Neural Networks, Procedia Computer Science, Volume 123, 2018, Pages 562-567

Decision Support System "Horizon" based on hybrid models of forecasting indicators of the Russian economy

Ol'ga V. Kitova

Doctor of Economics,
Associate Professor,

Plekhanov Russian University of Economics,
117997, 36, Stremyannii lane, Moscow, Russian Federation;
e-mail: Olga.kitova@mail.ru

Lyudmila P. D'yakonova

PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Plekhanov Russian University of Economics,
117997, 36, Stremyannii lane, Moscow, Russian Federation;
e-mail: diakova@mail.ru

Viktoriya M. Savinova

Plekhanov Russian University of Economics,
117997, 36, Stremyannii lane, Moscow, Russian Federation;
e-mail: savinova@mail.ru

Viktor V. Kitov

PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Lomonosov Moscow State University,
119991, 1, Leninskie Gory, Moscow, Russian Federation;
e-mail: kitov@mail.ru

Abstract

The article presents the decision support system Horizon. The purpose of the developed system is to build short-term forecasts of indicators of the socio-economic sphere of the Russian Federation on the basis of econometric and intellectual forecasting models. The system includes: neural networks, regression decision trees, fuzzy sets. The development of the system is conducted by means of the C # language on the DotNet (.core) platform, due to which the system is cross-platform. At the same time, working users in the system are assumed to be at least 1000. An expert system has been developed for assessing the quality and accuracy of forecasts for indicators of the Russian economy. The decision-making support system Horizon allows forecasting at both the regional and federal levels. The article presents the main advantages of the system, components and examples of calculations.

For citation

Kitova O.V., D'yakonova L.P., Savinova V.M., Kitov V.V. (2018) Sistema podderzhki priyatiya resheniy «Gorizont» na osnove gibridnykh modeley prognozirovaniya pokazateley ekonomiki Rossii [Decision Support System "Horizon" based on hybrid models of forecasting indicators of the Russian economy]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 8 (9A), pp. 309-319.

Keywords

Forecasting systems, econometric methods, intellectual methods, hybrid models, situational centers, indicators of socio-economic development.

References

1. Averkin A. N., Prokopchina S. V. Soft computing and measurements // Intelligent systems (MSU). 1997. T. 2. Vol. 1-4. P. 93-114
-

2. Averkin A. N., Yarushev S. Hybrid approach for time series forecasting based on ANFIS and Fuzzy Cognitive Maps // Soft Computing and Measurements (SCM), 2017 XX IEEE International Conference on. - IEEE, 2017. - Pp. 379-381.
3. Certificate of state registration database № 2013620666 "database of regression equations for predicting indicators of living standards, labor and employment of the population of the Russian Federation." Holders Kolmakov I. B., Potapov S. V., Savinov V. M., D. A. Stamboliski Application No. 2013620421 of April 17, 2013 Registered in the Registry database, the computer 30 may
4. Certificate of state registration of the computer program "program of distributed metasystem econometric models of the forecast" № 2013617339 Application number 2012615488 on June 27, 2013 Registered in the Register of computer programs 9.08.2013 / Authors-rights holders Kolmakov I. B., Kitova O. V., Potapov S.
5. Certificate of state registration of the computer program № 2013613234 "Verifier_2013 – analysis of the quality and accuracy of the econometric forecast of the Russian economy." Holders Ganzha O. V., Kolmakov I. B.,
6. Danko T.P., Kitova O.V., Kolmakov I. B., Dyakonova L. P., Grishina O. A., Sekerin V. D. Hybrid intelligent system of forecasting of the socio-economic development of the country/ *ijaber*, Vol. 14, No.9. - 2016. - P. 5755-5766.
7. Demidov, L. A., Pylkin, A. N., Skvortsov S. V., Skvortsova T. S. Hybrid models of short time series forecasting. – M: Hot line – Telecom, 2015. - 206 p.
8. Official website of the "REU them. G. V. Plekhanova" [online], (url: <https://www.rea.ru/ru/org/managements/Pages/Situa-centr.aspx>) (accessed 06.05.2018)
9. Sergey A. Yarushev, Alexey N. Averkin, time Series Analysis Based on Modular architecture Of Neural Networks, *Procedia Computer Science*, Volume 123, 2018, Pages 565-567