

С.И. Носков¹, Е.С. Попов¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

СПОСОБ УЧЕТА ФАКТОРА СЕЗОННОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. В работе предложен способ формирования значений сезонной переменной при моделировании объектов на основе анализа статистической информации, отражающий заданный уровень дискретности по отношению к значениям зависимой переменной разрабатываемой модели и основанный на решении задачи целочисленного линейного программирования. Результаты моделирования динамики дорожно-транспортных происшествий показывают, что использование этой переменной позволяет строить достаточно точные модели даже без привлечения других независимых переменных.

Ключевые слова: регрессионная модель, сезонная переменная, метод наименьших модулей, уровень дискретности, задача целочисленного линейного программирования, дорожно-транспортные происшествия.

S.I. Noskov¹, E.S. Popov¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

A METHOD FOR TAKING INTO ACCOUNT THE SEASONALITY FACTOR WHEN MODELING OBJECTS BASED ON THE ANALYSIS OF STATISTICAL INFORMATION

Abstract. The paper proposes a method for generating the values of a seasonal variable in object modeling based on the analysis of statistical information, reflecting a given level of discreteness with respect to the values of the dependent variable of the model being developed and based on solving the problem of integer linear programming. The results of modeling the dynamics of traffic accidents show that using this variable allows you to build fairly accurate models even without involving other independent variables.

Keywords: regression model, seasonal variable, the method of least modules, the level of discreteness, the problem of integer linear programming, traffic accidents.

Иногда при построении математических моделей, в том числе регрессионных, возникает ситуация, когда выходная переменная имеет выраженный сезонный характер. Это может иметь место при анализе: дорожно-транспортной аварийности в городах и сельской местности [1-3], валютного рынка [4-6], обстановки с пожарами [7-9], уровня воды в реках [10,11] и т.д.

Пусть известно, что на имеющую сезонный характер выходную переменную y влияет несколько входных (независимых) переменных x_i , $i = \overline{1, m}$. Пусть также известны ретроспективные значения y_k , $k = \overline{1, n}$ этой переменной, где n – число наблюдений. Поставим задачу формирования значений z_k , $k = \overline{1, n}$ сезонной переменной z , которую следует включить в правую часть регрессионной модели, описывающей поведение фактора y наряду с переменными x_i , $i = \overline{1, m}$ с целью повышения ее адекватности. Отметим, что существуют способы использования для этого разных вариантов так называемого индекса сезонности (см., например, [12-14]), однако последние, как правило, включают в явном виде в свои расчетные формулы значения y_k , $k = \overline{1, n}$ и имеют непрерывный характер, не предполагающий задания требуемого уровня дискретности, что позволило бы относить каждое из этих значений к некоторой группе (классу), характеризующейся

определенными сезонными качествами. Ниже предложен алгоритмический способ формирования значений сезонной переменной z_k , $k = \overline{1, n}$, лишенный этих двух условных недостатков и основанный на использовании сведения метода наименьших модулей (МНМ) при оценке параметров регрессионных моделей и часто возникающих при этом вычислительных проблем к задачам линейно-булевого программирования (см., например, [15-18]).

Обозначим через $\delta > 0$ требуемый уровень (шаг) дискретности в формировании значений сезонной переменной z , а через y^- - минимальное на выборке значение y_k , $k = \overline{1, n}$:

$$y^- = \min_{k=\overline{1, n}} y_k.$$

Тогда обладающие описанными выше свойствами значения z_k , $k = \overline{1, n}$ следует искать путем решения, если следовать МНМ, задачи целочисленного линейного программирования (ЦЛП):

$$y^- z_k + u_k - v_k = y_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (1)$$

$$z_k = \delta r_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$u_k \geq 0, v_k \geq 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$r_k \in \{1, 2, \dots\}, \quad k = \overline{1, n}, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n (u_k + v_k) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Применим описанный способ введения сезонной переменной по отношению к ежемесячной статистике количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в Тюменской области в 2021 г. [1]. Как отмечено в этой работе, летом значения данного показателя существенно выше, чем в зимний период. В табл. 1 приведены значения показателя сезонности при $\delta=1$, $\delta=0.2$, полученные после решения задач ЦЛП (1) – (5).

Таблица 1.

Значения сезонной переменной при разных δ

Номер месяца	z ($\delta=1$)	z ($\delta=0.2$)
1	1	1
2	1	1.2
3	1	1.2
4	1	1.2
5	2	1.8
6	2	1.6
7	2	1.6
8	2	1.8

9	2	1.8
10	2	1.6
11	1	1.4
12	2	1.6

Построим однофакторные линейные регрессии количества ДТП по данным из [1] с зависимой переменной y и единственной независимой переменной z при разных значениях δ , используя обычный метод наименьших квадратов:

а). $\delta=1$

$$y=86.9 +74.7z, R=0.88, F=71.6, E = 5.8\%. \quad (6)$$

б). $\delta=0.2$

$$y=-14 +147.8z, R=0.98, F=670.4, E=1.9\%. \quad (7)$$

Здесь R и F – значения соответственно критериев множественной детерминации и Фишера, E – средняя относительная ошибка аппроксимации.

Анализ моделей (6) и (7) показывает, что они имеют и самостоятельную прикладную значимость и могут успешно использоваться при прогнозировании ДТП даже без привлечения других независимых переменных $x_i, i = \overline{1, m}$. При этом, разумеется, вторая из них существенно точнее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихайрова Е.В., Петров А.И. Сравнение особенностей проявления сезонности дорожно-транспортной аварийности в крупном городе и сельских районах региона // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, приуроченной к проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. – Омск, 2022. – С. 205-209.
2. Александров Н.Н. Прогнозирование количества транспортных средств, вовлеченных в ДТП на двухполосных внегородских автомобильных дорогах // Дороги и мосты, 2012. – № 2 (28). – С. 173-189.
3. Мельникова О.А., Киршина О.В. Математические модели ретроспективного анализа на примере показателей количества ДТП в Российской Федерации // Теоретические и прикладные аспекты современной науки, 2014. – № 4-2. – С. 36-40.
4. Кулин А.А., Смольянинова И.В. Регулирование внутреннего валютного рынка с учетом сезонной составляющей колебаний курса рубля // Вестник НГИЭИ, 2018. – № 1 (80). – С. 134-141.
5. Данич В.Н., Шеховцова Е.В. Валютная паника, ажиотаж и их влияние на деятельность предприятий // Бизнес информ., 2013. – № 6. – С. 8-13.
6. Емельянов С.С. Моделирование экспорта и импорта Российской Федерации в системе прогнозно-аналитических расчетов // Проблемы прогнозирования, 2007. – № 2 (101). – С. 116-126.
7. Носков С.И., Удилов В.П. Управление системой пожарной безопасности на региональном уровне. – Иркутск : ВСИ МВД России, 2003. – 151с.
8. Хонгорова О.В., Есина М.Г. Прогнозирование пожаров с учетом индекса сезонности // International Journal of Advanced Studies, 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 75-77.
9. Протопопова В.В., Габышева Л.П. Горимость лесов Верхоянского района (северо-восточная Якутия) // Успехи современного естествознания, 2017. – № 5. – С. 66-71.

10. Носков С.И., Аксенов Ю.Д., Сапожников Ю.М. Регрессионное моделирование уровня воды реки Ия в Иркутской области // Инженерный вестник Дона, 2023. – № 11.
11. Труханов А.Э., Сизых М.А., Парфентьев А.В., Хрунь К.П., Кононова О.Д., Сидорова Е.С., Кармадонова И.Е., Сараева Д.А., Жаркова А.В., Бахтин И.А. Анализ пространственно-временной изменчивости элементов водного баланса бассейна реки Ия // Вестник Иркутского университета, 2020. – № 23. – С. 210-212.
12. Сафина С.С., Куварина А.А. Особенности фактора сезонности туристского спроса в странах Латинской Америки // Дневник науки, 2023. – № 2 (74).
13. Цвиль М.М., Заиченко Ю.Р. Сезонная модель Уинтерса с линейным ростом статистической стоимости // Инженерный вестник Дона, 2021. – № 7 (79). – С. 271-280.
14. Воронина И.Ф., Судак Ф.М., Молозин Ф.В., Силко Е.С. Контроль параметров технического состояния автомобилей при их эксплуатации в условиях низких температур // Вести Автомобильно-дорожного института, 2023. – № 1 (44). – С. 15-19.
15. Носков С.И. Точечная характеристика множеств решений интервальных систем линейных алгебраических уравнений // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами, 2018. – № 1 (1). – С. 8-13.
16. Носков С.И. Оценивание параметров линейной регрессии посредством максимизации числа совпадений знаков приращений фактических и расчетных значений зависимой переменной // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами, 2021. – № 2 (10). – С. 109-111.
17. Noskov S.I., Vergasov A.S. Maximization of the dynamic criterion of consistency of behavior as a partially boolean linear programming problem // Advances and Applications in Discrete Mathematics, 2022. – Т. 29. – № 1. – С. 25-40.
18. Носков С.И., Жукова М.С., Кириллова Т.К., Купитман Ю.О., Хоняков А.А. Уточнение способов идентификации параметров некоторых кусочно-линейных регрессий // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ", 2023. – № 2. – С. 75-81.

REFERENCES

1. Likhayrova E.V., Petrov A.I. Comparison of the features of the manifestation of seasonality of road traffic accidents in a large city and rural areas of the region // Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations. Collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation. – Omsk, 2022. – P. 205-209.
2. Alexandrov N.N. Forecasting the number of vehicles involved in accidents on two-lane non-urban highways // Roads and bridges, 2012. – № 2 (28). – P. 173-189.
3. Melnikova O.A., Kirshina O.V. Mathematical models of retrospective analysis on the example of indicators of the number of accidents in the Russian Federation // Theoretical and Applied Aspects of Modern Science, 2014. – No. 4-2. – P. 36-40.
4. Kulin A.A., Smolyaninova I.V. Regulation of the domestic foreign exchange market taking into account the seasonal component of fluctuations in the ruble exchange rate // Bulletin of the NGIEI, 2018. – № 1 (80). – P. 134-141.
5. Danich V.N., Shekhovtsova E.V. Currency panic, hype and their impact on the activities of enterprises // Business inform, 2013. – No. 6. – P. 8-13.
6. Yemelyanov S.S. Modeling of exports and imports of the Russian Federation in the system of predictive and analytical calculations // Problems of forecasting, 2007. – № 2 (101). – P. 116-126.
7. Noskov S.I., Udilov V.P. Management of the fire safety system at the region level. Irkutsk : VSI of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2003. – 151p.
8. Khongorova O.V., Esina M.G. Forecasting fires taking into account the seasonality index // International Journal of Advanced Studies, 2017. – Vol. 7. – No. 1-2. – P. 75-77.
9. Protopopova V.V., Gabysheva L.P. Gorimost forests of the Verkhoyansky district (north-eastern Yakutia) // Successes of modern natural science, 2017. – No. 5. – P. 66-71.
10. Noskov S.I., Aksenov Yu.D., Sapozhnikov Yu.M. Regression modeling of the Iya river water level in the Irkutsk region // Engineering Bulletin of the Don, 2023. – No. 11.

11. Trukhanov A.E., Sizykh M.A., Parfentiev A.V., Khrun K.P., Kononova O.D., Sidorova E.S., Karmadonova I.E., Saraeva D.A., Zharkova A.V., Bakhtin I.A. Analysis of spatial and temporal variability of elements of the water balance of the Iya river basin // Bulletin of Irkutsk University, 2020. – No. 23. – P. 210-212.
12. Safina S.S., Kuvarina A.A. features of the seasonality factor of tourist demand in Latin American countries // Science Diary, 2023. – № 2 (74).
13. Tsvil M.M., Zaichenko Yu.R. Seasonal Winters model with linear growth of statistical value // Engineering Bulletin of the Don, 2021. – № 7 (79). – P. 271-280.
14. Voronina I.F., Sudak F.M., Molozin F.V., Silko E.S. Control of the parameters of the technical condition of cars during their operation at low temperatures // Vesti of the Automobile and Road Institute, 2023. – № 1 (44). – P. 15-19.
15. Noskov S.I. Point characterization of sets of solutions of interval systems of linear algebraic equations // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems, 2018. – № 1 (1). – P. 8-13.
16. Noskov S.I. Estimation of linear regression parameters by maximizing the number of coincidences of the signs of increments of the actual and calculated values of the dependent variable // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems, 2021. – № 2 (10). – P. 109-111.
17. Noskov S.I., Vergasov A.S. Maximization of the dynamic criterion of consistency of behavior as a partially boolean linear programming problem // Advances and Applications in Discrete Mathematics, 2022. – V. 29. – № 1. – P. 25-40.
18. Noskov S.I., Zhukova M.S., Kirillova T.K., Kupitman Yu.O., Khonyakov A.A. Clarification of methods for identifying parameters of some piecewise linear regressions // Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubSTU", 2023. – No. 2. – P. 75-81.

Информация об авторах

Сергей Иванович Носков – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru

Егор Сергеевич Попов – магистрант кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: popov_es@irgups.ru

Authors

Sergey Ivanovich Noskov, Doctor of Technical Science, Professor, Professor of the Subdepartment of Information Systems and Information Security, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru

Egor Sergeevich Popov, undergraduate of the Subdepartment of Information Systems and Information Security, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: popov_es@irgups.ru

Для цитирования

Носков С.И., Попов Е.С. Способ учета фактора сезонности при моделировании объектов на основе анализа статистической информации // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2023. – №4. - С. 32-36 (дата обращения: 13.12.2023)

For citations

Noskov S.I., Popov E.S. Statistical analysis of criterion matrices when organizing a «competition» of regression models // Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Information technology and mathematical modeling

in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2023. No. 4. P. 32-36 (Accessed 13.12.2023)