

Пяткина Д.А.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦЕН НА РЫНКЕ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена анализу ситуации на рынке мобильных телефонов с точки зрения эконометрического моделирования. В статье подробно рассматриваются все этапы построения моделей такого типа, обсуждаются аспекты их качественных характеристик. Также подробно рассматривается, как делать выводы из численных результатов моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Эконометрическая модель, нормальное распределение, гетероскедастичность, анализ остатков, прогнозирования, спецификация модели, гистограмма, рынок мобильных телефонов.

Ryatkina D.A.

RUDN University, Moscow, Russia

METHODOLOGY OF ECONOMETRIC MODELING OF PRICES FOR CELLULAR PHONE MARKET

ABSTRACT

The article analyzes the situation in the mobile phone market in terms of econometric modeling. The article discusses in detail all the stages of construction of models of the type and discussed aspects of their quality characteristics. Also discussed in detail how to draw conclusions from the results of numerical modeling.

KEYWORDS

Econometric model, normal distribution, heteroscedasticity, residue analysis, forecasting, model specification, the histogram, the mobile phone market.

Введение

Сотовые телефоны относятся к наиболее активно используемому населением телекоммуникационному оборудованию. Изучение ценообразования на сотовые телефоны позволяет выявить, какие технические особенности ценятся рынком, а какие не позволяют повысить цену на мобильные устройства. Мы используем гедонический подход к анализу цен на мобильные телефоны, в котором цена рассматривается как функция характеристик. Вся работа проделана на учебных данных и имеет чисто методическую направленность.

В особенности, мы хотели бы проверить следующие гипотезы:

- емкость аккумулятора (battery) значимо влияет на цену мобильного телефона;
- поддержка wi-fi значимо влияет на цену мобильного телефона;
- на рынке существует ценовая премия за определенные бренды (т.е. при одинаковых характеристиках телефоны одних марок стоят дороже других).

Данные

Для анализа были собраны данные о ценах и характеристиках 170 мобильных телефонов (не смартфонов), которые предлагались на соответствующем рынке в Санкт-Петербурге. Большая часть информации была собрана посредством сервиса «Яндекс.Маркет», однако для сбора дополнительных данных о характеристиках мобильных телефонов использовались также ряд других интернет-ресурсов. Стоит сразу оговориться, что не все из 170 собранных наблюдений были использованы в дальнейшем анализе. Так, в целях получения более достоверных оценок, было принято решение изначально не включать в дальнейший анализ телефоны линейки Nokia 8*00, телефоны марки BB-mobile, а также ряд телефонов с так называемым защищенным (ударопрочным

и водостойким) корпусом. Исключение из анализа телефонов линейки 8*00 было обусловлено тем, что данные мобильные телефоны, как известно, позиционируются на рынке как телефоны класса «люкс». Корпус таких телефонов, как правило, выполнен из дорогостоящих материалов, а сами модели телефонов представляют собой ограниченные эксклюзивные серии. К сожалению, у нас нет достаточной информации, чтобы учесть в анализе степень дороговизны материала корпуса и эксклюзивности модели, как фактор различия в ценах на такие телефоны. К моделям подобного рода можно отнести и ряд телефонов других брендов, например, Vertu, однако изначально в нашу выборку попали изначально лишь телефоны Nokia линейки 8*00. По похожим причинам были исключены из дальнейшего анализа телефоны марки BB-mobile и телефоны с защищенным корпусом. Особенность телефонов марки BB-mobile является то, что они предназначены по своему функционалу для специальных групп населения (как правило, пожилые люди и дети). Так, в ряде подобных телефонов реализован набор функций для удаленной настройки аппаратов близкими людьми владельца, а также для контроля над состоянием его здоровья. Наличие такого рода важных для безопасности пользователя функций, безусловно, сказывается на цене мобильного аппарата, но, к сожалению, у нас нет возможности достоверно учесть их влияние на цену. Что касается телефонов с защищенным корпусом, то сюда попали ударопрочные и водостойкие телефоны нескольких компаний. Цена на такие аппараты сильно варьируется в зависимости от эксклюзивности и уровня защиты мобильного аппарата. Оценить истинное влияние таких параметров на итоговую цену мобильного телефона также представляется достаточно проблематичным по причине сложности сбора необходимой информации.

Таким образом, в выборке было решено оставить 140 уникальных наблюдений, которые и использовались для дальнейшего анализа. Ниже представлена общая статистика по всем переменным, которые в той или иной степени использовались в дальнейшем анализе.

Таблица 1. Описание переменных

Название переменной	Описание
id	номер наблюдения в выборке
price	средняя цена телефона
nokia	телефон марки Nokia (1-да;0-нет)
samsung	телефон марки Samsung (1-да;0-нет)
philips	телефон марки Philips (1-да;0-нет)
alcatel	телефон марки Alcatel (1-да;0-нет)
fly	телефон марки Fly (1-да;0-нет)
explay	телефон марки Explay (1-да;0-нет)
others	телефон любой из марок, кроме Nokia, Samsung, Philips, Alcatel, Fly, Explay (1-да;0-нет)
gsm_1900	поддержка стандарта GSM 900/1800/1900 (1-да;0-нет)
flip	форм-фактор телефона "раскладушка" (1-да;0-нет)
slider	форм-фактор телефона "слайдер" (1-да;0-нет)
aluminium	в корпусе присутствует алюминий (1-да;0-нет)
steel_metall	в корпусе присутствует сталь или металл (1-да;0-нет)
diagonal	диагональ дисплея (в дюймах)
color_disp	наличие цветного дисплея (1-да;0-нет)
colors_262	количество поддерживаемых дисплеем цветов примерно равно 262 тысячам (1-да;0-нет)
colors_17000	количество поддерживаемых дисплеем цветов примерно равно 17 млн (1-да;0-нет)
touchscreen	наличие сенсорного экрана (1-да;0-нет)
camera	наличие встроенной фотокамеры (1-да;0-нет)
m_pixels	количество мегапикселей фотокамеры
video	поддержка видеосъемки (1-да;0-нет)
front_cam	наличие фронтальной фотокамеры (1-да;0-нет)
card_slot	наличие слота для карт памяти (1-да;0-нет)
_3g	поддержка 3G технологии (1-да;0-нет)
wifi	поддержка Wi-Fi (1-да;0-нет)
bluetooth	поддержка bluetooth (1-да;0-нет)
gps	наличие GPS-модуля (1-да;0-нет)
vibration	наличие вибровозвонка (1-да;0-нет)

polyphony	наличие полифонии (1-да;0-нет)
mp3	поддержка формата mp3 (1-да;0-нет)
fm_radio	наличие FM-радио (1-да;0-нет)
dictaphone	наличие диктофона (1-да;0-нет)
internet	наличие доступа в интернет (1-да;0-нет)
java	поддержка java-приложений (1-да;0-нет)
battery	емкость аккумулятора (мА*ч)
dual_sim	поддержка двух сим-карт (1-да;0-нет)
three_sim	поддержка трех сим-карт (1-да;0-нет)
multi_sim	поддержка нескольких сим-карт (1-да;0-нет)
weight	вес телефона (г)
width	толщина корпуса (мм)

Описательный анализ

В EViews вывели описательные статистики для всех переменных, участвующих в анализе.

Таблица 2.

	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Jarque-Bera	Probability
DUAL_SIM	0.586	1.000	1.000	0.000	0.494	23.419	0.000
CAMERA	0.764	1.000	1.000	0.000	0.426	37.363	0.000
CARD_SLOT	0.843	1.000	1.000	0.000	0.365	96.851	0.000
COLORS_17000	0.079	0.000	1.000	0.000	0.270	585.002	0.000
COLOR_DISP	0.971	1.000	1.000	0.000	0.167	6007.652	0.000
COLORS_262	0.557	1.000	1.000	0.000	0.499	23.350	0.000
DIAGONAL	2.254	2.400	4.000	1.300	0.470	20.466	0.000
DIAGONAL2	5.299	5.760	16.000	1.690	2.300	144.496	0.000
DICTAPHONE	0.679	1.000	1.000	0.000	0.469	25.328	0.000
BLUETOOTH	0.779	1.000	1.000	0.000	0.417	42.245	0.000
BATTERY	1056.429	1000.000	3000.000	320.000	440.949	428.069	0.000
ALUMINIUM	0.043	0.000	1.000	0.000	0.203	2445.726	0.000
FLIP	0.086	0.000	1.000	0.000	0.281	471.012	0.000
FM_RADIO	0.893	1.000	1.000	0.000	0.310	266.266	0.000
FRONT_CAM	0.021	0.000	1.000	0.000	0.145	11157.360	0.000
GPS	0.036	0.000	1.000	0.000	0.186	3679.977	0.000
GSM_1900	0.479	0.000	1.000	0.000	0.501	23.334	0.000
INTERNET	0.743	1.000	1.000	0.000	0.439	32.231	0.000
JAVA	0.443	0.000	1.000	0.000	0.499	23.350	0.000
MP3	0.886	1.000	1.000	0.000	0.319	224.951	0.000
MULTI_SIM	0.650	1.000	1.000	0.000	0.479	24.246	0.000
POLYPHONY	0.943	1.000	1.000	0.000	0.233	1260.066	0.000
SLIDER	0.043	0.000	1.000	0.000	0.203	2445.726	0.000
STEEL_METAL	0.114	0.000	1.000	0.000	0.319	224.951	0.000
THREE_SIM	0.064	0.000	1.000	0.000	0.246	953.003	0.000
TOUCHSCREEN	0.129	0.000	1.000	0.000	0.336	164.843	0.000
VIBRATION	0.943	1.000	1.000	0.000	0.233	1260.066	0.000
VIDEO	0.750	1.000	1.000	0.000	0.435	33.704	0.000
WEIGHT	92.800	94.000	161.000	38.000	19.497	9.118	0.010
WIDTH	50.613	49.900	62.500	39.000	5.030	10.509	0.005
WIFI	0.1	0	1	0	0.301	318.313	0

Описательный анализ позволил проверить данные на наличие выбросов и технических ошибок: нигде минимальные и максимальные показатели не выходят за разумные для

соответствующей переменной пределы. Стоит отметить, что для всех переменных гипотеза о нормальности распределения по тесту Jarque-Bera отклоняется на 1% уровне значимости.

Отдельно рассмотрим описательные статистики для зависимой переменной (цена телефона):

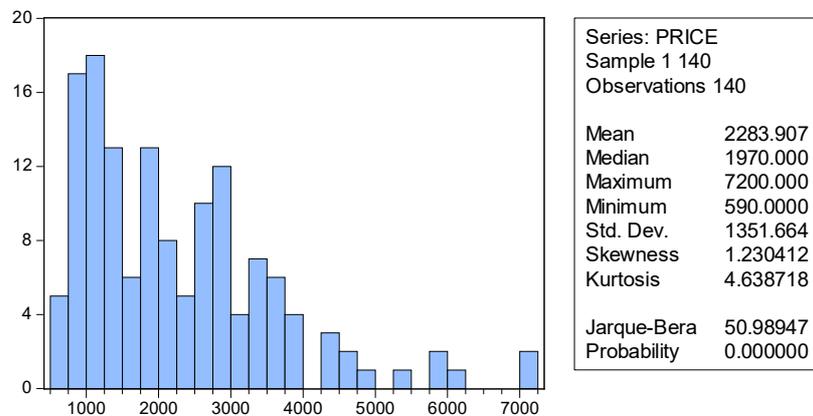


Рис.1.

Цена имеет довольно заметную положительную асимметрию, нормальность ее распределения можно отвергнуть на любом стандартном уровне значимости по результатам теста Jarque-Bera. Тот факт, что все переменные имеют отличное от нормального распределение никак не мешает проведению регрессионного анализа при условии, что остатки регрессии будут иметь нормальное распределение.

Мы используем логарифмическое преобразование переменной Price (цена), поскольку:

1. В нашу регрессию будут включены дихотомические переменные для марок телефона, а логарифмирование зависимой переменной дает возможность интерпретации коэффициентов перед бинарными переменными в терминах процентных премий, которые характерны для каждой марки. В случае других дихотомических регрессоров также, по нашему мнению, более корректна интерпретация типа: «наличие фотокамеры повышает цену в среднем на% при прочих равных условиях»;
2. Логарифмирование зависимой переменной приближает ее распределение к нормальному (p -value теста Jarque-Bera=0,162, поэтому гипотеза о нормальности не отвергается на любом уровне значимости, не превышающем 16,2%):

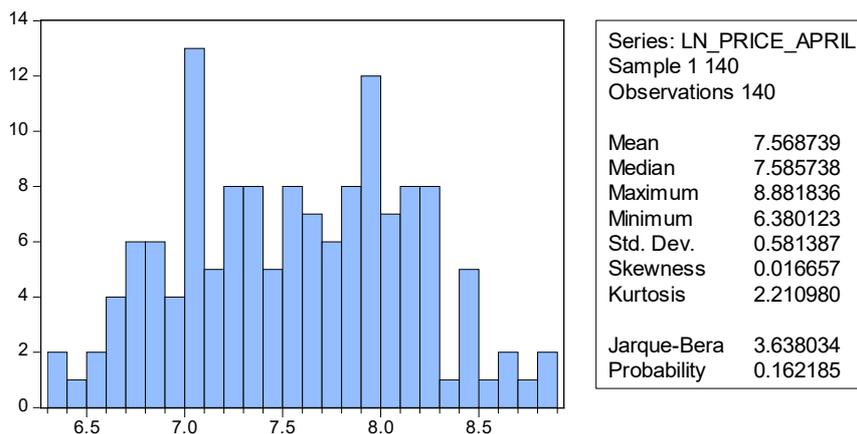


Рис.2.

Корреляционный анализ позволит нам обратить внимание на те переменные, которые имеют максимально высокую корреляцию с логарифмом цены, а значит, в первую очередь претендуют на включение в модель. Поскольку потенциальных регрессоров очень много, мы не приводим диаграммы рассеяния. Для удобства презентации мы вывели корреляции и их значимости списком:

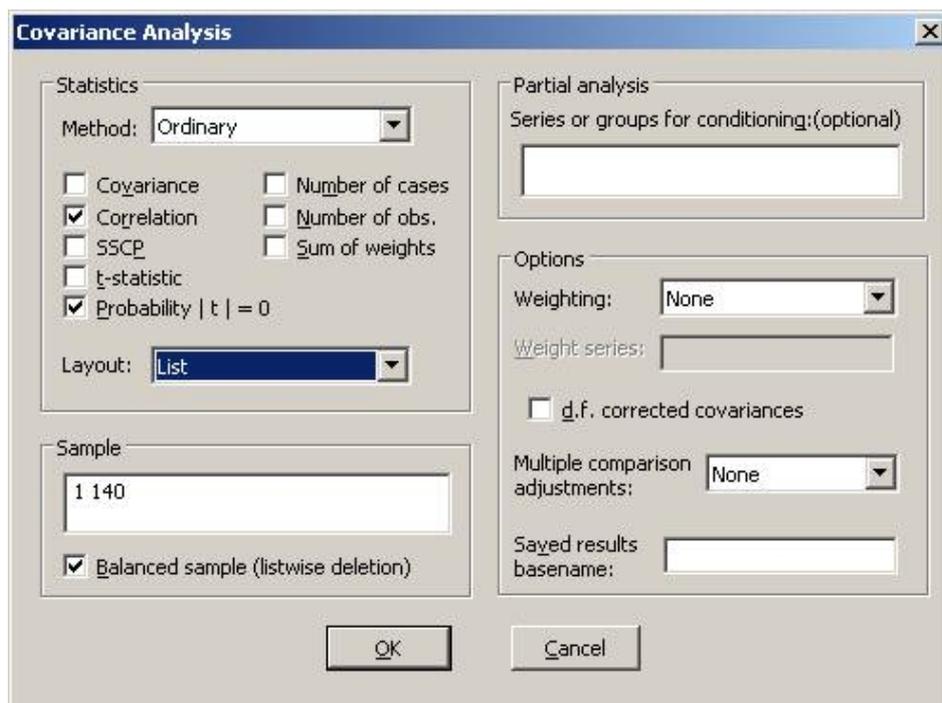


Рис.3. Вывод корреляционной матрицы

Затем отформатировали таблицу в Excel и отобрали только корреляции, превышающие по модулю 0,4 (умеренно сильные и сильные). Это дало нам информацию как о потенциальных объясняющих переменных, так и о возможных источниках мультиколлинеарности (сильной линейной взаимосвязи между регрессорами).

Таблица 3.

		Correlation	Probability
VIDEO	CAMERA	0.961891	0.000
MULTI_SIM	DUAL_SIM	0.87251	0.000
MP3	CARD_SLOT	0.770226	0.000
M_PIXELS	LN_PRICE	0.753326	0.000
WIDTH	DIAGONAL	0.724641	0.000
POLYPHONY	MP3	0.685344	0.000
TOUCHSCREEN	DIAGONAL	0.639825	0.000
WEIGHT	LN_PRICE	0.603967	0.000
INTERNET	CARD_SLOT	0.599179	0.000
INTERNET	CAMERA	0.597369	0.000
JAVA	LN_PRICE	0.594782	0.000
CARD_SLOT	CAMERA	0.592545	0.000
WEIGHT	DIAGONAL	0.589849	0.000
M_PIXELS	GPS	0.579789	0.000
INTERNET	LN_PRICE	0.576389	0.000
POLYPHONY	CARD_SLOT	0.570148	0.000
VIDEO	CARD_SLOT	0.566575	0.000
VIDEO	INTERNET	0.566139	0.000
INTERNET	DIAGONAL	0.565327	0.000
DIAGONAL	CAMERA	0.560834	0.000

MP3	INTERNET	0.559173	0.000
VIDEO	DIAGONAL	0.553545	0.000
MP3	CAMERA	0.541032	0.000
INTERNET	DICTAPHONE	0.539906	0.000
M_PIXELS	JAVA	0.53727	0.000
VIDEO	M_PIXELS	0.528184	0.000
JAVA	INTERNET	0.524545	0.000
VIDEO	MP3	0.518476	0.000
M_PIXELS	CAMERA	0.514064	0.000
WIFI	TOUCHSCREEN	0.512148	0.000
WEIGHT	M_PIXELS	0.508944	0.000
CAMERA	LN_PRICE	0.505575	0.000
WEIGHT	INTERNET	0.503736	0.000
DICTAPHONE	CARD_SLOT	0.501298	0.000
DIAGONAL	CARD_SLOT	0.487372	0.000
VIDEO	LN_PRICE	0.485576	0.000
WIFI	DIAGONAL	0.480605	0.000
MP3	COLOR_DISP	0.477432	0.000
MP3	DICTAPHONE	0.473849	0.000
M_PIXELS	INTERNET	0.472408	0.000
WIDTH	TOUCHSCREEN	0.470384	0.000
JAVA	CAMERA	0.461244	0.000
WEIGHT	CAMERA	0.455125	0.000
WEIGHT	VIDEO	0.450874	0.000
VIDEO	DICTAPHONE	0.450341	0.000
VIDEO	JAVA	0.448322	0.000
DICTAPHONE	CAMERA	0.446563	0.000
DIAGONAL	LN_PRICE	0.444546	0.000
DICTAPHONE	DIAGONAL	0.443602	0.000
M_PIXELS	DIAGONAL	0.43762	0.000
MP3	DIAGONAL	0.432542	0.000
WIFI	M_PIXELS	0.429283	0.000
POLYPHONY	INTERNET	0.418431	0.000
WIFI	WIDTH	0.415803	0.000
WIDTH	WEIGHT	0.404695	0.000

Все корреляции, по модулю превышающие 0,4 (а такими оказались только положительные корреляции), значимы на 1% уровне значимости. Наиболее тесно коррелированными с логарифмом цены оказались количество мегапикселей фотокамеры, вес, поддержка Java, возможность доступа к Интернету, наличие камеры, видео и диагональ мобильного телефона. Поскольку количество мегапикселей доступно только для телефонов, имеющих фотокамеру (а это 76% всех наблюдений), не совсем корректно включать эту переменную в регрессию.

Чтобы избежать мультиколлинеарности нежелательно включать одновременно в качестве регрессоров наличие возможности снимать видео (video) и наличие фотокамеры (camera), т.к. они почти всегда идут вместе и будет неясно, что влияет сильнее (коэф-т корреляции=0,962).

Поддержка MP-3 соседствует с поддержкой карт памяти (коэф-т корреляции=0,77), а толщина телефона пропорциональна его диагонали (коэф-т корреляции=0,72).

Регрессионный анализ и прогнозирование

Для начала мы включили в качестве регрессоров только те переменные, с которыми логарифм цены коррелирует наиболее сильно.

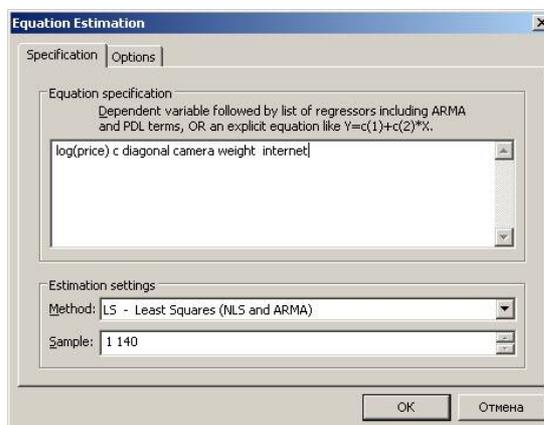


Рис.4. Построение уравнения в Eviews

Таблица 4.

DependentVariable: LOG(PRICE)
 Method: LeastSquares
 Date: 09/19/14 Time: 19:59
 Sample: 1 140
 Includedobservations: 140

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.137595	0.210653	29.13604	0.0000
DIAGONAL	-0.083799	0.107047	-0.782829	0.4351
CAMERA	0.239543	0.112504	2.129202	0.0351
WEIGHT	0.012275	0.002377	5.164209	0.0000
INTERNET	0.400872	0.111453	3.596790	0.0005
R-squared	0.481597	Meandependentvar		7.568739
Adjusted R-squared	0.466237	S.D. dependentvar		0.581387
S.E. of regression	0.424756	Akaikeinfocriterion		1.160456
Sumsquaredresid	24.35637	Schwarzcriterion		1.265515
Loglikelihood	-76.23195	Hannan-Quinn criter.		1.203149
F-statistic	31.35379	Durbin-Watsonstat		2.256549
Prob(F-statistic)	0.000000			

Примечательно, что диагональ не оказывает значимого влияния, когда включен вес телефона. Мы считаем, что это может быть связано со смещением из-за пропуска некоторых переменных. И действительно, включив wi-fi емкость батареи, получаем значимость всех переменных на 5% уровне значимости (кроме емкости батареи).

Таблица 5.

DependentVariable: LOG(PRICE)
 Method: LeastSquares
 Date: 09/19/14 Time: 20:01
 Sample: 1 140
 Includedobservations: 140

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

C	6.317368	0.219011	28.84492	0.0000
DIAGONAL	-0.236925	0.116119	-2.040358	0.0433
CAMERA	0.263735	0.108884	2.422176	0.0168
WEIGHT	0.015358	0.002707	5.672594	0.0000
INTERNET	0.407836	0.107756	3.784812	0.0002
BATTERY	-0.000171	0.000100	-1.712517	0.0891
WIFI	0.366720	0.134825	2.719975	0.0074
<hr/>				
R-squared	0.524123	Meandependentvar		7.568739
Adjusted R-squared	0.502655	S.D. dependentvar		0.581387
S.E. of regression	0.410009	Akaikeinfocriterion		1.103433
Sumsquaredresid	22.35833	Schwarzcriterion		1.250516
Loglikelihood	-70.24034	Hannan-Quinnrcriter.		1.163203
F-statistic	24.41404	Durbin-Watsonstat		2.198096
Prob(F-statistic)	0.000000			

Наконец, оценим итоговую модель, включив в нее тип корпуса и индикатор бренда Nokia:

Таблица 6. Эконометрическая модель для логарифма цены

DependentVariable: LOG(PRICE)
Method: LeastSquares
Date: 09/19/14 Time: 20:08
Sample: 1 140
Includedobservations: 140

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.961770	0.202990	29.36973	0.0000
DIAGONAL	-0.028353	0.111268	-0.254817	0.7993
CAMERA	0.181307	0.098427	1.842055	0.0677
SLIDER	0.088425	0.168633	0.524360	0.6009
FLIP	0.321031	0.116781	2.749004	0.0068
WEIGHT	0.012824	0.002627	4.881292	0.0000
INTERNET	0.306853	0.097016	3.162908	0.0019
BATTERY	-6.29E-05	9.58E-05	-0.656731	0.5125
WIFI	0.284021	0.123456	2.300597	0.0230
NOKIA	0.413292	0.071714	5.763074	0.0000
<hr/>				
R-squared	0.634264	Meandependentvar		7.568739
Adjusted R-squared	0.608943	S.D. dependentvar		0.581387
S.E. of regression	0.363567	Akaikeinfocriterion		0.883045
Sumsquaredresid	17.18356	Schwarzcriterion		1.093162
Loglikelihood	-51.81313	Hannan-Quinnrcriter.		0.968430
F-statistic	25.04970	Durbin-Watsonstat		2.265863
Prob(F-statistic)	0.000000			

Прежде чем дать интерпретацию оценкам параметров модели, проведем тест Бреуша-Паганана гетероскедастичность:

Таблица 7. Тест на гетероскедастичность

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.296041	Prob. F(9,130)	0.2451
Obs*R-squared	11.52733	Prob. Chi-Square(9)	0.2413
Scaled explained SS	11.38949	Prob. Chi-Square(9)	0.2500

Гипотеза о гомоскедастичности не отвергается на любом стандартном уровне значимости ($p\text{-value}=0,25$), а значит проблема гетероскедастичности не выявлена.

Проверка остатков на нормальность выявила некоторые отклонения от нормальности, однако они не выглядят критичными (показатели асимметрии и эксцесса достаточно близки к тем,

которые свойственны нормальному распределению, медиана и среднее почти идентичны). Поскольку нормальность распределения остатков не входит в число основных условий Гаусса-Маркова, оценки параметров регрессии все равно являются несмещенными и эффективными, и нам не следует преувеличивать проблемы, связанные с отклонениями от нормальности остатков.

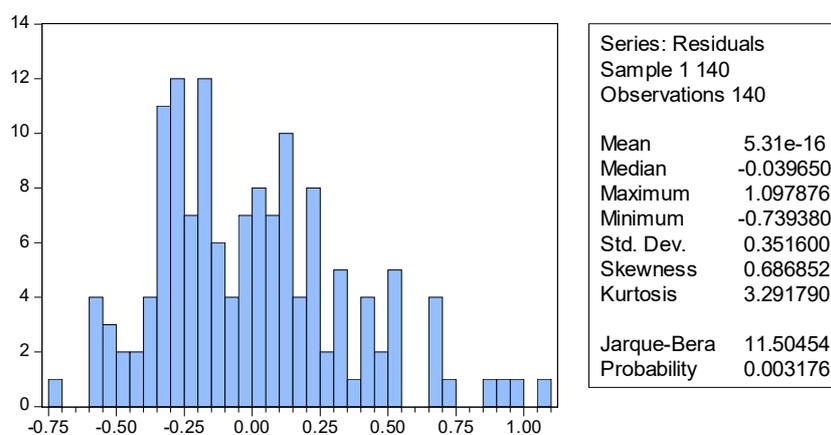


Рис.5. Гистограмма остатков модели

Несмотря на то, что гетероскедастичность не была выявлена, мы допускаем, что все же она может существовать, и поэтому воспользуемся робастными стандартными ошибками в форме Уайта (обычные стандартные ошибки являются их частным случаем при предположении о постоянстве дисперсии остатков):

Таблица 8. Модель для цены с поправкой на гетероскедастичность

DependentVariable: LOG(PRICE)
 Method: LeastSquares
 Date: 09/19/14 Time: 20:57
 Sample: 1 140
 Includedobservations: 140
 White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.961770	0.232858	25.60260	0.0000
DIAGONAL	-0.028353	0.098336	-0.288330	0.7736
CAMERA	0.181307	0.083273	2.177252	0.0313
SLIDER	0.088425	0.129102	0.684921	0.4946
FLIP	0.321031	0.083923	3.825329	0.0002
WEIGHT	0.012824	0.002822	4.543866	0.0000
INTERNET	0.306853	0.091847	3.340901	0.0011
BATTERY	-6.29E-05	8.09E-05	-0.777887	0.4380
WIFI	0.284021	0.098330	2.888461	0.0045
NOKIA	0.413292	0.072848	5.673329	0.0000
R-squared	0.634264	Meandependentvar		7.568739
Adjusted R-squared	0.608943	S.D. dependentvar		0.581387
S.E. of regression	0.363567	Akaikeinfocriterion		0.883045
Sumsquaredresid	17.18356	Schwarzcriterion		1.093162
Loglikelihood	-51.81313	Hannan-Quinn criter.		0.968430
F-statistic	25.04970	Durbin-Watsonstat		2.265863
Prob(F-statistic)	0.000000			

Качественно после использования робастных стандартных ошибок, выводы о значимости оценок коэффициентов не меняются.

Дадим интерпретацию оценок коэффициентов:

1. Диагональ телефона и емкость батареи не влияют на цену. Мы связываем это с тем, что мы рассматриваем сегмент мобильных телефонов, а не смартфонов, поэтому заряда батареи современных сотовых телефонов большинству людей хватает, равно как и практически любая диагональ обычного телефона является удовлетворительной при условии, что телефон используется, прежде всего, для звонков и смс;
2. Наличие камеры, при прочих равных условиях, повышает цену на $(\exp(0,18)-1)*100\%=19,7\%$;
3. По сравнению с классическим корпусом слайдеры не стоят дороже, а «раскладушки» - заметно дороже, на $(\exp(0,32)-1)*100\%=37,7\%$;
4. Влияние веса телефона положительно (рост веса на 1 грамм повышает цену на $(\exp(0,013)-1)*100\%=1,3\%$). Мы связываем это с наличием определенных неучтенных факторов, коррелированных с весом. Например, прочностью корпуса телефона;
5. Наличие доступа к Интернету повышает цену телефона на $(\exp(0,307)-1)*100\%=35,9\%$;
6. Наличие, при прочих равных условиях, wi-фидополнительно повышает цену телефона на $(\exp(0,284)-1)*100\%=32,8\%$;
7. Nokia обладает ценовой премией по сравнению с другими марками. При прочих одинаковых характеристиках телефон Nokia стоит дороже на $(\exp(0,413)-1)*100\%=51,1\%$.

Проведем тест Чоу для выявления того, меняются ли параметры модели, если разбить телефоны на 2 группы: с поддержкой доступа к Интернету и без нее. С содержательной точки зрения поиск различий в параметрах модели можно обосновать тем, что предположительно роль диагонали экрана и, возможно, емкости батареи выше для телефонов с поддержкой выхода в Интернет, т.к. работа в Интернете требует доп. ресурсов аккумулятора и достаточной диагонали экрана. Построить регрессию с полным набором фиктивных переменных не позволяет объем выборки (становится слишком мало степеней свободы, корреляция регрессоров становится высокой и EViews выдает ошибку "Nearsingularmatrix"). Поэтому мы оценили следующую спецификацию модели (добавили к базовой регрессии производства internet на те регрессоры, стабильность параметров перед которыми мы хотели бы оценить):

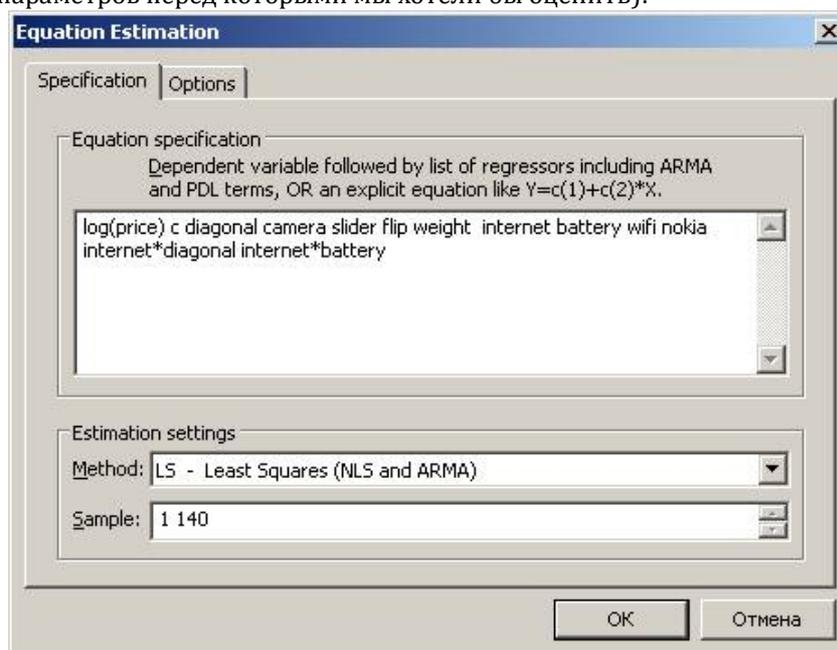


Рис.6. Построение нелинейной модели

Таблица 9. Нелинейная модель с переменными взаимодействия

DependentVariable: LOG(PRICE)

Method: LeastSquares

Date: 09/20/14 Time: 12:57

Sample: 1 140

Includedobservations: 140

White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

C	6.092314	0.496638	12.26711	0.0000
DIAGONAL	-0.127350	0.257510	-0.494544	0.6218
CAMERA	0.182201	0.084529	2.155495	0.0330
SLIDER	0.088743	0.131648	0.674092	0.5015
FLIP	0.317771	0.085521	3.715716	0.0003
WEIGHT	0.012880	0.002813	4.578971	0.0000
INTERNET	0.145249	0.511611	0.283906	0.7769
BATTERY	-1.20E-05	0.000133	-0.089861	0.9285
WIFI	0.273122	0.100609	2.714690	0.0075
NOKIA	0.414786	0.073584	5.636879	0.0000
INTERNET*DIAGONAL	0.114416	0.270599	0.422825	0.6731
INTERNET*BATTERY	-6.09E-05	0.000154	-0.394648	0.6938
<hr/>				
R-squared	0.634858	Meandependentvar	7.568739	
Adjusted R-squared	0.603478	S.D. dependentvar	0.581387	
S.E. of regression	0.366099	Akaikeinfocriterion	0.909990	
Sumsquaredresid	17.15564	Schwarzcriterion	1.162131	
Loglikelihood	-51.69933	Hannan-Quinn criter.	1.012453	
F-statistic	20.23167	Durbin-Watsonstat	2.263071	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Коэффициенты перед взаимодействиями между интернетом и диагональю и интернетом и емкостью батареи незначимо отличны от нуля. Проверим их совместную незначимость тестом Вальда:

Таблица 10. Тест Вальда

WaldTest:

Equation: EQ03

TestStatistic	Value	df	Probability
F-statistic	0.129706	(2, 128)	0.8785
Chi-square	0.259412	2	0.8784

NullHypothesisSummary:

NormalizedRestriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(11)	0.114416	0.270599
C(12)	-6.09E-05	0.000154

Restrictions are linear in coefficients.

Гипотеза о совместном равенстве двух коэффициентов нулю не отвергается. Таким образом, батарея и диагональ телефона одинаково влияют на цену как в сегменте телефонов с доступом в Интернет, так и в сегменте телефонов без такого доступа.

Для целей предсказания из базового регрессионного уравнения последовательно убрали все незначимые переменные. В итоге остались лишь статистически значимые регрессоры.

Таблица 11. Модель со значимыми переменными

DependentVariable: LOG(PRICE)
Method: LeastSquares

Date: 09/20/14 Time: 13:26

Sample: 1 140

Included observations: 140

White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.927126	0.175956	33.68519	0.0000
CAMERA	0.173659	0.078946	2.199705	0.0296
FLIP	0.340758	0.075033	4.541455	0.0000
WEIGHT	0.011883	0.002094	5.675249	0.0000
INTERNET	0.300787	0.086095	3.493681	0.0006
WIFI	0.289179	0.088990	3.249552	0.0015
NOKIA	0.425460	0.067000	6.350167	0.0000
R-squared	0.631121	Meandependentvar		7.568739
Adjusted R-squared	0.614479	S.D. dependentvar		0.581387
S.E. of regression	0.360985	Akaikeinfocriterion		0.848745
Sumsquaredresid	17.33123	Schwarzcriterion		0.995827
Loglikelihood	-52.41214	Hannan-Quinn criter.		0.908515
F-statistic	37.92523	Durbin-Watsonstat		2.326987
Prob(F-statistic)	0.000000			

Сделаем предсказание для типичного представителя рынка мобильных телефонов по данному регрессионному уравнению:

$$\text{LOG(PRICE)} = 5.9271262136 + 0.173658797173 \cdot \text{CAMERA} + 0.340757642747 \cdot \text{FLIP} + 0.0118827671442 \cdot \text{WEIGHT} + 0.300787487777 \cdot \text{INTERNET} + 0.289179106126 \cdot \text{WIFI} + 0.425460416257 \cdot \text{NOKIA}$$

Возьмем значения регрессоров, равные медианым: CAMERA=1, FLIP=0, WEIGHT=94, INTERNET=1, WIFI=0, NOKIA=0.

$$\text{LOG(PRICE)} = 5.9271262136 + 0.173658797173 \cdot 1 + 0.340757642747 \cdot 0 + 0.0118827671442 \cdot 94 + 0.300787487777 \cdot 1 + 0.289179106126 \cdot 0 + 0.425460416257 \cdot 0 = 7.5186$$

Предсказанная цена составила $\exp(7.5186) = 1842$ руб. Это оценочная стоимость для телефона с фотокамерой в классическом корпусе, весом в 94 грамма и доступом в Интернет.

Заключение

Гедонический анализ ценообразования на мобильные телефоны позволил проверить ряд гипотез, 2 из которых нашли эмпирическое подтверждение, а одна – нет. Емкость аккумулятора (battery) незначимо влияет на цену мобильного телефона, поддержка wi-fi значимо влияет на цену мобильного телефона, на рынке существует ценовая премия за определенные бренды: в частности, телефоны Nokia стоят, при прочих равных условиях, в полтора раза дороже телефонов других марок.

Литература

1. Магнус Я.Р. Эконометрика. Начальный курс : Учебное пособие для вузов / Я. Р. Магнус, П. К. Катыхев, А. А. Пересецкий. - 2-е изд., испр. - М. : Дело, 1998. - 248 с.
2. Носко В.П. Эконометрика в 2 томах. Москва Издательский дом «Дело» 2011.
3. Пяткина Д. А. Матюшенко С.И. Регрессионный анализ в пакете Eviews. Учебно-методическое пособие Изд-во Рудн, 2014.
4. Пяткина Д.А. Модели с фиктивными переменными и бинарным откликом в пакете Eviews. Учебно-методическое пособие Изд-во Рудн, 2015.
5. Промахина Ирина Михайловна. Эконометрика : Учебное пособие для вузов. Ч.1 / Промахина Ирина Михайловна. - М. : ИПК РУДН, 2007. - 215 с.
6. Эконометрика : Учебник для вузов / Елисева Ирина Ильинична [и др.] ; Под ред. И.И.Елисеевой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Финансы и статистика, 2010. - 576 с.

References

1. Magnus Ja.R. Jekonometrika. Nachal'nyj kurs : Uchebnoe posobie dlja vuzov / Ja. R. Magnus, P. K. Katyshev, A. A. Pereseckij. - 2-e izd., ispr. - M. : Delo, 1998. - 248 s.
2. Nosko V.P. Jekonometrika v 2 tomah. Moskva Izdatel'skij dom «Delo» 2011.
3. Pjatkina D. A. Matjushenko S.I. Regressionnyj analiz v pakete Eviews. Uchebno-metodicheskoe posobie Izd-vo Rudn, 2014.
4. Pjatkina D.A. Modeli s fiktivnymi peremennymi i binarnym otklikom v pakete Eviews. Uchebno-metodicheskoe posobie Izd-

- vo Rudn, 2015.
5. Promahina Irina Mihajlovna. Jekonometrika : Uchebnoe posobie dlja vuzov. Ch.1 / Promahina Irina Mihajlovna. - M. : IPK RUDN, 2007. - 215 s.
 6. Basharin G.P., Gaidamaka Yu.V., Samuilov K.E. Mathematical teletraffic theory and its application to the analysis of the next Jekonometrika : Uchebnik dlja vuzov / Eliseeva Irina Il'ichna [i dr.] ; Pod red. I.I. Eliseevoj. - 2-e izd., pererab. i dop. - M. : Finansy i statistika, 2010. - 576 s.

Поступила 21.10.2016

Об авторе:

Пяткина Дарья Анатольевна, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей Российского университета дружбы народов, кандидат физико-математических наук, daria_ru@mail.ru.