

Ю. И. Мамаева, А. Н. Лапута,
студенты III курса Института бизнеса БГУ
Научный руководитель:
старший преподаватель
Е. А. Чудинова

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РАСХОДОВ IOT НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Одним из важнейших направлений цифрового развития экономики является прогрессивный рост технологий – «Интернет Вещей».

В современном мире рост использования интернета вещей (IoT) стал значительным фактором в изменении потребительского поведения и расходов на мировом рынке.

Актуальность данной темы заключается в необходимости понимания влияния интернета вещей (IoT) на потребительские расходы на мировом рынке. Эконометрическое моделирование позволяет выявить основные факторы, влияющие на поведение потребителей в отношении продуктов IoT, что имеет прямое отражение на экономическую деятельность и бизнес-стратегии компаний. Понимание этих факторов помогает бизнесам адаптировать свои стратегии и продукты к требованиям рынка, оптимизировать производственные процессы и улучшить конкурентоспособность на мировом уровне.

«Интернет Вещей» – это вычислительная сеть физических объектов, оснащенных встроенными технологиями сбора и передачи информации в совокупности с устройствами и технологиями хранения и интеллектуальной обработки информации, а также устройствами и алгоритмами генерации управляющих воздействий как на части системы, так и глобальных.

IoT технологии позволяют устройствам взаимодействовать между собой и с пользователями, что приводит к увеличению удобства, эффективности и персонализации потребительского опыта.

Эконометрическое моделирование – это процесс, при котором математические модели применяются для описания экономических данных. Эти модели могут быть использованы для предсказания будущих тенденций или для анализа влияния различных факторов на определенный экономический показатель.

Целью данной работы является исследование и оценка факторов, влияющих на потребительские расходы на продукты и услуги в области интернета вещей (IoT) на мировом рынке. Для достижения этой цели будет использован метод эконометрического моделирования.

Для исследования был использован прикладной программный пакет для эконометрического анализа – Gretl.

Для анализа был взят временной диапазон с 2015 по 2023 гг. (рис. 1).

Год	X1	X2	X3	X4	X5	Y
	Интернет-пользователи (млн.)	Количество пользователей смартфонов (млн.)	Широкополосный интернет Средняя загрузка (Кбит/с)	ВВП на душу населения (ППС) (S)	Мировые потребительские расходы на душу населения(млн. S)	Потребительские расходы на умные дома (млн. S)
2015	3004,00	1220,00	2000,00	15108,00	42158816,00	51000,00
2016	3423,00	1430,00	6800,00	15536,00	43143940,00	61000,00
2017	3679,00	1660,00	7410,00	16186,00	45596250,00	74000,00
2018	3977,00	1940,00	9140,00	16991,00	48031763,00	83000,00
2019	4335,00	2270,00	11030,00	17720,00	48776949,00	95000,00
2020	4627,00	2670,00	24830,00	17364,00	46597788,00	86000,00
2021	4962,00	3100,00	29790,00	19069,00	52487256,00	123000,00
2022	5060,00	3620,00	35980,00	20946,00	54951871,00	134000,00
2023	5158,00	4250,00	45600,00	22338,00	57714509,00	147000,00

Рис. 1. Временной диапазон с 2015 по 2023 гг.

Эндогенной переменной (y) являются «Потребительские расходы на умные дома» (в млн. долл. США). В качестве экзогенных (x) переменных были выбраны следующие:

- x_1 – интернет-пользователи (в млн.)
- x_2 – количество пользователей смартфонов (в млн.)
- x_3 – широкополосный интернет. Средняя загрузка (в кбит/с)
- x_4 – ВВП на душу населения (в долларах по ППС)
- x_5 – мировые потребительские расходы на душу населения (в млн. долл. США)

Была построена модель 1 с использованием всех пяти регрессоров.

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	-210532	47998,8	-4,386	0,0219 **
X1	11,1071	5,58084	1,990	0,1407
X2	-16,9855	18,5748	-0,9144	0,4279
X3	0,695930	0,680243	1,023	0,3816
X4	3,33400	5,61179	0,5941	0,5943
X5	0,00465397	0,00167668	2,776	0,0652 *

Среднее завис. перемен 94888,89 Ст. откл. завис. перемен 33103,79
Сумма кв. остатков 33303414 Ст. ошибка модели 3331,837
R-квадрат 0,996201 Исправ. R-квадрат 0,989870
F(5, 3) 157,3458 P-значение (F) 0,000792
Лог. правдоподобие -80,82820 Крит. Акаике 173,6564
Крит. Шварца 174,8398 Крит. Хеннана-Куинна 171,1027
параметр rho -0,600571 Стат. Дарбина-Уотсона 3,175595
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Исключая константу, наибольшее p-значение получено для переменной 4 (X4)

Рис. 2. Построение модели 1 (с 5 регрессорами)

После анализа представленной эконометрической модели и оценки значений коэффициентов, стандартных ошибок, t-статистики и p-значений, можно сделать вывод, что модель не обладает статистической значимостью. Большинство переменных (X_1 , X_2 , X_3 , и X_4) не показывают статистической значимости на принятых уровнях (1 %, 5 %, 10 %). Хотя переменная X_5 имеет p-значение, близкое к уровню значимости 10 %, это недостаточно для признания модели значимой.

Исходя из этого, была построена итоговая модель 2 с двумя переменными X_1 и X_5 , которые могут оказать более значимое влияние на зависимую переменную. Это позволит улучшить качество модели.

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	-186951	11948,5	-15,65	4,32e-06 ***
X1	9,73533	3,23826	3,006	0,0238 **
X5	0,00492521	0,000474112	10,39	4,66e-05 ***

Среднее завис. перемен 94888,89 Ст. откл. завис. перемен 33103,79
Сумма кв. остатков 48411459 Ст. ошибка модели 2840,524
R-квадрат 0,994478 Исправ. R-квадрат 0,992637
F(2, 6) 540,2736 P-значение (F) 1,68e-07
Лог. правдоподобие -82,51155 Крит. Акаике 171,0231
Крит. Шварца 171,6148 Крит. Хеннана-Куинна 169,7463

Рис. 3. Построение модели 2 (с 2 регрессорами) с применением теста Вальда

Коэффициенты для этих переменных составили 9,73533 и 0,00492521 соответственно. Константа модели составила – 186951. R-квадрат для этой модели составил 0,994478, что указывает на хорошее качество модели.

Тест Вайта на гетероскедастичность показал, что гетероскедастичность отсутствует ($LM = 3,60402$, p -значение = 0,60771).

Все проведенные тесты (тест Рамсея (RESET) на адекватность спецификации, тесты на нелинейность, тест на нормальное распределение ошибок, тесты на гетероскедастичность и тест на наличие автокорреляции) не отвергли соответствующие нулевые гипотезы, что говорит о хорошем качестве модели. Модель хорошо специфицирована, так как остатки имеют нормальное распределение.

Гетероскедастичность показывает, что дисперсия ошибок модели не является постоянной. Это может привести к неэффективным и смещенным оценкам коэффициентов МНК. Эти тесты проверяют наличие неоднородности дисперсий ошибок модели.

Автокорреляция. В данном случае, тестовая статистика LM равна 0,00115983, а p -value для LM равно 0,97321. В данном случае p -value больше 0,05, поэтому мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу, и, следовательно, нет оснований полагать, что в данных присутствует автокорреляция.

Таким образом, мы составили уравнение регрессии

$$Y = -186951 + 9,74 \times X1 + 0,005 \times X5$$

Это уравнение показывает, как потребительские расходы на умные дома (IoT) на мировом рынке (y) зависят от количества интернет-пользователей ($X1$) и мировых потребительских расходов на душу населения ($X5$).

Выводы по результатам эконометрического анализа потребительских расходов на умные дома (IoT) на мировом рынке, следующие:

1. Переменные $X2$ (количество пользователей смартфонов), $X3$ (широкополосный интернет, средняя загрузка) и $X4$ (ВВП на душу населения) были исключены из модели из-за высоких p -значений (0,482, 0,454 и 0,594 соответственно), что указывает на их статистическую незначимость.

2. Итоговая модель включает в себя две переменные: $X1$ (интернет-пользователи) и $X5$ (мировые потребительские расходы на душу населения). Обе переменные имеют значимые коэффициенты при уровне значимости 0,05 (p -значения 0,0238 и 4,66e-05 соответственно).

3. Модель объясняет 99,4 % вариации зависимой переменной Y (R -квадрат = 0,994478), что говорит о высокой степени адекватности модели.

4. Тесты Рамсея (RESET) на нелинейность и на нормальное распределение ошибок не отвергают нулевые гипотезы, что указывает на адекватность спецификации модели, линейность зависимости и нормальность распределения ошибок.

5. Тесты Вайта и Бройша-Пагана на гетероскедастичность также не отвергают нулевые гипотезы, что указывает на отсутствие гетероскедастичности.

6. LM тест на наличие автокорреляции до порядка 1 также не отвергает нулевую гипотезу, что указывает на отсутствие автокорреляции.

Таким образом, модель является адекватной и хорошо объясняет потребительские расходы на IoT на мировом рынке.

Основываясь на этой модели, можно сделать вывод, что потребительские расходы на умные дома на мировом рынке в значительной степени определяются:

- количеством интернет-пользователей,
- мировыми потребительскими расходами на душу населения.

Это может быть полезным для компаний, работающих в сфере IoT, при планировании своих маркетинговых стратегий.

Список использованных источников

Агаларов, З. С. Эконометрика : учебник / З. С. Агаларов, А. И. Орлов. – 2-е изд. – М. : Дашков и К, 2023. – 380 с.

Бородич, С. А. Эконометрика. Практикум : учебное пособие / С. А. Бородич. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 329 с.

Рожков, И. М. Эконометрика. Продвинутый курс для начинающих исследователей. Раздел «Случайные величины и законы их распределения. Проверка статистических гипотез» : курс лекций / И. М. Рожков. – М. : НИТУ «МИСиС», 2023. – 125 с.