## Задача 3.30

Решение

Подготовила: Семенова Оксана **а)** Рассмотрим, например, следующую спецификацию модели – регрессию логарифма цены на константу, число комнат, жилую площадь, площадь кухни и площадь вспомогательных помещений.

 $\ln price = \beta_1 + \beta_2 numroom + \beta_3 sliv + \beta_4 skit + \beta_5 (sall - sliv - skit)$ 

На слайдах 3-8 представлена пошаговая инструкция построения модели в EViews. Для того, чтобы повторить следующие действия необходимо открыть файл gnovgorod.wf1.

Построим таблицу 3.4

Первой необходимо выбрать зависимую переменную (в данном случае price). Удерживая Ctrl: price, numroom, sliv, skit, sall > Правая кнопка мыши > Open > as Equation.

File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins	Window Help	
Workfile: GNOVGOROD_1 - View Proc Object Save Freeze Details+/- Show Fetch S Range: 1 467 467 obs Sample: 1 467 4	Store Delete Genr Sample Filter: * Order: Name	
Open       Open         Opicanie       Copy         Opicanie       Copy         Open       Paste         Paste       Special         Walltype       Petch from DB         Store to DB	as Group as Equation as Factor as VAR as System as Multiple series	
	Path =	DB = dz WF = gnovgorod_1

#### В окне Specification необходимо поменять некоторые переменные. Добавляем log(price) и (sall-sliv-skit).

File Fife Object New Deer Ovide October Addies Western Hele	Specification         Options           Equation specification
File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins Window Help         Image: Unic Control of the strength of the strengt of the strength of the strength of the streng	Estimation settings Method: LS - Least Squares (NLS and ARMA)
Minimitor         numfloor         numfloor         numfloor         obsid         mo opisanie         price         resid         mon_1         Sall         skit         silv         mithendi         skit         silv         mithendi         OK	ОК Отмена
Waitype 1         Image: A state of the	gnovgorod_1

Получаем	таблицу	3.4.
----------	---------	------

Workfile: GNOVGOROD_1 - View Proc Object Save Freez Range: 1467 - 467 obs Sample: 1467 - 467 obs	Equation: UNTITLEE View Proc Object Pri Dependent Variable: L Method: Least Square Date: 11/23/15 Time: Sample: 1 467 Included observations	Workfile: GNO nt Name Freeze .OG(PRICE) s 20:03 : 467	VGOROD_1::Gno	ovgorod\ ecast Stats F	– 🗆 X Resids	
balcon B c	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
<ul> <li>✓ edgeflor</li> <li>✓ firstfloor</li> <li>✓ lodzhia</li> <li>✓ lodzhia1</li> <li>✓ maxfloor</li> <li>✓ numfloor</li> </ul>	C NUMROOM SLIV SKIT SALL-SLIV-SKIT	8.544078 0.148239 0.007187 0.058311 0.008734	0.034848 0.021639 0.001506 0.005330 0.001887	245.1802 6.850671 4.772626 10.94114 4.628108	0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	
Mumroom           Obsid           mopisanie           Moria           Vora           resid           Vora           room_1           room_2           Vora           sall           Vora           skit	R-squared Adjusted R-squared S.E. of regression Sum squared resid Log likelihood F-statistic Prob(F-statistic)	0.778412 0.776494 0.186407 16.05329 124.3477 405.7386 0.000000	Mean depend S.D. depende Akaike info crit Schwarz criter Hannan-Quin Durbin-Watso	dent var 9.625027 ent var 0.394291 riterion -0.511125 erion -0.466732 nn criter0.493655 on stat 0.991408		
SIV Text text01 text01 walltype walltype1						
Gnovgorod / Untitled / Untit	New Page /					
		Path =		DB = dz	WF = gnovgoro	

7

/iew Proc Object F	Print Name Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids	
Dependent Variable: Method: Least Squa Date: 11/23/15 Tim Sample: 1 467 Included observatior	: LOG(PRICE) res e: 20:03 ns: 467					
Variable	Coefficient	Std. Erre	or t-S	Statisti	c F	Prob.
С	8.544078	0.03484	8 24	5.1802	2 0	.0000
NUMROOM	0.148239	0.02163	9 6.8	35067	1 0	0000
SLIV	0.007187	0.00150	6 4.7	72626	6 0	.0000
SKIT	0.058311	0.00533	0 10	.94114	1 0	0000
SALL-SLIV-SKIT	0.008734	0.00188	4.6	628108	3 0	.0000
R-squared	0.778412	Mean dep	endent v	ar	9.62	25027
Adjusted R-squared	0.776494	S.D. depe	ndent vai	r	0.39	94291
S.E. of regression	0.186407	Akaike info	criterior	n	-0.51	11125
Sum squared resid	16.05329	Schwarz c	riterion		-0.46	6732
Log likelihood	124.3477	Hannan-C	uinn crit	er.	-0.49	3655
F-statistic	405.7386	Durbin-Wa	atson sta	t	0.99	1408
Prob(E-statistic)	0 000000					

## Чтобы сохранить получившуюся модель, необходимо нажать на Freeze. Появится новое окно.

View Proc Object Prin	t Nar e Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Dependent Variable: L0 Method: Least Squares Date: 11/23/15 Time: 2 Sample: 1 467 Included observations:	DG(PRICE) 20:03 467				
Variable	Coefficient	Std. Erro	or t-S	Statistic	Prob.
С	8.544078	0.03484	8 24	5.1802	0.0000
NUMROOM	0.148239	0.02163	9 6.8	350671	0.0000
SLIV	0.007187	0.00150	6 4.7	72626	0.0000
SKIT	0.058311	0.00533	0 10	.94114	0.0000
SALL-SLIV-SKIT	0.008734	0.00188	4.6	628108	0.0000
R-squared	0.778412	Mean dep	endent v	ar	9.625027
Adjusted R-squared	0.776494	S.D. depe	ndent vai	r <sup>a</sup>	0.394291
S.E. of regression	0.186407	Akaike info	criterior	٦	-0.511125
Sum squared resid	16.05329	Schwarz c	riterion		-0.466732
Log likelihood	124.3477	Hannan-C	uinn crite	er.	-0.493655
F-statistic	405.7386	Durbin-Wa	atson sta	t	0.991408
Prob(F-statistic)	0.000000				

ew Proc	View F	Proc Object	Print Name	Edit+/- C	ellFmt	Grid+/-	Title	Comment	s+/-		-	
ange: 1			À	В		С		D	E			
ample: 1	1	Dependent	Variable: LO	G(PRICE)							•	
h balco	2	Method: Lea	ast Squares							[		Proh
] c	3	Date: 11/23	/15 Time: 20	0:03						1		FTOD.
edge	4	Sample: 14	167									0 0000
firstfl	5	included ob	servations: 4	107								0.0000
lodzh	7	Vari	able	Coefficier	nt	Std Erro	r :	t_Statistic	Pr	ob		0.0000
maxf	8	Van	able	Coeniciei	n	olu. Eno		-otation		00.		0.0000
numf	9		C	8.54407	8	0.034848	3	245,1802	0.0	0000	1	0.0000
numr	10	NUM	ROOM	0.14823	9	0.021639	9	6.850671	0.0	0000		
obsic	11	SI	LIV	0.00718	7	0.001506	5	4.772626	0.0	0000	9.6	625027
opisa	12	Sł	KIT .	0.05831	1	0.005330	)	10.94114	0.0	0000	0.3	394291
price	13	SALL-S	LIV-SKIT	0.00873	4	0.001887		4.628108	0.0	0000	0.5	66722
room	14			0 770 44			1		0.005		0.4	193655
room	15	R-squared	a guara d	0.77640	2 M	ean depe	nder	ntvar	9.625	0027	0.9	91408
sall	10	S E of room	squared	0.17649	4 3.1 7 AF	D. depen	crito	rion	0.594	1125		100112-00
skit	18	Sum squar	adresid	16 0532		hwarz cr	iterio	n	-0.016	732		
SIIV	19	Log likeliho	od	124 347	7 Hz	annan-Oi	linn	criter	-0 493	8655		
wallt	20	F-statistic		405,738	6 DI	irbin-Wa	tson	stat	0.991	1408		
wallt	21	Prob(F-stati	stic)	0.00000	0		1.01.12	Calcolo.				
	22			1899 C 2899 C	22					_		
	23										8	
	24	1										
8	25	1									T	

После нажатия на Name вводим названия для модели и нажимаем ОК. Сохраненную модель редактировать нельзя (т.к. сохраняем как картинку).

File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins Window Help

Workfile: GNOVG	Equation: UNTITLED Workfile: GNOVGOROD_1::Gnovgorod\     Table: UNTITLED Workfile: GNOVGOROD_1::Gnovgorod\     View Proc Object Print Name Edit+/- CellFmt Grid+/- Title Comments     A B C D	- • ×
Range: 1 467 46 Sample: 1 467 46 Sample: 1 467 46 B c C	1       Dependent Variable: LOG(PRICE)         2       Method: Least Squares         3       Date: 11/23/15         4       Sample: 1.467         5       Inclu         0bject Name	nî
eugenon     firstfloor     lodzhia     lodzhia1     maxfloor     numfloor     numfloor     numroom	7       8         9       Mame to identify object         9       model 1         10       or fewer recommended         11       Display name for labeling tables and graphs (optional)	Prob. 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
obsid     opisanie     opisanie     price     resid     room_1     room_2     sall	13         S           14	0.0000 9.625027 0.394291 0.511125 0.466732
Sali Skit Sliv Terr text01 abb walltype Swalltype1	19     Log Internition     124.3477     Frammer-communet.       20     F-statistic     405.7386     Durbin-Watson stat       21     Prob(F-statistic)     0.000000       22     23       24	20.493655 0.991408
	24 25 26 •	• •
	Path = DB =	dz WF = gnovgor

7/33

 $\ln price = \beta_1 + \beta_2(numroom + 1) + \beta_3(sliv + 18) + \beta_4skit + \beta_5(sall - sliv - skit)$ 

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{e^{\beta_1} \cdot e^{\beta_2 numroom} \cdot e^{\beta_2} \cdot e^{\beta_3 sliv} \cdot e^{18\beta_3} \cdot e^{\beta_4 skit} \cdot e^{\beta_5 (sall - sliv - skit)}}{e^{\beta_1} \cdot e^{\beta_2 \cdot numroom} \cdot e^{\beta_3 sliv} \cdot e^{\beta_4 skit} \cdot e^{\beta_5 (sall - sliv - skit)}} = e^{\beta_2} \cdot e^{18\beta_3} \cdot e^{\beta_4 skit} \cdot e^{\beta_5 (sall - sliv - skit)}}$$

Обозначим (price) начальную цену - Ро, цену после добавления комнаты - Ра.

При добавлении одной комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> относительное

изменение цены в среднем равно:

$$\frac{P_1 - P_0}{P_0} = \frac{P_1}{P_0} - 1 = e^{\beta_2 + 18\beta_3} - 1 = r$$

Таким образом, чтобы получить оценку r, достаточно оценить параметр  $p = \beta_2 + 18\beta_3$  и в качестве оценки  $\hat{r}$  взять  $e^{\hat{p}} - 1$ .

Из этой модели получаем оценку  $\hat{p} = 0.148239 + 18 \cdot 0.007187 = 0.278$  и соответствующую оценку  $\hat{r} = e^{\hat{p}} - 1 = 0.32$ .

При прибавлении 1 комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> цена квартиры увеличивается в среднем на 32%.

Для построения доверительных интервалов нам понадобятся значения дисперсии и ковариации, которые можно найти с помощью ковариационной матрицы.

Workfile: GNOVGOROD_1 View Proc Object Save Free Range: 1467 - 467 obs Sample: 1467 - 467 obs	View Proc Object Print Name Freez Representations Estimation Output Actual,Fitted,Residual ► ARMA Structure	e) [Estimate] Forecast]	Stats Resids
B c ✓ edgeflor	Gradients and Derivatives	Std. Error t-S	tatistic Prob.
IIIISTIIOOF Iodzhia Iodzhia1 Maxfloor III model1 Numfloor	Coefficient Diagnostics   Residual Diagnostics  Stability Diagnostics	0.034848 244 0.021639 6.8 0.001506 4.7 0.005330 10. 0.001887 4.6	5.1802         0.0000           550671         0.0000           72626         0.0000           .94114         0.0000           .28108         0.0000
Immore           Work           Obsid           Immore           Opisanie           Price           Immore           Versid           Vorm_1           Vorm_2           Vorm	Label Augusted K-squared 0.770494 S.E. of regression 0.186407 Sum squared resid 16.05229 Log likelihood 124.3477 F-statistic 405.7386 Prob(F-statistic) 0.000000	Mean dependent va S.D. dependent var Akaike info criterion Schwarz criterion Hannan-Quinn crite Durbin-Watson sta	ar 9.625027 0.394291 00.511125 -0.466732 ar0.493655 t 0.991408

Для модели построенной в прошлом пункте: View > Covariance Matrix.

#### Получаем ковариационную матрицу.

		Coefficient	Covariance Ma	trix	
	C	NUMROOM	SLIV	SKIT	SALL-SLIV-SKIT
C	0.001214	-0.000102	2.30E-06	-0.000143	9.12E-06
NUMROOM	-0.000102	0.000468	-2.81E-05	2.13E-05	-1.50E-05
SLIV	2.30E-06	-2.81E-05	2.27E-06	-2.33E-06	4.23E-07
SKIT	-0.000143	2.13E-05	2.33E-06	2.84E-05	-4.23E-06
SALL-SLIV-SKIT	9.12E-06	-1.50E-05	4.23E-07	-423E-06	3.56E-06

File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins Window Help

Workfile:	Equation: UN	TITLED Workfi	: GNOVGOROD	1::Gnovgorod\			_ 0	x
View Proc C	View Proc Object	t Print Name	Freeze Estimat	e Forecast Stat	s Resids			
Range: 14			Coefficient	Covariance Ma	trix			
Sample: 1 4		C	NUMROOM	SLIV	SKIT	SALL-SL	IV-SKIT	
M balcon	C	0.001214	-0.000102	2.30E-06	-0.000143	9.12	E-06	
B c	NUMROOM	-0.000102	0.000468	-2.81E-05	2.13E-05	-1.50	E-05	
M edgeflo	SLIV	2.30E-06	-2.81E-05	2.27E-06	-2.33E-06	4.23	E-07	
firstfloor	SKIT	-0.000143	2.13E-05	-2.33E-06	2.84E-05	-4.23	E-06	
	SALL-SLIV-SKIT	9.12E-06	-1.50E-05	4.23E-07	-4.23E-06	3.56	E-06	
M maxfloo								
model1								_
M numfloo								-
M numroo								-
								-
								- =
resid			5					-
room_1			- T.					-
room_2								
Sall							0	
SNIL Sliv		4					•	-18
TET text01				245			20	
abc walltype								
Walltype	1							
< + Gnovgo	orod / Untitled / I	New Page /						
			Path	=		DB = dz	WF = gnov	gorod_

## $\widehat{V}(\widehat{\beta}_2) = \widehat{V}(\widehat{\beta}_3) = \widehat{Cov}(\widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3)$

#### Свойства дисперсии:

1)  $D(X + \alpha) = DX$ 2)  $D(\alpha X) = \alpha^2 DX$ 3)  $D(X + Y) = DX + 2 \cdot cov(X, Y) + DY$ 4)  $D(\alpha X + \beta Y) = \alpha^2 DX + 2 \cdot cov(X, Y) + \beta^2 DY$ 

Обозначим дисперсию (D) как VAR (V).

**б)** Оценка ковариации оценок  $\hat{\beta}_2$  и  $\hat{\beta}_3$  равна —2.815  $\cdot$  10<sup>-5</sup>  $\hat{p} = \hat{\beta}_2 + 18\hat{\beta}_3$ 

Оценка дисперсии оценки  $\hat{p}$  равна (воспользуемся свойством 4):

$$\begin{split} \hat{V}(\hat{p}) &= \hat{V}(\hat{\beta}_2 + 18\hat{\beta}_3) = \hat{V}(\hat{\beta}_2) + 2 \cdot 18 \cdot \widehat{Cov}(\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3) + 18^2 \hat{V}(\hat{\beta}_3) \\ &= 4,682 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 18 \cdot 2,815 \cdot 10^{-5} + 18^2 \cdot 2,268 \cdot 10^{-6} = 0,0001897 \\ &= 0,01377^2 \end{split}$$

(100-α)%-й доверительный интервал для β имеет вид:

$$\left(\beta - \delta(\beta) \cdot t_{\text{крит}}(n-k;\alpha), \beta + \delta(\beta) \cdot t_{\text{крит}}(n-k;\alpha)\right)$$

 $\delta(\beta)$  – среднеквадратическое отклонение (корень из дисперсии).

*t*-критическое для данного уровня значимости α ищется по таблице распределения Стьюдента с n-k степенями свободы (n – число наблюдений, k – число регрессоров).

Следовательно, 95%-ный доверительный интервал для p равен:  $(\hat{p} - 0.01377 \cdot t_{0.05}(462), \hat{p} + 0.01377 \cdot t_{0.05}(462)) = (0.251, 0.305)$ 

(данные содержат 467 наблюдений), и доверительный интервал для r равен (в силу монотонности функции  $e^x - 1$ ):

$$(e^{0.251} - 1, e^{0.305} - 1) = (0.285, 0.356)$$

При добавлении 1 комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> цена с вероятностью 95% вырастет от 28,5% до 35,6%.

**г)** Собственно параметр r, ввести в регрессию сложно. Но можно так переопределить регрессоры, что p будет входить в регрессию в качестве коэффициента. Пусть  $p = \beta_2 + 18\beta_3$  или  $\beta_2 = p - 18\beta_3$ Подставим в модель и получим:

$$\begin{split} &\ln price = \beta_1 + \beta_2 numroom + \beta_3 sliv + \beta_4 skit + \beta_5 (sall - sliv \\ &- skit) + \varepsilon = \beta_1 + p \cdot numroom + \beta_3 (sliv - 18numroom) + \beta_4 skit \\ &+ \beta_5 (sall - sliv - skit) \end{split}$$

Так как это по сути та же модель, что и в пункте а), то ни численное значение оценок  $\hat{p}$ ,  $\hat{r}$ , ни доверительные интервалы не изменились.

## Таблица 3.5 строится аналогично предыдущей, только мы должны дополнительно поменять переменную sliv.

Workfile: GNOVGOR View Proc Object Save Range: 1467 – 467 Sample: 1467 – 467 balcon C	View Proc Object Print Dependent Variable: LO Method: Least Squares Date: 11/24/15 Time: 1 Sample: 1 467 Included observations: 4	Name Freeze G(PRICE) 0:30 167	Estimate Fore	ecast Stats F	Resids	
edgeflor	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	-
lodzhia1     maxfloor     model1     numfloor     numfloor     numfloor     numfloor     numfloor	C NUMROOM SLIV-18*NUMROOM SKIT SALL-SLIV-SKIT	8.544078 0.277606 0.007187 0.058311 0.008734	0.034848 0.013773 0.001506 0.005330 0.001887	245.1802 20.15527 4.772626 10.94114 4.628108	0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	) ) )
obsid     obsid     opisanie     price     resid     room_1     room_2     sall     skit     d	R-squared Adjusted R-squared S.E. of regression Sum squared resid Log likelihood F-statistic Prob(F-statistic)	0.778412 0.776494 0.186407 16.05329 124.3477 405.7386 0.000000	Mean depend S.D. depende Akaike info cri Schwarz criter Hannan-Quin Durbin-Watso	lent var nt var terion rion n criter. n stat	9.62502 0.39429 -0.51112 -0.46673 -0.49365 0.99140	= 7 1 5 2 5 3
m text01 m walltype W walltype1 ↔ Gnovgorod (Unt						=
		Path =			DB = dz	WF = gno

в) Попробуем включить в модель другие доступные параметры, от которых зависит цена квартиры. Это может не уменьшить стандартное отклонение параметра, но возможно, устранит смещение.

Здесь lodzhia, firstfloor, walltype – переменные, показывающие наличие лоджии, то, что квартира находится на первом этаже, тип дома (кирпичный или панельный) соответственно. Доверительный интервал для р немного сместится вправо.

 $\mathbf{p} \in \left(0.2956 - 0.0136 \cdot t_{0.05}(462), 0.2956 + 0.0136 \cdot t_{0.05}(462)\right) = (0.269, 0.322)$ 

 $r \in (e^{0.270} - 1, e^{0.323} - 1) = (0.309, 0.380)$ 

Таблица 3.6 строится аналогично предыдущей, только добавляются новые переменные lodzhia, firstfloor, walltype1.

	Equation: UNTITI	ED Wor	kfile: GNC	VGOROD_1	::Gnovgo	rod\		- = ×
Workfile: GNOVGOROD_1	View Proc Object	Print Nar	ne Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Reside	5
View Proc Object Save Fre Range: 1 467 467 obs Sample: 1 467 467 obs balcon	Dependent Variable Method: Least Squa Date: 11/24/15 Tim Sample: 1 467 Included observatio	: LOG(Pf ires ne: 10:37 ns: 467	RICE)			·		
edgeflor firstfloor	Variable	C	efficient	Std. Err	or t-s	Statisti	с	Prob.
M lodzhia	C	8	563787	0.0356	79 24	0 025	5 (	0000
	NUMBOOM	0	295648	0.0135	61 21	8018	1 (	0,0000
model02	SLIV-18*NUMROO	OM 0	009334	0.0015	54 6.1	00731	5 (	0.0000
model1	SKIT	0	048622	0.0053	69 9.0	05676	4 (	0.0000
M numfloor	SALL-SLIV-SKIT	0	.006497	0.0018	26 3.	55762	2 (	0.0004
M numroom	LODZHIA	0	.098670	0.0157	61 6.3	26050	3 (	0.0000.0
obsid	FIRSTFLOOR	-0	.041214	0.02223	37 -1.	85338	1 (	0.0645
	WALLTYPE1	0	.050517	0.0171	11 2.	95232	2 (	0.0033
resid room_1 room_2 sall skit sliv sliv matext01 wealtype	R-squared Adjusted R-squared S.E. of regression Sum squared resid Log likelihood F-statistic Prob(F-statistic)	0 1 0 1 1 2 0	.800257 .797211 .177557 4.47073 48.5818 62.7075 .000000	Mean dep S.D. depe Akaike int Schwarz o Hannan-O Durbin-W	bendent va endent va fo criterio criterion Quinn crit 'atson sta	ar r n er. at	9.6 0.3 -0.6 -0.5 -0.5 0.9	25027 94291 02063 31034 74111 990380
Wantype I     Gnovgorod / Untitled		De	41.				-1-	14/5

A) Приведенные выше модели не позволяют определить зависимость r от числа комнат. Но, скорее всего, зависимость должна быть убывающей по следующим причинам: 1) доля цены одной комнаты в цене квартиры больше в маленькой квартире, чем в большой, 2) сама цена еще одной комнаты меньше при переходе, скажем, от 4- к 5-комнатной квартире, чем при переходе от 1- к 2-конматной квартире.

Для оценки зависимости *r* от числа комнат можно, например, добавить в модель *numroom*<sup>2</sup>.

# Таблица 3.7 строится аналогично предыдущей, только добавляется еще одна новая переменная *numroom*<sup>2</sup>.

File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins Window Help



 $\beta_2$ 

In price =  $\beta_1 + \beta_2 numroom + \beta_3 sliv + \beta_4 skit + \beta_5 (sall - sliv - skit) + \varepsilon$ =  $\beta_1 + p \cdot numroom + \beta_3 (sliv - 18 \cdot numroom) + \beta_4 skit + \beta_5 (sall - sliv - skit)$ Обозначим (price) начальную цену - Ро, цену после добавления комнаты - Ръ

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{e^{\beta_1 + \beta_2(numroom+1) + \beta_3(numroom+1)^2 + \beta_4(sliv+18-18(numroom+1)) + \beta_5 skit}}{e^{\beta_1 + \beta_2 numroom + \beta_3 numroom^2 + \beta_4(sliv-18numroom) + \beta_5 skit}}$$

$$\cdot \frac{e^{\beta_6(sall+18-(sliv+18)-skit) + \beta_7 lodzhia + \beta_8 first floor + \beta_9 wall type}}{e^{\beta_6(sall-sliv-skit) + \beta_7 lodzhia + \beta_8 first floor + \beta_9 wall type}}$$

$$= e^{\beta_2 + \beta_3 + 2\beta_3 numroom} = e^{\beta_2 + \beta_3(1+2numroom)}$$

При добавлении одной комнаты относительное изменение цены в среднем равно:

$$\frac{P_1 - P_0}{P_0} = \frac{P_1}{P_0} - 1 = e^{\beta_2 + \beta_3(1 + 2numroom)} - 1 = r$$

Таким образом, чтобы получить оценку r, достаточно оценить параметр  $p = \beta_2 + \beta_3 (1 + 2numroom)$  и в качестве оценки  $\hat{r}$  взять  $e^{\hat{p}} - 1$ .

Т.е. нам нужно найти оценку  $\hat{p} = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3 (1 + 2numroom)$  и соответствующую оценку  $\hat{r} = e^{\hat{p}} - 1$ .

И мы получаем следующую зависимость r от числа комнат:

 $\hat{r} = e^{0.5507 - 0.0538(1 + 2 \cdot numroom)} - 1 = e^{0.4969 - 0.1076 \cdot numroom} - 1$ 

## Точечная оценка

Рассчитаем  $\hat{r}$  для различных значений numroom.

При numroom=1:  $\hat{p} = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3(1 + 2numroom) = \hat{\beta}_2 + 3\hat{\beta}_3$ 

$$\hat{r} = e^{\beta_2 + 3\beta_3} - 1 = e^{0.5507 - 3 \cdot 0.0538} - 1 = 0.48$$

При прибавлении 1 комнаты к однокомнатной квартире цена увеличивается в среднем на 48%.

При numroom=2:  $\hat{p} = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3(1 + 2numroom) = \hat{\beta}_2 + 5\hat{\beta}_3$ 

$$\hat{r} = e^{\beta_2 + 5\beta_3} - 1 = e^{0.5507 - 5 \cdot 0.0538} - 1 = 0.33$$

При прибавлении 1 комнаты к двухкомнатной квартире цена увеличивается в среднем на 33%.

При numroom=3:  $\hat{p} = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3(1 + 2numroom) = \hat{\beta}_2 + 7\hat{\beta}_3$ 

 $\hat{r} = e^{\beta_2 + 7\beta_3} - 1 = e^{0.5507 - 7 \cdot 0.0538} - 1 = 0.19$ 

При прибавлении 1 комнаты к трехкомнатной квартире цена увеличивается в среднем на 19%.

#### Построим к таблице 3.7. ковариационную матрицу: View > Covariance Matrix.

Equation: U	INTITLED Work	file: GNOVGOR	OD_1::Gnovgoro	d/		- = ×
View Proc Obj	iect Print Nam	e Freeze Estin	mate Forecast St	tats Resids		
		Coefficien	t Covariance Ma	atrix		
	C	NUMROOM	NUMROOM <sup>^</sup> 2	SLIV	SKIT	SALL-SL
С	0.002140	-0.000982	0.000200	6.97E-07	-0.000130	-6.{ 🔺
NUMROOM	-0.000982	0.001053	-0.000155	-2.02E-05	2.99E-05	-5.1
NUMROOM <sup>2</sup>	0.000200	-0.000155	3.81E-05	-1.41E-06	-8.56E-07	-2.6
SLIV	6.97E-07	-2.02E-05	-1.41E-06	2.13E-06	-2.54E-06	3.6
SKIT	-0.000130	2.99E-05	-8.56E-07	-2.54E-06	2.48E-05	-2.5
SALL-SLIV-S	-6.83E-06	-5.13E-07	-2.62E-06	3.63E-07	-2.93E-06	3.0
LODZHIA	0.000150	-0.000112	8.92E-06	5.77E-06	-2.34E-05	-3.{
FIRSTFLOOR	-3.66E-05	3.29E-05	-4.00E-06	-3.13E-06	-8.57E-07	2.7
WALLTYPE1	-0.000163	8.95E-05	-1.86E-06	-4.89E-06	4.77E-06	-2.4
1						E
						-
Ĩ.	4	III				F

 $\hat{V}(\hat{\beta}_2)$ 

### Построение доверительных интервалов

Общий вид ( $\sqrt{V(\beta)} = \delta(\beta)$ ):  $\left(\beta - \delta(\beta) \cdot t_{\text{крит}}(n - k; \alpha), \beta + \delta(\beta) \cdot t_{\text{крит}}(n - k; \alpha)\right)$ 

При numroom=1:

$$\widehat{V}(\widehat{p}) = \widehat{V}(\widehat{\beta}_2 + 3\widehat{\beta}_3) = \widehat{V}(\widehat{\beta}_2) + 2 \cdot 3 \cdot \widehat{Cov}(\widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3) + 3^2 \widehat{V}(\widehat{\beta}_3)$$
  
= 0,001053 - 2 \cdot 3 \cdot 0,000155 + 3<sup>2</sup> \cdot 3,81 \cdot 10^{-5} = 0,0004659 = 0,02158<sup>2</sup>

$$\hat{p} = \hat{\beta}_2 + 5\hat{\beta}_3 = 0.5507 - 3 \cdot 0.0538 = 0.3893$$
  
 $t_{0.05}(462) \approx 1.9651$ 

 $p \in (0.3893 - 0.0216 \cdot t_{0.05}(462), 0.3893 + 0.0216 \cdot t_{0.05}(462)) = (0.347, 0.432)$ 

 $r \in (e^{0.347} - 1, e^{0.432} - 1) = (0.415, 0.540)$ 

При добавлении 1 комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> к однокомнатной квартире цена с вероятностью 95% вырастет от 41,5% до 54%.

#### При **numroom=2**:

$$\hat{V}(\hat{p}) = \hat{V}(\hat{\beta}_2 + 5\hat{\beta}_3) = \hat{V}(\hat{\beta}_2) + 2 \cdot 5 \cdot \widehat{Cov}(\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3) + 5^2 \hat{V}(\hat{\beta}_3)$$
  
= 0,001053 - 2 \cdot 5 \cdot 0,000155 + 5^2 \cdot 3,81 \cdot 10^{-5} = 0,000455 = 0,02134^2

$$\hat{p} = \hat{\beta}_2 + 5\hat{\beta}_3 = 0.5507 - 5 \cdot 0.0538 = 0.2817$$
  
 $t_{0.05}(462) \approx 1.9651$ 

 $\mathbf{p} \in \left(0.2817 - 0.02134 \cdot t_{0.05}(462), 0.2817 + 0.02134 \cdot t_{0.05}(462)\right) = (0.2398, 0.324)$ 

 $r \in (e^{0.2398} - 1, e^{0.324} - 1) = (0.271, 0.383)$ 

При добавлении 1 комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> к двухкомнатной квартире цена с вероятностью 95% вырастет от 27,1% до 38,3%.

#### При питоот=3:

$$\hat{V}(\hat{p}) = \hat{V}(\hat{\beta}_2 + 7\hat{\beta}_3) = \hat{V}(\hat{\beta}_2) + 2 \cdot 7 \cdot \widehat{Cov}(\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3) + 7^2 \hat{V}(\hat{\beta}_3)$$
  
= 0,001053 - 2 \cdot 7 \cdot 0,000155 + 7^2 \cdot 3,81 \cdot 10^{-5} = 0,0007499 = 0,0274^2

$$\hat{p} = \hat{\beta}_2 + 5\hat{\beta}_3 = 0.5507 - 7 \cdot 0.0538 = 0,1741$$
  
 $t_{0.05}(462) \approx 1,9651$ 

 $\mathbf{p} \in \left(0.1741 - 0.0274 \cdot t_{0.05}(462), 0.1741 + 0.0274 \cdot t_{0.05}(462)\right) = (0.120, 0.228)$ 

 $r \in (e^{0.120} - 1, e^{0.228} - 1) = (0.127, 0.256)$ 

При добавлении 1 комнаты площадью 18 м<sup>2</sup> к трехкомнатной квартире цена с вероятностью 95% вырастет от 12,7% до 25,6%.

#### Проверим остатки 1й модели на гетероскедастичность.

Н<sub>0</sub>: остатки гомоскедастичны;

File Edit Object View Proc Quick Options Add-ins Window Help

Н<sub>1</sub>: остатки гетероскедастичны.

Ctrl: price, numroom, sliv, skit, sall > Open > As Equation (меняем переменные price, sall) > View > Residual Diagnostic > Heteroskedasticity Test (Test type: White).

	View	Proc Object	Print	Name	Freeze	Estimate Fo	orecast	Stats Re	sids
Asange: 1 467 - 467 obs Sample: 1 467 - 467 obs Sample: 1 467 - 467 obs C edgeflor G ristfloor C lodzhia S lodzhia Model1 model2 model2 model3 C numfoor model3 C numfoor M opsianie D obsid D opsianie D opcie	Representations Estimation Output Actual, Fitted, Residual ARMA Structure Gradients and Derivatives Covariance Matrix Coefficient Diagnostics Residual Diagnostics Stability Diagnostics Label Xugusted K-Squared 0.77041 S.E. of repression 0.1864			) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) ) )	Std. Error 0.034848 0.021639 Correlogr Correlogr Histograr Serial Cor Heteroska	t-{ 24 6.1 am - Q am Squ n - Nor relation	Statistic 15.1802 850671 I-statistics uared Res rmality Te n LM Test ity Tests	Prob. 0.0000 0.0000 i iduals st	
room_1 room_2 sall S silv silv text01 walltype1 → Gnovgorod ∫ Untitled	Sum squared resid 16.053 Log likelihood 124.34 F-statistic 405.73 Prob(F-statistic) 0.0000		.3477 .7386 00000	9 Hannan-Quinn criter0.49365 6 Durbin-Watson stat 0.99140 0		-0.493655 0.991408			



# В полученной таблице смотрим: Prob. F, Prob. Chi-Square, если probability<0.05 (есть гетероскедастичность), то нужна подправка, если probability>0.05, подправка не нужна. Сохраняем таблицу.

	Heteroskedasticity Test: White	incere j [Estin	nuce [Forecase].	ides [ icesids ]	
Workfile: GNOVGORO	F-statistic	15.80069	Prob. F(14.45	2)	0.0000
View Proc Object Save	Obs*R-squared	153,4513	Prob. Chi-Sa	Jare(14)	0.0000
Range: 1467 - 467 o	Scaled explained SS	432.0253	Prob. Chi-Squ	Jare(14)	0.0000
Sample: 1 467 - 467 o					
🗹 balcon	Test Equation:				
BC	Dependent Variable: RESID^2				
edgeflor	Method: Least Squares				
	Date: 11/24/15 Time: 12:31				
Indzhia1	Sample: 1 467				
Maxfloor	Included observations: 467				
model1 model2	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
model3	С	0.351794	0.029561	11.90056	0.0000
Mumroom	NUMROOM <sup>2</sup>	0.045890	0.015980	2.871718	0.0043
🗹 obsid	NUMROOM*SLIV	-0.002151	0.001979	-1.086885	0.2777
TXT opisanie	NUMROOM*SKIT	0.010068	0.004592	2.192374	0.0289
price	NUMROOM*(SALL-SLIV-SKIT)	-0.005455	0.001995	-2.733966	0.0065
resid	NUMROOM	-0.170943	0.037310	-4.581707	0.0000
	SLIV <sup>2</sup>	-1.76E-05	5.18E-05	-0.339635	0.7343
	SLIV*SKIT	-0.000133	0.000332	-0.401558	0.6882
✓ skit	SLIV*(SALL-SLIV-SKIT)	0.000281	9.28E-05	3.028599	0.0026
Sliv	SLIV	0.005143	0.003155	1.630067	0.1038
Tar text01	SKIT^2	0.001188	0.000527	2.254953	0.0246
abc walltype	SKIT*(SALL-SLIV-SKIT)	0.000935	0.000533	1.753943	0.0801
walltype1	SKI	-0.049955	0.006586	-7.584833	0.0000
Gnovgorod Untit	SALL-SLIV-SKIT	-0.005972	0.003811	-1.567040	0.4294 0.1178
	R-squared	0.328590	Mean depend	ient var	0.034375
	Adjusted R-squared	0.307794	S.D. depende	ent var	0.082541
	S.E. of regression	0.068674	Akaike info cr	iterion	-2.487312
	Sum squared resid	2.131659	Schwarz crite	rion	-2.354132
	Log likelihood	595.7873	Hannan-Quin	n criter.	-2.434901
	F-statistic	15.80069	Durbin-Watso	on stat	1.491426
	Prob(F-statistic)	0.000000			



#### Подправка: Далее: Proc > Specify/Estimate > OK. Смотрим значение Durbin-Watson stat. внизу таблицы

File Edit Object View	Proc Quick Options Add-in:	s Window	Help			
Workfile: GNOVGOR	Equation: UNTITLED Workfil	e: GNOVGOR Freeze Estir	OD_1::Gnovgord	od\ Stats Resids	- 0	x
	Lista Specify/Estimate					
Range: 1 467 - 467 Sample: 1 467 - 467	F-sta Obs <sup>1</sup> Make Residual Series Scal Make Regressor Group	-	Prob. F(14,45 Prob. Chi-Squ Prob. Chi-Squ	2) Jare(14) Jare(14)	0.0000 0.0000 0.0000	
e dgeflor     firstfloor     firstfloor     fiodzhia     fodzhia1     maxfloor     model1	Make Gradient Group Test Make Derivative Group Dep Meth Make Model Date Update Coefs from Equ Sam Inclu Add-ins	uation				
model3	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
numfoor  numfoor  numfoor  obsid  opisanie  price  price  room_1  room_2  skit  sk	C NUMROOM*SLIV NUMROOM*SLIV NUMROOM*SKIT NUMROOM*(SALL-SLIV-SKIT) SLIV*2 SLIV*SKIT SLIV*(SALL-SLIV-SKIT) SLIV SKIT*2 SKIT*(SALL-SLIV-SKIT)	0.351794 0.045890 -0.002151 0.010068 -0.005455 -0.170943 -1.76E-05 -0.000133 0.000281 0.005143 0.001188 0.000935	0.029561 0.015980 0.001979 0.004592 0.001995 0.037310 5.18E-05 0.000332 9.28E-05 0.003155 0.000527 0.000523	11.90056 2.871718 -1.086885 2.192374 -2.733966 -4.581707 -0.339635 -0.401558 3.028599 1.630067 2.254953 1.753943	0.0000 0.0043 0.2777 0.0289 0.0065 0.0000 0.7343 0.6882 0.0026 0.1038 0.0246 0.0801	-
		Path =		DB =	dz WF =	anova

Estimat	ion settings				
Sample	1 467	st Squares (NLS and AH	(MA)		
			C	ОК ОТ	мена

	1 - 1 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 -		A REAL PROPERTY AND	
С	8.544078	0.034848	245.1802	0.0000
NUMROOM	0.148239	0.021639	6.850671	0.0000
SLIV	0.007187	0.001506	4.772626	0.0000
SKIT	0.058311	0.005330	10.94114	0.0000
SALL-SLIV-SKIT	0.008734	0.001887	4.628108	0.0000
R-squared	0.778412	Mean dependent var		9.625027
Adjusted R-squared	0.776494	S.D. depende	ntvar	0.394291
S.E. of regression	0.186407	Akaike info cri	terion	-0.511125
Sum squared resid	16.05329	Schwarz criterion		-0.466732
Log likelihood	124.3477	Hannan-Ouin	n criter	-0.493655
F-statistic	405.7386	Durbin-Watso	n stat	0.991408
Prob(F-statistic)	0.000000			

11

#### Далее снова: Proc > Specify/Estimate > Options (если Durbin-Watson stat.<1.5, то Newey-West, если >=1.5, то White)

	Equation: UNTITLED Workfile: GNOVGOROD_1::Gnovgorod\ X						
Workfile: GNOVGOB	<u>e la lou illa il e ller i le ile ile il e il e</u>						
ETE WORKINE: GIVOVGOR	Equation Estimation						
View Proc Object Sav							
Range: 1 467 - 467	Specification Options						
Sample: 1 467 - 467							
M balcon							
ß c	Dependent variable followed by list of regressors including ARMA and PDL terms. OR an explicit equation like $Y = c(1) + c(2)^{*}X$ .						
edgeflor							
beterosk	logiprice) c num outh sity skit sair-sity-skit						
M lodzhia							
🐼 lodzhia1							
maxfloor							
model1							
model3							
M numfloor							
numroom	Estimation settings						
	Method: LS - Least Squares (NLS and ARMA)						
M price	Camela (						
resid	Sample: 1467						
room_1							
sall							
🗹 skit							
Sliv	ОК Отнаца						
abc walltype							
Gnovgorod Un	SKIT*(SALL-SLIV-SKIT) 0.000935 0.000533 1.753943 0.0801 -						
	Path = DB = dz WF = gnovgorod						

stimation default 🔹 💌	Starting coefficient values:
stimation default	OLS/TSLS 🔻
'hite AC (Newey-West)	📝 Backcast MA terms
	_ Iteration control
	Max Iterations: 500
pe: None 🔻	Convergence: 0.0001
ries:	Display settings
aling: EViews default 👻	Derivatives
	Select method to favor:
efficient name	Accuracy
	Speed
	Use numeric only

В результате Std.Error и Probability меняется. Если Probability вылетает (>0.05), то соответствующий параметр убирается из модели. Сохраняем модель (Freeze > Name). Аналогично можно проверить и другие модели.

Workfile: GNOVGOROD 1	Equation: UNTITLED	Workfile: GNC	VGOROD_1::Gn	ovgorod\ ecast Stats R	esids
View Proc Object Save Free Range: 1 467 467 obs Sample: 1 467 467 obs Dalcon @ c edgeflor @ c @ for the op	Dependent Variable: LC Method: Least Squares Date: 11/24/15 Time: 1 Sample: 1 467 Included observations: HAC standard errors & i bandwidth = 6.0000	G(PRICE) 2:41 467 covariance (Ba ))	rtiett kernel, Ne	wey-West fix	ed
heterosk	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Iodzhia1	С	8,544078	0.080106	106.6594	0.0000
Maxfloor	NUMROOM	0.148239	0.027373	5.415456	0.0000
model1	SLIV	0.007187	0.002192	3.279448	0.0011
model2	SKIT	0.058311	0.009279	6.284194	0.0000
model3	SALL-SLIV-SKIT	0.008734	0.002497	3.498044	0.0005
numroom	R-squared	0 778412	Mean depend	entvar	9 625027
	Adjusted R-squared	0 776494	S.D. dependent var Akaike info criterion		0.394291
	S.E. of regression	0,186407			-0.511125
resid	Sum squared resid	16.05329	Schwarz criter	rion	-0.466732
V room_1	Log likelihood	124.3477	Hannan-Quin	n criter.	-0.493655
voom_2	F-statistic	405.7386	Durbin-Watso	n stat	0.991408
🗹 sall	Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statist	ic	72.26971
Skit	Prob(Wald F-statistic)	0.000000			
Gnovgorod Untitled					
		Dette		DD	1 14/5

#### Проверка остатков на нормальность: View > Residual Diagnostic > Histogram - Normality Test

Workfile: GNOVGOR	Equation: UNTITLED Workfile: G     View Proc Object Print Name Free     Representations     Estimation Output	NUVGUROD_1::Gnovgorod\ zze Estimate Forecast Stats Re	esids
Range: 1467 - 467 Sample: 1467 - 467 balcon B c edgeflor	Actual, Fitted, Residual ARMA Structure Gradients and Derivatives Covariance Matrix	artlett kernel, Newey-West fixe	d
heterosk lodzhia	Coefficient Diagnostics Residual Diagnostics	Correlogram - O-statistic	Prob.
maxfloor model1	Stability Diagnostics	Correlogram Squared Res	iduals
model12 model2	Label	Histogram - Normality Te	est
model3 M numfloor N numroom	R-squared 0.77841 Adjusted R-squared 0.77649	<ul> <li>Serial Correlation LM Test</li> <li>Heteroskedasticity Tests</li> </ul>	
M numroom obsid moopisanie M price M resid M room_1 M room_2 sall	S.E. of regression         0.18640           Sum squared resid         16.0532           Log likelihood         124.347           F-statistic         405.738           Prob(F-statistic)         0.00000           Prob(Wald F-statistic)         0.00000	7 Akaike info criterion 9 Schwarz criterion 7 Hannan-Quinn criter. 6 Durbin-Watson stat 10 Wald F-statistic	-0.511125 -0.466732 -0.493655 0.991408 72.26971
Silv mit text01	led / New Page /		
	A new rage /		
		Path =	DB = dz WF = gnovgorod.

 $H_0$ : остатки имеют нормальное распределение (Probability>0.05);  $H_1$ : остатки имеют не нормальное распределение (Probability<0.05);

Probability=0 (<0.05), остатки имеют не нормальное распределение.

