

УДК 004.051

О.С. Булгаков, В.Н. Ковалевский

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ НОМЕРОВ СЕТИ ГОСТИНИЦ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В данной работе представлено математическое моделирование процесса оценки стоимости номеров. Для правильной и качественной оценки использовалась статистическая модель множественной регрессии, которая с помощью метода Гаусса-Зейделя позволяет построить модель аппроксимации. Определены основные входные параметры для оценивания номеров, представлено формальное описание этого процесса. Также задан выходной параметр, являющийся целью математического моделирования. Практические результаты оценки стоимости номеров получены на базе аналитической платформы «*Deductor Studio*».

Ключевые слова: математическое моделирование; множественная регрессия; статистический метод; оценка стоимости номеров; платформа *Deductor Studio*; математическое моделирование; метод Гаусса-Зейделя.

O.S. Bulgakov, V.N. Kovalevsky

South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,
Novocherkassk

ANALYSIS OF THE PROCESS OF ESTIMATING THE COST OF HOTEL NETWORK ROOMS BASED ON MATHEMATICAL MODELING

This paper presents mathematical modeling of the process of estimating the cost of numbers. A statistical multiple regression model was used for correct and qualitative estimation, which, using the Gauss-Seidel method, allows the construction of an approximation model. The main input parameters for number estimation are defined, a formal description of this process is given. An output parameter is also specified, which is the purpose of mathematical modeling. Practical results of estimating the cost of rooms are obtained on the basis of the analytical platform "Deductor Studio."

Keywords: mathematical modeling; multiple regression; statistical method; estimating the cost of rooms; Deductor Studio platform; mathematical modeling; Gauss-Seidel method.

Информационная система, для которой проводится оценка стоимости номеров, предназначена для автоматизации бизнес-процессов, реализуемых в сети гостиниц и отелей по краткосрочному съему гостиничных номеров [1]. Необходимость разработки данной системы и описание основных возможностей представлены в работе [2].

Для проведения оценки стоимости номеров была использована статистическая модель множественной регрессии. Данная модель базируется на методе наименьших квадратов и может быть представлена в виде следующей формулы:

$$C_i = \sum_{j=1}^9 P t_{ij} * x_{ij}, \quad (1)$$

где $i = 1, \dots, m$, C_i – стоимость i -го номера, Pt_{ij} – j -й параметр i -го номера ($j = 1, \dots, 9$), x_{ij} – регрессоры, m – количество номеров. В качестве девяти параметров оценки стоимости номеров можно выделить следующие:

— тип номера (апартаменты, отель, хостел), математическая модель данного параметра имеет следующую форму:

$$Pt_{i1} * x_{i1} + Pt_{i2} * x_{i2} + Pt_{i3} * x_{i3}, \quad (2)$$

$$Pt_{ik} = [0|1]; \sum_{k=1}^3 Pt_{ik} = 1, \quad (3)$$

— количество звезд в отеле (Pt_{i4}): данный параметр отражает степень комфортабельности отеля;

— оценка отеля экспертами (Pt_{i5}): средняя оценка отеля экспертами;

— средний уровень спроса на номера в отеле (Pt_{i6});

— наличие конференц-зала (Pt_{i7});

— наличие банкетного зала (Pt_{i8});

— наличие парковки (Pt_{i9}).

Данные параметры участвуют в факторном анализе гостиницы (отеля) и позволяют сформировать достоверную количественную информацию для проведения аппроксимации данных. Важным параметром при прогнозировании значений является коэффициент ковариации, который позволяет оценить меру зависимости между величинами и имеет следующую форму [3]:

$$Cov(C, P) = M((P - M(P))(C - M(C))), \quad (4)$$

где $Cov(C, P)$ – ковариация между стоимостью номера в гостинице и периодом, C – стоимость номера в данном периоде, P – период.

Функционал качества прогноза имеет следующую форму:

$$F = \frac{1}{2} [C_i - (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst)]^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $i = 1, \dots, m$, C_i – стоимость i -го номера, Pt_{ij} – j -й параметр i -го номера, x_{ij} – регрессоры, $Cnst$ - константа.

Функционал качества прогноза может быть расписан в следующей форме:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial Pt_1} = (\sum_i C_i - (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst)) * x_{1i} \\ \frac{\partial F}{\partial Pt_2} = (\sum_i C_i - (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst)) * x_{2i}, \\ \dots \\ \frac{\partial F}{\partial Cnst} = (\sum_i C_i - (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst)) \end{cases} \quad (6)$$

Принимая $\frac{\partial F}{\partial Pt_1} = \frac{\partial F}{\partial Pt_2} = \dots = \frac{\partial F}{\partial Cnst} = 0$, формируется следующая модель:

$$\begin{cases} \sum_i C_i * x_{1i} = (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst) * x_{1i} \\ \sum_i C_i * x_{2i} = (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst) * x_{2i} \\ \dots \\ \sum_i C_i = (\sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij} + Cnst) \end{cases} \quad (7)$$

Для определения коэффициентов может быть использован метод Гаусса-Зейделя, представляющий собой итерационный перерасчет коэффициентов с уточнением на каждой последующей итерации. Расчет i -го коэффициента на $k+1$ итерации имеет следующую форму:

$$x_i^{k+1} = \frac{b_i}{a_{ii}} - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{a_{ij}}{a_{ii}} * x_j^{k+1} - \sum_{j=i+1}^n \frac{a_{ij}}{a_{ii}} * x_j^k, i = 1, \dots, n, \quad (8)$$

где $x_i^{k+1} \in X = \{Pt_1, Pt_2, \dots, Pt_9\}$, $b_i = \sum_i C_i * x_{ij}$, $a_{ij} = x_{is} * x_{js}$.

Результатом выполнения данной операции является сформированная модель аппроксимации данных

$$C_i = \sum_{j=1}^9 Pt_{ij} * x_{ij}. \quad (9)$$

Для проведения тестирования модели на наборе этих исходных данных была использована платформа *Deductor studio* [4]. В модели были заданы те же входные данные:

- тип номера (апартаменты (Pt_{i1}), отель (Pt_{i2}), хостел (Pt_{i3})) – данные параметры имеют тип данных «вещественный»;
- количество звезд в отеле (Pt_{i4}): данный параметр отражает степень комфортабельности отеля – данный параметр имеет тип данных «вещественный»;
- оценка отеля экспертами (Pt_{i5}): средняя оценка отеля экспертами – данный параметр имеет тип данных «вещественный»;
- средний уровень спроса на номера в отеле (Pt_{i6}) – данный параметр имеет тип данных «вещественный»;
- наличие конференц-зала (Pt_{i7}) – данный параметр имеет тип данных «вещественный»;
- наличие банкетного зала (Pt_{i8}) – данный параметр имеет тип данных «вещественный»;
- наличие парковки (Pt_{i9}) – данный параметр имеет тип данных «вещественный».

После загрузки этих параметров в *Deductor Studio* была сформирована таблица, представленная на рисунке 1. Статистические данные реестра оценок показаны в таблице на рисунке 2.

апартаменты	отель	хостел	количество звезд	оценка	спрос	конференц-зал	банкет	парковка	стоимость
1	0	0	5	8	30	1	1	1	6830
0	0	1	5	4	5	1	1	1	4459
0	1	0	5	4	80	0	0	0	3980
1	0	0	5	9	63	0	0	0	6663
0	1	0	3	10	61	1	1	0	7061
1	0	0	4	4	49	1	1	0	4499
0	0	1	2	7	12	1	1	1	4816
1	0	0	3	3	76	0	0	1	3276
0	1	0	4	6	8	1	1	1	4958
1	0	0	5	4	85	1	1	0	4785
0	0	1	4	3	4	0	0	0	3008
0	1	0	5	4	39	1	1	0	4139
0	0	1	3	7	4	1	1	0	4958
0	0	1	3	4	74	0	0	0	3328
1	0	0	1	3	65	1	1	1	3365
0	1	0	5	6	70	1	1	1	5270
0	1	0	5	6	96	1	1	0	5596
1	0	0	2	7	64	0	0	1	4614
0	0	1	4	3	75	0	0	1	2779
0	1	0	5	6	51	0	0	1	5051
0	1	0	5	3	71	1	1	0	3671
0	1	0	3	7	34	0	0	1	5034
0	1	0	2	8	28	1	1	0	5778
0	0	1	1	8	97	1	1	1	5551
0	0	1	4	4	28	0	0	0	3132
1	0	0	1	8	7	0	0	0	5107
0	0	1	2	4	8	0	0	1	2712
0	1	0	3	10	20	1	1	0	6620

Рисунок 1 – Таблица данных для оценки стоимости номеров в гостинице

Для формирования модели множественной регрессии были выбраны выше указанные параметры. Выходным параметром является стоимость номера.

Процесс формирования входных и выходных параметров показан на рисунке 3. На основании сформированной модели были получены метрики регрессии, представленные на рисунке 4.

Метка столбца	Гистогра...	Мини...	Макс...	Сред...	Стан...	Σ Сумма	Σ ² Сумм...	s Колв...	σ Колв...
1 9.0 апартаменты		0	1	0,3347	0,47190908	3347	3347		0
2 9.0 отель		0	1	0,3306	4704527315	3306	3306		0
3 9.0 хостел		0	1	0,3347	0,47190908	3347	3347		0
4 9.0 количество звезд		1	5	2,9339	420586005	29339	109813		0
5 9.0 оценка		3	10	6,5069	289645527	65069	475817		0
6 9.0 спрос		0	100	49,7698	9,21347207	497698	33303746		0
7 9.0 конференц-зал		0	1	0,4953	5000029103	4953	4953		0
8 9.0 банкет		0	1	0,4953	5000029103	4953	4953		0
9 9.0 парковка		0	1	0,5003	5000249119	5003	5003		0
10 9.0 стоимость		1860	7892	4864,2586	262,027759	48642586	356652E11		0

Рисунок 2 – Статистические данные реестра оценок номеров

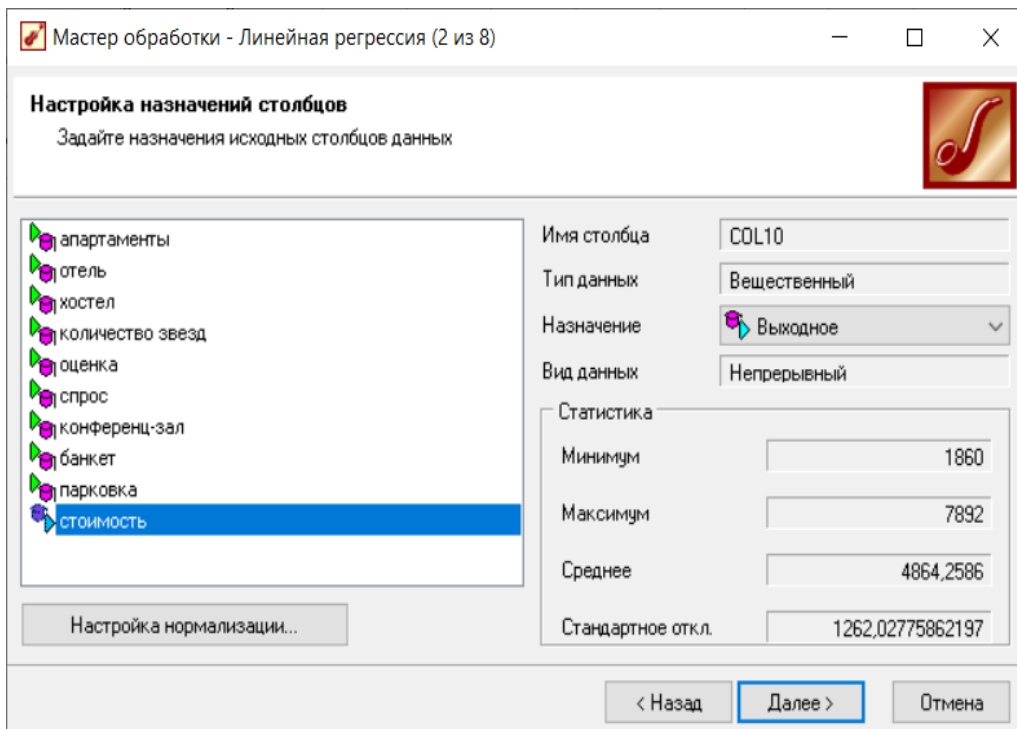


Рисунок 3 – Формирование входных и выходных параметров модели множественной регрессии

Регрессия "1"							
Множ. коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R ²	Скоррект. коэффициент детерминации	Стандартное отклонение	Размер выборки	Метод отбора переменных		
0,7076	0,5007	0,5003	36209,5762	9500	Полное включение		
Таблица дисперсионного анализа (ANOVA)							
Источник	Сумма квадратов, SS	Число степеней свободы, df	Средние квадраты, MS	F-критерий	Значимость		
Регрессия	12480840117506,5059	8	1560105014688,3132	1189,8904	0,0000		
Ошибки	12443967171587,4531	9491	1311133407,6059				
Сумма	24924807289093,9609	9499					
Коэффициенты регрессии							
	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t-критерий	Значимость	Доверительный интервал (95%)	
	Значение	Ошибка				Значение	Ошибка
(Константа)	59140,8815	123551,3548281,5318		Не определено	Не определено	-2421870852680,7271	2421870970962,4898
"апартаменты" (X0)	-16467,7986	123551,3548281,5318	0,0596	Не определено	Не определено	-2421870928289,4072	2421870895353,8101
"отель" (X1)	-16467,7986	123551,3548281,5318	-0,0172	Не определено	Не определено	-2421870928289,4072	2421870895353,8101
"хостел" (X2)	-39017,2849	123551,3548281,5318	-0,0707	Не определено	Не определено	-2421870950838,8936	2421870872804,3237
"количество звезд" (X3)	249,6436	0,0000	0,2805	Не определено	Не определено	249,6436	249,6436
"оценка" (X4)	499,7471	0,0000	0,9058	Не определено	Не определено	499,7471	499,7471
"спрос" (X5)	0,7920	0,0000	0,0183	Не определено	Не определено	0,7920	0,7920
"конференц-зал" (X6)	601,4758	0,0000	0,2383	Не определено	Не определено	601,4758	601,4758
"парковка" (X7)	98,7795	0,0000	0,0391	Не определено	Не определено	98,7795	98,7795

Рисунок 4 – Метрики регрессии для оценки стоимости номера в гостинице

Таким образом, сформированная модель множественной регрессии позволяет оценить стоимость номеров. Данная модель также помогает понять, как необходимо улучшить номер, чтобы правильно сформировать ценовую политику для всей сети гостиниц в целом.

Список литературы

1. Сеть отелей Marton [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <https://hotel-marton.ru/>.

2. Булгаков О.С., Ковалевский В.Н. Формализованный анализ функциональной полноты систем управления отелем // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России».– 2019.– №6.– С. 7.– Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_5bb080c048ca43cbb4ce4f6ab3b39947.pdf (Дата обращения 16.10.2020).

3. Демидова О.А., Малахов Д.И. Эконометрика. Учебник и практикум. - М.: Юрайт, 2018.– 336 с.

4. Аналитическая платформа Deductor [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <http://deductor.com.ua>.

Сведения об авторах

Булгаков Олег Сергеевич – магистрант 2 курса направления «Прикладная информатика», кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, email: fastomarko@rambler.ru.

Ковалевский Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, email: don-server@mail.ru.

About the authors

Bulgakov Oleg Sergeevich – 2nd year undergraduate student of the direction "Applied Informatics", Department of Information and Measuring Systems and Technologies, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, Novocherkassk, email: fastomarko@rambler.ru.

Kovalevskiy Vladimir Nikilaevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Measuring Systems and Technologies, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, Novocherkassk, email: reu-perm@yandex.ru.