

УДК 004.9

DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-2-0-6

Скрипина И.И.¹
Зайцева Т.В.²
Путивцева Н.П.²

**АНАЛИЗ И ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

¹ Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., 308503, Россия

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

e-mail: skripina@bsu.edu.ru, zaitseva@bsu.edu.ru, putivtseva@bsu.edu.ru

Аннотация

В настоящее время существует множество различных моделей, используемых для прогнозирования, классификация которых рассмотрена в данной статье. Так же в статье было рассмотрено использование такого инструмента, как метод анализа иерархий для определения наиболее подходящей для прогнозирования модели.

Ключевые слова: модель, прогнозирование, классификация, метод анализа иерархий.

Для цитирования: Скрипина И.И., Зайцева Т.В., Путивцева Н.П. Анализ и выбор математической модели с помощью метода анализа иерархий // Научный результат. Информационные технологии. – Т.6, №2, 2021. – С. 41-46. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-2-0-6

Skripina I.I.¹
Zaitseva T.V.²
Putivtseva N.P.²

**ANALYSIS AND SELECTION OF A MATHEMATICAL MODEL
USING THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD**

¹ Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin,

1 Vavilova St., Maysky, Belgorod district, Belgorod region, 308503, Russia

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

e-mail: skripina@bsu.edu.ru, zaitseva@bsu.edu.ru, putivtseva@bsu.edu.ru

Abstract

Currently, there are many different models used for forecasting, the classification of which we will consider in this article. The article also discussed the use of such a tool as the method of analyzing hierarchies to determine the most suitable model for forecasting.

Keywords: model, forecasting, classification, hierarchy analysis method.

For citation: Skripina I.I., Zaitseva T.V., Putivtseva N.P. Analysis and selection of a mathematical model using the hierarchy analysis method // Research result. Information technologies. – Т.6, №2, 2021. – P. 41-46. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-2-0-6

Для успешного функционирования любого производства необходимо принимать решения, в условиях, которые бы соответствовали условиям функционирования реального объекта. Одним из инструментов, помогающим в принятии решений в таких условиях, являются системы поддержки принятия решений, использующие имитационное или математическое моделирование. Рассмотрим классификацию математических моделей на рисунке 1.

В настоящее время все большую популярность набирают комбинированные модели, которые объединяют в себе несколько моделей и методов. Это дает возможность нивелировать недостатки одних моделей при помощи использования достоинства других. Данный подход помогает повысить точность прогнозов, и, как следствие, эффективность. Однако, при разработке таких моделей необходимо учитывать их сложность и ресурсоемкость.



Рис. 1. Классификация математических моделей
Fig. 1. Classification of mathematical models

Рассмотренные математические модели (некоторые модели являются разновидностями моделей одного класса, поэтому были объединены в укрупненный класс) были рассмотрены в качестве альтернатив:

- регрессионные модели;
- авторегрессионные модели;
- модель группового учета элементов;
- адаптивные модели временных рядов;
- нейросетевые модели;
- модели прогнозирования на основе цепей Маркова;
- модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART.

В качестве критериев были выбраны характерные особенности рассмотренных моделей:

- возможность анализа промежуточных значений;
- возможность учета нелинейных зависимостей;
- учет ретроспективных данных;
- универсальность;
- возможность масштабирования;
- адаптивный подбор горизонта планирования;
- временные затраты;

- адаптируемость к изменению исходных данных;
- количество исходных данных;
- гибкость.

Для выбора наиболее предпочтительной математической модели был использован метод многокритериального оценивания, позволяющий задавать степень предпочтительности одного объекта над другим с использованием порядковой шкалы со значениями от 1 до 9 и обратными величинами путем заполнения обратносимметричных матриц парных сравнений. Данный метод реализован в ряде компьютерных систем поддержки принятия решений. Для решения задачи была использована СППР «Решение».

Иерархия выбора математической модели прогнозирования представлена на рисунке 2.

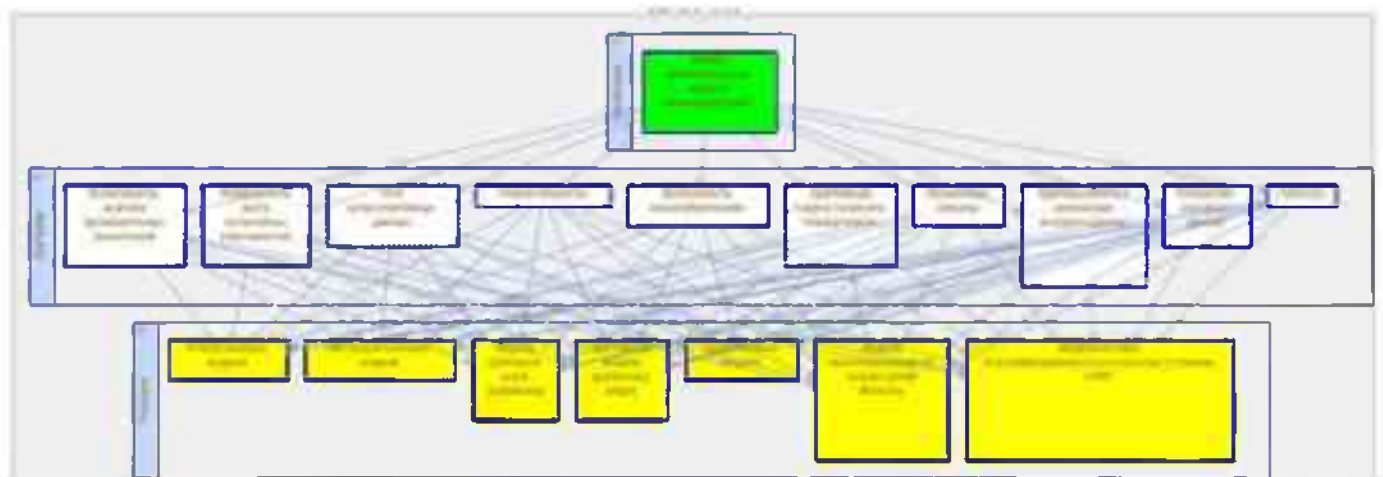


Рис. 2. Иерархия выбора математической модели прогнозирования
Fig. 2. Hierarchy of choosing a mathematical forecasting model

На основе представленных показателей с помощью МАИ выберем модель прогнозирования. Для этого построим матрицы парных сравнений критериев и альтернатив по предложенным критериям.

Сравнение критериев

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Приоритеты
1. Возможность анализа графических вычислений	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/8	1/4	1/5	1/2	0,229
2. Возможность учета нелинейных зависимостей	2/1	1/1	1/2	1/3	1/2	1/2	1/4	1/3	1/4	1/1	0,244
3. Учет ретроспективных данных	3/1	2/1	1/1	1/2	1/1	1/1	1/2	1/2	1/2	1/1	0,274
4. Универсальность	4/1	3/1	2/1	1/1	1/1	1/1	1/2	1/3	1/2	1/1	0,127
5. Возможность масштабирования	5/1	4/1	3/1	1/2	1/1	1/1	1/3	1/2	1/2	1/1	0,274
6. Адаптивный подбор горизонта планирования	6/1	5/1	4/1	1/2	1/1	1/1	1/2	1/2	1/2	1/1	0,274
7. Брендовые запреты	7/1	6/1	5/1	2/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0,205
8. Адаптируемость к изменению исходных данных	8/1	7/1	6/1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/1	0,127
9. Количество исходных данных	9/1	8/1	7/1	2/1	1/1	1/1	1/3	1/2	1/2	1/1	0,200
10. Гибкость	10/1	9/1	8/1	1/2	1/2	1/2	1/4	1/3	1/3	1/1	0,145

CS: 0,131 | MC: 0,019 | DC: 0,030

* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения

OK Cancel

Рис. 3. Матрица парных сравнений критериев
Fig. 3. Matrix of paired comparisons of criteria

Следующим этапом было вычисление локальных приоритетов альтернатив по каждому из критериев путем заполнения соответствующих матриц парных сравнений (рис. 4).

	1	2	3	4	5	6	7	Приоритет
1. Регрессионные модели	1/1	1/2	1/1	3/1	5/1	7/1	1/2	0,185
2. Авторегрессионные модели	1/2	1/1	1/1	1/1	5/1	7/1	1/2	0,185
3. Модели группового учета элементов	1/1	1/1	2/1	3/1	5/1	7/1	1/2	0,183
4. Адаптивные модели временных рядов	1/3	1/3	1/3	1/1	1/2	1/3	1/6	0,038
5. Нейросетевые модели	1/6	1/6	1/6	2/1	1/1	1/2	1/6	0,038
6. Модели прогнозирования на основе цепей Маркова	1/7	1/7	1/7	3/1	2/1	1/1	1/9	0,042
7. Модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART	2/1	2/1	2/1	5/1	5/1	3/1	1/1	0,128

СЗ: 7,27% ИС: 0,04% ОС: 0,055

* Для сравнения критериев двойной класс на уровне матрицы сравнения

Рис. 4. МПС альтернатив по критерию «Возможность анализа промежуточных значений»
 Rs. 4. MPS of alternatives according to the criterion "The possibility of analyzing intermediate values"

Наилучшими альтернативами с точки зрения критерия «Возможность анализа промежуточных значений» являются модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART. На втором месте по предпочтительности следующие модели: регрессионные модели, авторегрессионные модели, модель группового учета элементов.

Наилучшими альтернативами с точки зрения критерия «Возможность учета нелинейных зависимостей» являются нейросетевые модели и модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART.

Наилучшими альтернативами с точки зрения критерия «Учет ретроспективных данных» являются авторегрессионные модели и адаптивные модели временных рядов.

Наилучшими альтернативами с точки зрения критерия «Универсальность» являются нейросетевые модели и адаптивные модели временных рядов.

Наилучшими альтернативами по критерию «Возможность масштабирования» являются нейросетевые модели и модели прогнозирования на основе цепей Маркова.

Наилучшими альтернативами по критерию «Адаптивный подбор горизонта прогнозирования» являются адаптивные модели временных рядов и авторегрессионные модели.

Наилучшими альтернативами по критерию «Временные затраты» являются – модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART и модели прогнозирования на основе цепей Маркова.

Наилучшей альтернативой по критерию «Адаптируемость к изменению исходных данных» являются модели прогнозирования на основе цепей Маркова. На втором месте по предпочтительности – регрессионные, авторегрессионные и нейросетевые модели.

Наиболее предпочтительными альтернативами по критерию «Количество исходных данных» являются модель группового учета элементов и нейросетевые модели. На первом месте по предпочтительности нейросетевые модели, на втором – регрессионные модели.

Проведя все сравнения для иерархии, можно перейти к результатам ранжирования моделей. Как видно из рисунка 5, наилучшей оценки заслуживают нейросетевые модели.

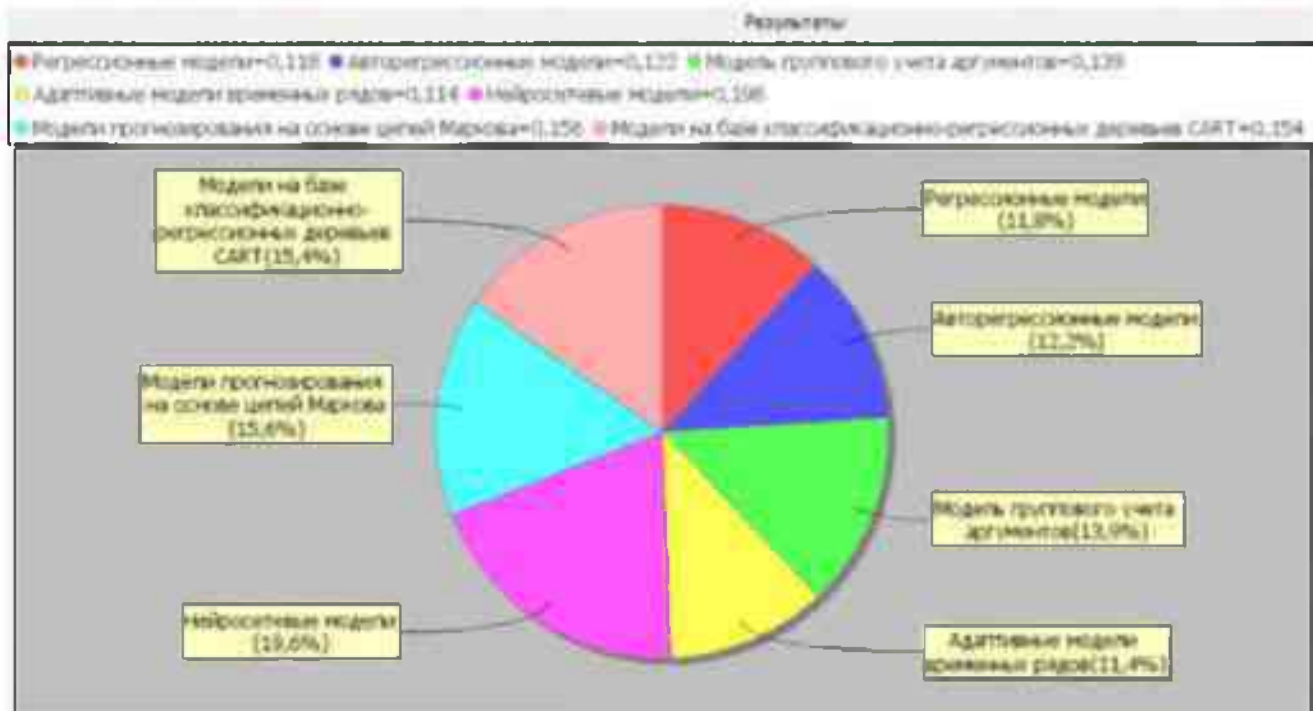


Рис. 5. Окно вывода результатов оценки критериев в СИИР «Решение»
Fig. 5. The window for displaying the results of the evaluation of criteria in the DSS "Solution"

Таким образом, анализ результатов показал, что наиболее предпочтительной моделью для прогнозирования являются нейросетевыми. Модели прогнозирования на основе цепей Маркова и модели на базе классификационно-регрессионных деревьев CART находятся соответственно на втором и третьем месте по предпочтительности.

Список литературы

1. Блюмин, С.Д. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности [Текст] / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
2. Ногин, В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход [Текст] / В.Д. Ногин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 176 с.
3. Огурцов, А.Н. Алгоритм повышения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий [Текст] / А.Н. Огурцов, Н.А. Староверова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – Иваново, 2013. – №5. – С.81-84.
4. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – Москва: Радио и связь, 1993. – 278 с.
5. Скрипина И.И. Экспертная оценка приоритетности объектов инвестирования на основе метода анализа иерархий. [Текст] / И.И. Скрипина, Е.С. Сорокина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Экономика. Информатика. – 2017. – №9(258) – С. 133-141.
6. Путивцева Н.П. Разработка программной поддержки иерархической многокритериальной процедуры оценки качества экспертов. [Текст] / Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева, О.П. Пусная, С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова, Е.В. Калюжная, Е.А. Зайцева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Экономика. Информатика. – 2016. – №16(237) – С. 172-179.

References

1. Blyumin, S.D. Models and methods of decision-making in conditions of uncertainty [Text] / S.L. Blyumin, I.A. Shuikova. – Lipetsk: LEGI, 2001 – 138 p.
2. Nogin, V.D. Decision-making in a multi-criteria environment: a quantitative approach [Text] / V.D. Nogin. – Moscow: FIZMATLIT, 2002. – 176 p.
3. Ogurtsov, A.N. Algorithm for improving the consistency of expert assessments in the method of hierarchy analysis [Text] / A.N. Ogurtsov, N.A. Staroverova // Bulletin of the Ivanovo State Energy University. – Ivanovo, 2013. – No. 5. – pp. 81-84.

4. Saati, T. Decision-making. Method of hierarchy analysis [Text] / T. Saati. – Moscow: Radio and Communications, 1993. – 278 p.

5. Skripina I.I. Expert assessment of the priority of investment objects based on the method of hierarchy analysis [Text] / I.I. Skripina, E.S. Sorokina // Belgorod State University Scientific Bulletin Economics Information technologies. – 2017. – №9(258) – P. 133-141.

6. Putivtseva N.P. Implementation of the program support of the hierarchical multicriteria procedure of the evaluation of experts' quality [Text] / N.P. Putivceva, T.V. Zajceva, O.P. Pusnaja, S.V. Igrunova, E.V. Nesterova, E.V. Kaljuzhnaja, E.A. Zajceva // Belgorod State University Scientific Bulletin Economics Information technologies. – 2016. – №16(237) – P. 172-179.

Скрипина Ирина Ивановна, старший преподаватель кафедры математики, физики, химии и информационных технологий

Зайцева Татьяна Валентиновна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Путивцева Наталья Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Skripina Irina Ivanovna, Senior Lecturer, Department of Mathematics, Physics, Chemistry and Information Technology

Zaitseva Tatyana Valentinovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Putivtseva Natalia Pavlovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies