

АЛГОРИТМ РАНЖИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПАРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ АВТОТРАНСПОРТОМ

А.А. Штепа¹

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, alexei_shtepa@mail.ru

Аннотация. Статья описывает методику ранжирования переменных через парную корреляцию с целью улучшения управления городским транспортом. Данный подход позволяет избежать мультиколлинеарности, уменьшает время, необходимое для моделирования, и увеличивает точность прогнозов, что подтверждено практическими исследованиями на воронежском предприятии.

Ключевые слова: алгоритм ранжирования переменных, коэффициент парной корреляции, городской пассажирский автотранспорт, метод группового учета аргументов, управление перевозками, прогностические модели.

ALGORITHM OF VARIABLES RANKING ON THE BASIS OF PAIR CORRELATION COEFFICIENT FOR OPTIMIZATION OF TARGET FUNCTIONS IN INFORMATION SYSTEMS OF URBAN PASSENGER MOTOR TRANSPORT MANAGEMENT

A.A. Shtepa¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, alexei_shtepa@mail.ru

Abstract. The article describes the methodology of ranking variables through pairwise correlation in order to improve urban transportation management. This approach avoids multicollinearity, reduces the time required for modeling, and increases the accuracy of forecasts, which is confirmed by practical research at the Voronezh enterprise.

Keywords: algorithm of variables ranking, pair correlation coefficient, urban passenger motor transport, method of group consideration of arguments, transportation management, predictive models.

Эффективная работа и рост транспортной инфраструктуры в условиях неопределенности и сильных внешних изменений невозможны без тщательных и обоснованных управленческих решений. В этом контексте важным является использование методики математического моделирования для процессов функционирования пассажирских автотранспортных предприятий.

В ходе анализа и представления различных аспектов деятельности предприятия пассажирского автотранспорта невозможно выделить какие-либо «основные», «второстепенные» или иные параметры, влияющие на его работу.

Для реализации такого выделения необходимо провести ранжирование максимально возможного количества известных параметров, чтобы обеспечить моделирование эффективной работы пассажирского автотранспортного предприятия. Первоначально большое количество исходных параметров увеличивает время, требуемое для моделирования, и создает вероятность появления зависимых переменных. В конечном итоге это ухудшает обусловленность матрицы коэффициентов, что отрицательно влияет на качество процессов организации, управления и оптимизации функционирования городского пассажирского транспорта. [1, 2]

Коэффициент парной корреляции можно охарактеризовать через определение функции

$$R_{i,j} \begin{cases} \frac{\sum_{\gamma=V_1}^{V_2} X_{\gamma,i} \cdot X_{\gamma,j}}{V_2 - V_1 + 1} & j \neq i; \\ 1 & j = i, \end{cases}$$

где M_1 – начало выборки; M_2 – конец выборки; $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ (n – количество переменных, используемых в ходе опыта по определению целевых функций изучаемого процесса пассажирского автотранспортного предприятия).

Стоит отметить, что чем больше исходных данных представлено, тем сложнее становится процесс отбора независимых параметров. Определение коэффициента парной корреляции способствует минимизации использования моделей с зависимыми переменными ($R_0 > 0,7$). Преследуя цель автоматизации процесса выбора и определения независимых параметров, которые в итоге влияют на функционирование и развитие городского пассажирского автотранспортного предприятия предлагается алгоритм структурирования переменных на основе значений коэффициента парной корреляции $R_{i,j}$, в основе которого заложен процесс структурирования переменных в зависимости от значения коэффициентов парной корреляции между ними. Полученные данные приведены в таблице 1, и их распределение представлено в зависимости от коэффициента парной корреляции $R_{i,j}$.

Таблица 1 – Данные ранжирования при определении целевых функций в процессе эксплуатации автомобильного транспорта

$R_{i,j}$	$RANG_i$
$R_{i,j} = 1$	0
$0,9 \leq R_{i,j} < 1$	0,9
$0,85 \leq R_{i,j} < 0,9$	0,8
$0,8 \leq R_{i,j} < 0,85$	0,7
$0,75 \leq R_{i,j} < 0,8$	0,6
$0,7 \leq R_{i,j} < 0,75$	0,5

$R_{i,j}$	$RANG_i$
$0,65 \leq R_{i,j} < 0,7$	0,4
$0,6 \leq R_{i,j} < 0,65$	0,3
$0,55 \leq R_{i,j} < 0,6$	0,2
$0,5 \leq R_{i,j} < 0,55$	0,1
$R_{i,j} < 0,5$	0

В общем виде алгоритм ранжирования переменных можно представить на рисунке 1. [1]

Ранг переменной X_i , в суммарном выражении, следует описывать определением

$$RANG_i = \sum_{j=1}^{n-1} R_{i,j}.$$

Следует отметить, что рассматриваемый эксперимент не включает переменные с максимальными значениями ранжирования, а само количество переменных, которые используются для определения изучаемого процесса (n^*) зависит от возможностей используемого метода определения, а в определенных случаях, подразумевает исключение всех переменных с $R_{i,j} > 0,7$.

Разработанный алгоритм для ранжирования переменных был применен в процессе установления целевых функций работы одного из перевозчиков в области пассажирских автоперевозок в Воронеже. Основной целью данного эксперимента являлось снижение затрат ресурсов и уменьшение потерь при организации и управлении пассажирскими перевозками, а также обеспечение выработки аргументированных управленческих решений на основании группового учета данных. Учитывая одно из ключевых положений теории метода группового учета аргументов – свободу выбора решений, была подчеркнута необходимость полного описания множества переменных для выявления факторов, влияющих на деятельность городского пассажирского автотранспортного предприятия.

Это описание должно быть представлено в формате определения [1]

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \sum_{i=1}^n a_i d_i + \sum_{j=n+1}^{2n} a_j d_{j-n}^2 + \sum_{k=2n+1}^{2n+\frac{n!}{2!(n-2)!}} a_k \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{p=m+1}^n d_m d_p + a_0,$$

где Y – исследуемый параметр системы пассажирского автотранспортного предприятия.

$$d = \frac{\partial x_i^{t-z}}{\partial t},$$

где $x_1, x_2, \dots$ – параметры системы пассажирского автотранспортного предприятия; t – время; z – период запаздывания ($z = 0, 1, 2$); $a_1, \dots, a_n$ – коэффициенты при параметрах системы пассажирского автотранспортного предприятия; a_0 – свободный член.

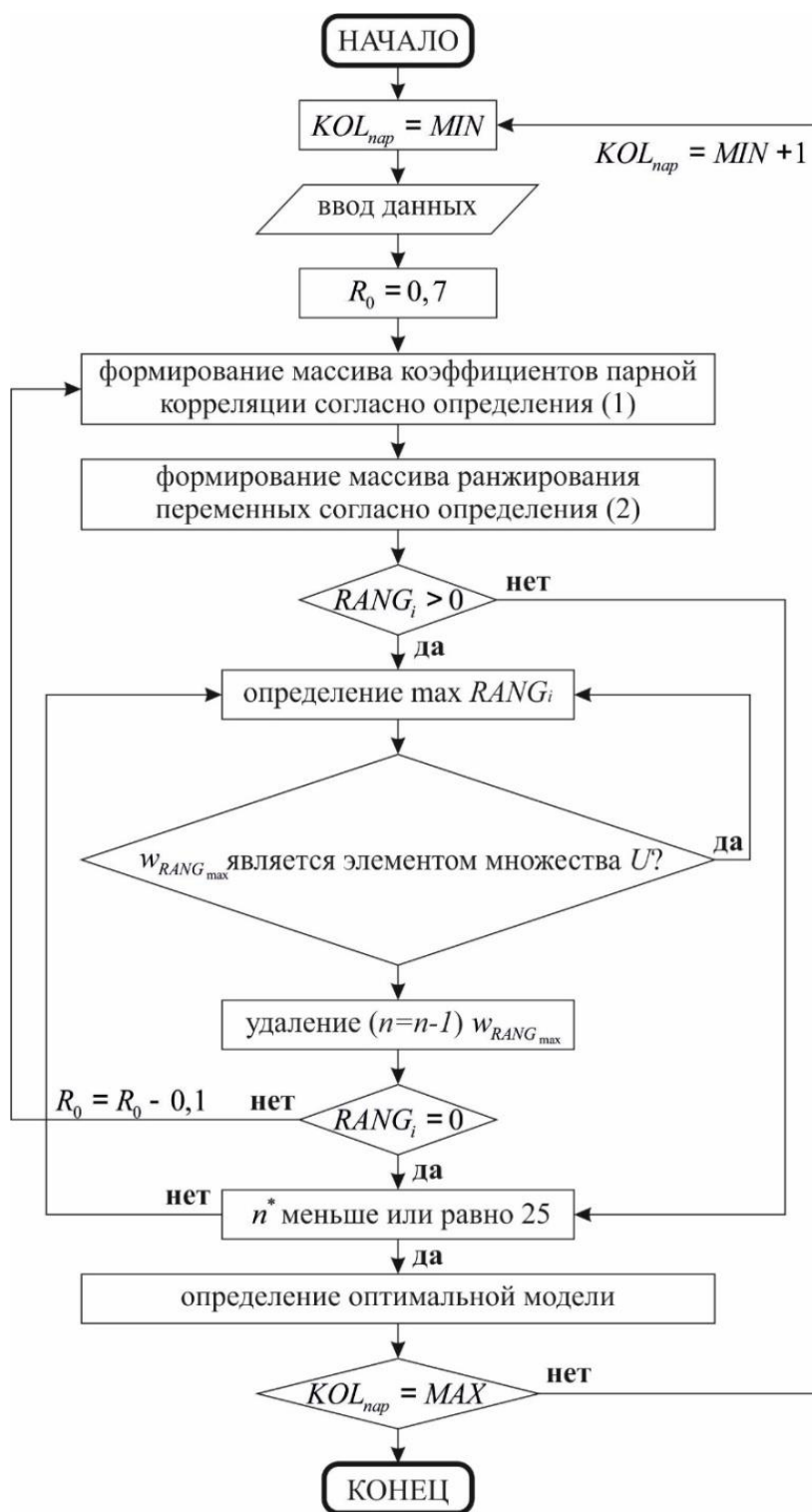


Рисунок 1 – Общий вид алгоритма ранжирования переменных

При использовании комбинированного алгоритма метода группового учета аргументов количество частных моделей можно найти определением: $2^n - 1$, (n – количество независимых параметров), а коэффициенты частной модели $a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*$ можно найти по методу наименьших квадратов.

Оценка частной модели следует проводить в пространстве критериев сходимости, несмещенности и эпигнозного прогноза [1]

$$KR_{CX}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{\Omega} (u_i - m_i)^2}{\sum_{i=1}^{\Omega} u_i^2}; KR_{CM}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{\Omega} (m_{p_1} - m_{p_2})_i^2}{\sum_{i=1}^{\Omega} u_i^2}; KR_{ЭП}^2 = \frac{\sum_{i=\Omega+1}^{p_3} (m_{\Omega i} - u_i)^2}{\sum_{i=\Omega+1}^{p_3} m_i^2}.$$

Применение описанного метода выбора независимых параметров в многопараметрических задачах оценки целевых функций гарантирует эффективность эксперимента по выделению моделей работы городского пассажирского автотранспорта. Алгоритм сортировки переменных, который является основой этого метода, существенно уменьшает время, необходимое для формирования прогнозистических моделей работы городского пассажирского автотранспортного предприятия, при этом обеспечивая низкий уровень погрешности прогноза (3-5%). [1, 2]

Список литературы

1. Штепа, А. А. Управление процессами принятия решений в организационных системах автотранспортных предприятий на основе аппарата стохастического моделирования : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Штепа Алексей Анатольевич, 2024. – 149 с.
2. Штепа, А. А. Алгоритм идентификации моделей процессов пассажирского автотранспортного предприятия на базе стохастического подхода / А. А. Штепа, В. П. Белокуров, В. С. Стародубцев // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2023. – № 4. – С. 149-153.

References

1. Shtepa, A. A. Management of decision-making processes in organizational systems of motor transport enterprises based on the apparatus of stochastic modeling : thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences / Shtepa Alexei Anatolievich, 2024. – 149 p.
2. Shtepa, A. A. Algorithm of process model identification of the passenger motor transport enterprise on the basis of stochastic approach / A. A. A. Shtepa, V. P. Belokurov, V. S. Starodubtsev // Bulletin of the Voronezh Institute of FSIN of Russia. – 2023. – № 4. – Pp. 149-153.