

УДК 519.233.5:378.187

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДОВЛЕТВОРЁННОСТИ
СТУДЕНТОВ УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ В ОБЩЕЖИТИИ**

Зайцев А.А., Пономарева А.А., студенты гр. ИБс-231, III курс

Научный руководитель: Кузнецова А.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический

университет имени Т.Ф. Горбачёва

г. Кемерово

Математические методы всё активнее применяются для анализа социальных процессов в образовательной среде. Особенно это актуально для изучения условий проживания студентов, где удовлетворённость зависит от множества взаимосвязанных факторов. В данной работе представлена разработка математической модели, позволяющей исследовать влияние ключевых параметров условий проживания на общую удовлетворённость студентов общежитием.

Целью данной работы является исследовать влияние условий проживания на удовлетворённость студентов с помощью методов математической статистики [1] и построение регрессионной модели на основе анкетирования. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать анкету для оценки условий проживания студентов в общежитии.
2. Провести сбор данных методом анкетирования среди студентов.
3. Изучить, как различные факторы условий проживания влияют на общую удовлетворённость студентов.
4. Построить регрессионную модель и выявить наиболее значимые факторы удовлетворённости.

Для проведения исследования была разработана анкета, включающая вопросы по ключевым аспектам жизни в общежитии. Участникам предлагалось оценить по шкале от 1 до 5 следующие параметры: чистота в коридорах, качество интернета, уровень шума, температура в комнате, состояние кухни, прачечной, безопасность, удалённость от учебных корпусов, стоимость проживания относительно условий, а также работу старост и студенческого совета (СО-ОПр). В качестве зависимой переменной (Y) использовалась оценка «Порекомендовали бы общежитие первокурснику?» по той же шкале от 1 до 5.

Анкетирование было проведено среди 189 студентов, проживающих в общежитиях №3 и №4 Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачёва. Распределение по корпусам: общежитие №4 – 116 студентов (61,4%), общежитие №3 – 73 студентов (38,6%). В исследовании приняли участие студенты с 1 по 6 курс, преимущественно 1-го курса и 2-го курса (30,7% и 34,4%).

На основании собранных данных были рассчитаны средние значения по каждому параметру (таблица 1). После исключения анкет с пропущенными значениями в анализ вошли 188 наблюдений.

Таблица 1 — Средние оценки параметров условий проживания

Параметр	Средняя оценка (1–5)	n
Чистота в коридорах	3,78	189
Качество интернета	2,30	188
Уровень шума (соседи, коридор)	3,46	189
Температура в комнате	3,83	189
Кухня	3,90	189
Прачечная	2,76	189
Безопасность (замки, освещение, вахта)	4,33	189
Удалённость от учебных корпусов	3,59	189
Стоимость проживания относительно условий	3,72	189
Работа старост	4,35	189
Работа СООПр	3,71	189
Готовность рекомендовать (Y)	4,42	189

Наиболее высокие оценки получили: готовность рекомендовать общежитие (4,42), работа старост (4,35) и безопасность (4,33). Наиболее низкие оценки — качество интернета (2,30) и состояние прачечной (2,76), что указывает на проблемные зоны, требующие внимания администрации.

Для выявления связи между отдельными факторами и общей удовлетворённостью (Y) был рассчитан коэффициент линейной корреляции Пирсона r . [2] Результаты представлены в таблице 2.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

где x — оценка фактора, $\bar{x}$ — средняя оценка фактора, y — оценка готовность рекомендовать, $\bar{y}$ — средняя оценка готовности рекомендовать.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции Пирсона с переменной Y

Фактор	r (корреляция с Y)
Стоимость проживания относительно условий	0,536
Кухня	0,475
Работа старост	0,452
Безопасность	0,445
Прачечная	0,393
Удалённость от учебных корпусов	0,273
Чистота в коридорах	0,298
Работа СООПр	0,333
Уровень шума	0,183
Качество интернета	0,205
Температура в комнате	0,149

Наибольшую корреляцию с общей удовлетворённостью показали: стоимость проживания относительно условий ($r = 0,536$), оценка кухни ($r = 0,475$) и работа старост ($r = 0,452$). Наименьшую связь продемонстрировала температура в комнате ($r = 0,149$). Таким образом, студенты в первую очередь ориентируются на соотношение цены и качества, а также на бытовую инфраструктуру при формировании общего впечатления об общежитии.

Коэффициенты регрессионной модели определялись методом наименьших квадратов (МНК) [3]. Смысл метода: подобрать такие коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 , чтобы сумма квадратов ошибок между реальными оценками студентов y_i и предсказанными $\hat{y}_i$ была минимальной:

$$S = (y_1 - \hat{y}_1)^2 + (y_2 - \hat{y}_2)^2 + \dots + (y_{188} - \hat{y}_{188})^2 \rightarrow \min$$

Для этого составляется матрица X из данных опроса – 188 строк (по числу студентов) и 4 столбца: столбец единиц (для константы b_0), оценки стоимости x_1 , оценки кухни x_2 и оценки работы старост x_3 :

Студент	1 (для b_0)	x_1 (стоимость)	x_2 (кухни)	x_3 (старосты)	Y
1	1	2	4	1	5
2	1	4	5	2	4
3	1	2	2	3	3
...	...	...	...	...	...
188	1	4	3	188	5

Математически задача сводится к решению системы нормальных уравнений МНК. Она записывается в матричной форме как [4]:

$$b = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y$$

где X^T – транспонированная матрица X , Y – вектор ответов студентов. Вычислим матрицу $X^T X$ и вектор $X^T Y$, подставив данные опроса.

Для дальнейших расчётов необходимо составить матрицу $X^T X$ размером 4×4 , где каждый элемент представляет собой скалярное произведение соответствующих столбцов исходной матрицы X , вычисленное по всей выборке из 188 наблюдений:

	$b_0 (1)$	$b_1 (x_1)$	$b_2 (x_2)$	$b_3 (x_3)$
$b_0 (1)$	188	700	736	818
$b_1 (x_1)$	700	2910	2805	3137
$b_2 (x_2)$	736	2805	3122	3267
$b_3 (x_3)$	818	3137	3267	3788

Поясним содержание ключевых элементов: диагональный элемент 188 равен числу участников опроса; значение 700 получено суммированием всех индивидуальных оценок стоимости проживания; элемент 2910 — это сумма квадратов тех же оценок стоимости по выборке.

Аналогичным образом формируется вектор $X^T Y$, элементы которого равны суммам попарных произведений каждого столбца матрицы X на значения вектора откликов Y :

Элемент	Что считается	Значение
$X^T Y_0$	$\sum y_i$ (сумма всех Y)	832
$X^T Y_1$	$\sum x_{1i} \cdot y_i$ (стоимость $\times Y$)	3215
$X^T Y_2$	$\sum x_{2i} \cdot y_i$ (кухня $\times Y$)	3348
$X^T Y_3$	$\sum x_{3i} \cdot y_i$ (старосты $\times Y$)	3706

После подстановки числовых значений задача сводится к решению системы четырёх линейных уравнений с четырьмя неизвестными b_0, b_1, b_2, b_3 :

- 1) $188 \times b_0 + 700 \times b_1 + 736 \times b_2 + 818 \times b_3 = 832$
- 2) $700 \times b_0 + 2910 \times b_1 + 2805 \times b_2 + 3137 \times b_3 = 3215$
- 3) $736 \times b_0 + 2805 \times b_1 + 3122 \times b_2 + 3267 \times b_3 = 3348$
- 4) $818 \times b_0 + 3137 \times b_1 + 3267 \times b_2 + 3788 \times b_3 = 3706$

Полученная система решается методом Гаусса: на каждом шаге из текущей строки вычитается предыдущая, умноженная на соответствующий множитель, что позволяет последовательно обнулить все коэффициенты ниже главной диагонали.

Шаг 1. Устраняем b_0 из уравнений (2), (3), (4)

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 188 & 700 & 736 & 818 & 832 \\ 0 & 303,617 & 64,574 & 91,255 & 116,277 \\ 0 & 64,574 & 241,149 & 64,021 & 90,809 \\ 0 & 91,255 & 64,021 & 227,404 & 85,404 \end{array} \right)$$

Шаг 2. Устраняем b_1 из уравнений (3) и (4)

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 188 & 700 & 736 & 818 & 832 \\ 0 & 303,617 & 64,574 & 91,255 & 116,277 \\ 0 & 0 & 227,414 & 44,612 & 66,080 \\ 0 & 0 & 44,612 & 199,978 & 50,458 \end{array} \right)$$

Шаг 3. Устраняем b_2 из уравнения (4)

$$\begin{pmatrix} 188 & 700 & 736 & 881 & | & 832 \\ 0 & 303,617 & 64,574 & 91,255 & | & 117,128 \\ 0 & 0 & 227,414 & 44,612 & | & 66,080 \\ 0 & 0 & 0 & 191,226 & | & 37,494 \end{pmatrix}$$

Из четвертого уравнения находим b_3 :

$$191,226 \cdot b_3 = 37,494$$

$$b_3 \approx \frac{37,494}{191,226} \approx 0,19607$$

Из третьего уравнения определяем b_2 :

$$227,414 \cdot b_2 + 44,612 \cdot b_3 = 66,080$$

$$b_2 \approx \frac{66,080 - 44,612 \cdot b_3}{227,414} = \frac{66,080 - 44,612 \cdot 0,19607}{227,414} \approx 0,25210$$

Из второго уравнения вычисляем b_1 :

$$303,617 \cdot b_1 + 64,574 \cdot b_2 + 91,255 \cdot b_3 = 116,277$$

$$b_1 \approx \frac{116,277 - 64,574 \cdot b_2 - 91,255 \cdot b_3}{303,617} \approx$$

$$\approx \frac{116,277 - 64,574 \cdot 0,25210 - 91,255 \cdot 0,19607}{303,617} \approx 0,27044$$

Из первого уравнения находим свободный член b_0 :

$$188 \cdot b_0 + 700 \cdot b_1 + 736 \cdot b_2 + 818 \cdot b_3 = 832$$

$$b_0 \approx \frac{832 - 700 \cdot b_1 - 736 \cdot b_2 - 818 \cdot b_3}{188} =$$

$$= \frac{832 - 700 \cdot 0,27044 - 736 \cdot 0,25210 - 818 \cdot 0,19607}{188} = 1,57857$$

Итогом вычислений стала линейная регрессионная модель, связывающая интегральную оценку удовлетворённости Y с тремя отобранными предикторами — стоимостью проживания (x_1), состоянием кухни (x_2) и работой старост (x_3):

$$Y = 0,270 \cdot x_1 + 0,252 \cdot x_2 + 0,196 \cdot x_3 + 1,579$$

где Y — прогнозируемая готовность рекомендовать общежитие (от 1 до 5);
 x_1 — оценка стоимости проживания относительно условий; x_2 — оценка кухни;
 x_3 — оценка работы старост.

Интерпретация полученных коэффициентов показывает следующее. Самым значимым показателем является переменная стоимости проживания относительно условий (+0,252). Т.е. соотношение «цена - качество» для студентов является главным критерием, если оценивать общежитие в целом. Далее чуть менее значимый вклад вносит оценка кухни (+0,252). Кухню студенты используют ежедневно и поэтому это напрямую влияет на комфорт проживания в общежитии. Оценка работы старост (+0,196) показывает на сколько важно это пространство используется ежедневно, и его состояние напрямую влияет на комфорт проживания. Коэффициент при оценке старост (+0,196) фиксирует, насколько важна связь с руководством и показывает оперативное решение бытовых вопросов.

Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности администрации общежития при планировании мероприятий по улучшению условий проживания. Предложенный подход может быть применён и к другим общежитиям при наличии аналогичных данных.

Список литературы:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. – 12-е изд. — М.: Высшая школа, 2006. – 479 с.
2. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: учебник. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.
3. Боровиков В.П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
4. Тихомиров Н.П., Дорохина Е.Ю. Эконометрика: учебник. — М.: Экзамен, 2003. – 512 с.
5. Студенческий быт и условия проживания в вузах России: аналитический обзор // Вопросы образования. – 2021. – №2. – С. 45–67.