

Лекции по эконометрике № 4, 5

2 модуль

Мультиколлинеарность

Демидова

Ольга Анатольевна

https://www.hse.ru/staff/demidova_olga

E-mail: demidova@hse.ru

25.11.2019, 02.12.19

План лекций № 4, 5, 2 модуль

- Идеальная и практическая мультиколлинеарность (квазимультиколлинеарность).
- Последствия мультиколлинеарности
- Признаки наличия мультиколлинеарности
- Показатели степени мультиколлинеарности
- Методы борьбы с мультиколлинеарностью

Мультиколлинеарность

Теоретическая мультиколлинеарность данных – явление, наблюдаемое при нарушении условий теоремы Гаусса – Маркова об отсутствии точной линейной связи между регрессорами. При наличии теоретической мультиколлинеарности однозначное нахождение оценок МНК коэффициентов регрессии невозможно.

Теоретическая мультиколлинеарность

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon,$$

Теоретическая мультиколлинеарность: $\text{Rank}(X) < k + 1$

Ex.1.

$$\ln wage = \beta_1 + \beta_2 S + \beta_3 MALE + \beta_4 FEMALE + \dots + \varepsilon,$$
$$FEMALE + MALE = i$$

Ex.2.

$$\ln price = \beta_1 + \beta_2 livsq + \beta_3 nonlivsq + \beta_4 totsq + \dots + \varepsilon,$$
$$livsq + nonlivsq = totsq$$

Пример теоретической мультиколлинеарности

Ex.3.

$$Price = \beta_1 + \beta_2 D_I + \beta_3 D_{II} + \beta_4 D_{III} + \beta_5 D_{IV} + \dots + \varepsilon,$$

$$D_I + D_{II} + D_{III} + D_{IV} = i$$

Dummy trap

Квазимультиколлинеарность

При работе с реальными данными часто имеет место квазимультиколлинеарность, когда между регрессорами существует почти линейная зависимость.

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

теоретическая мультиколлинеарность :

$$\text{rang}X < k + 1$$

$$\Rightarrow \text{rang}(X'X) < k + 1 \Rightarrow \det(X'X) = 0$$

кваимультиколлинеарность :

$$\det(X'X) \approx 0$$

Последствия мультиколлинеарности

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y,$$

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = \sigma_{\varepsilon}^2 (X'X)^{-1},$$

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} A^*$$

Нестабильность оценок параметров регрессии и их дисперсий при малых изменениях исходных данных в случае мультиколлинеарности

Мультиколлинеарность, пример

$$E x. \quad y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon,$$

$$x_1' x_1 = x_2' x_2 = 1, \quad \sigma_\varepsilon^2 = 1,$$

$$x_1' x_2 = x_2' x_1 = r,$$

$$\text{var}(\hat{\beta}) = \sigma_\varepsilon^2 (x' x)^{-1},$$

$$x' x = \begin{pmatrix} x_1' x_1 & x_1' x_2 \\ x_2' x_1 & x_2' x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r \\ r & 1 \end{pmatrix},$$

$$\text{var}(\hat{\beta}_1) = \text{var}(\hat{\beta}_2) = \frac{1}{1 - r^2}.$$

Признаки мультиколлинеарности

- Небольшие изменения в данных приводят к значительным изменениям в оценках коэффициентов регрессии.
- Многие коэффициенты по-отдельности не значимы, хотя в целом регрессия адекватная, R^2 может быть достаточно высоким.
- Оценки коэффициентов регрессии (обычно незначимых) могут иметь “неправильный” знак (с экономической точки зрения).

Индикаторы мультиколлинеарности

- В корреляционной матрице факторов встречаются элементы, по модулю близкие к 1.

- Достаточно большое значение VIF – variance inflation factor хотя бы для одного фактора

$$VIF(X_j) = \frac{1}{1 - R_j^2},$$

где R_j^2 – коэффициент множественной детерминации регрессора X_j на все остальные регрессоры.

$$(\text{Var}(\hat{\beta}_j)) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{TSS_j(1 - R_j^2)}, TSS_j = (X_j - \bar{X}_j \bar{i})'(X_j - \bar{X}_j \bar{i}).$$

Индикаторы мультиколлинеарности

CN (conditional number)

$$CN(X'X) = \sqrt{\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}}$$

CN – число обусловленности матрицы X'X.

Если этот показатель > 30, то это может свидетельствовать о мультиколлинеарности.

Пример мультиколлинеарности данных

$$EARNINGS = \beta_0 + \beta_1 S + \beta_2 SVABC_1 + \beta_3 ASVABC_2 + \beta_4 ASVABC_3 + \beta_5 ASVABC_4 + \varepsilon$$

reg EARNINGS S ASVAB01 ASVAB02 ASVAB03 ASVAB04

Source	SS	df	MS	Number of obs = 540
Model	24945.2724	5	4989.05448	F(5, 534) = 30.60
Residual	87064.9587	534	163.042994	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.2227
				Adj R-squared = 0.2154
Total	112010.231	539	207.811189	Root MSE = 12.769

EARNINGS	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf.Interval]	
S	1.700556	.2781761	6.11	0.000	1.154102	2.247009
ASVAB01	.0640055	.0997875	0.64	0.522	-.1320188	.2600297
ASVAB02	.4385383	.091164	4.81	0.000	.2594542	.6176223
ASVAB03	-.1433842	.1202383	-1.19	0.234	-.3795824	.0928139
ASVAB04	-.0265344	.0985583	-0.27	0.788	-.2201438	.1670751
_cons	-20.48614	3.600184	-5.69	0.000	-27.5584	-13.41388

Много незначимых коэффициентов

Пример мультиколлинеарности данных

vif

Variable	VIF	1/VIF
ASVAB03	4.20	0.238017
ASVAB04	3.01	0.332532
ASVAB01	3.00	0.333805
ASVAB02	2.64	0.378371
S	1.52	0.657411
Mean VIF	2.87	

Методы борьбы с мультиколлинеарностью

- Переспецификация модели (функциональные преобразования переменных)
- Исключение одной или нескольких объясняющих переменных
- Метод главных компонент
- Использование ridge (гребневых), LASSO и т.п. оценок параметров

Пошаговый метод предусматривает построение модели последовательно по шагам. Для пошагового метода включения (*Forwardstepwisemethod*) на каждом шаге оценивается вклад в регрессионную функцию не включённых в модель переменных. Переменная, обеспечивающая наибольший вклад, включается в модель, после чего производится переход к следующему шагу. Для пошагового метода исключения (*Backwardstepwisemethod*) характерно включение в модель на первом этапе всех переменных, после чего производится их последовательное исключение.

Пример

Файл CLOTHING содержит данные о годовых продажах и другие характеристики 400 голландских магазинов модной одежды в 1990 г.

Пример

Список переменных:

tsales	: Annual sales in Dutch guilders
sales	: sales per square meter
margin	: Gross-profit-margin
nown	: Number of owners (managers)
nfull	: Number of full-timers
npart	: Number of part-timers
naux	: Number of helpers (temporary workers)
hoursw	: Total number of hours worked
hourspw	: Number of hours worked per worker
inv1	: Investment in shop-premises
inv2	: Investment in automation.
ssize	: Sales floorspace of the store (in m2).
start	: year start of business

Метод последовательного исключения переменных

stepwise, pr(0.1): reg sales margin nown nfull npart naux hoursw hourspw inv1
 inv2 ssize start

begin with full model

p = 0.9731 >= 0.1000 removing inv1

p = 0.7996 >= 0.1000 removing hoursw

p = 0.6921 >= 0.1000 removing inv2

p = 0.5229 >= 0.1000 removing start

Source SS df MS Number of obs = 400

F(7, 392) = 41.65

Model 2.3795e+09 7 339924634 Prob > F = 0.0000

Residual 3.1996e+09 392 8162299.11 R-squared = 0.4265

Adj R-squared = 0.4163

Total 5.5791e+09 399 13982691 Root MSE = 2857

sales	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
margin	59.90574	29.54534	2.03	0.043	1.818588	117.9929
nown	672.7859	226.1869	2.97	0.003	228.0947	1117.477
nfull	1309.047	153.066	8.55	0.000	1008.114	1609.98
npart	1061.772	230.9229	4.60	0.000	607.7695	1515.774
naux	935.7677	376.4691	2.49	0.013	195.6167	1675.919
ssize	-24.31604	1.641706	-14.81	0.000	-27.54369	-21.08839
hourspw	223.7379	23.18619	9.65	0.000	178.1531	269.3228
_cons	-3091.438	1294.97	-2.39	0.017	-5637.394	-545.4823

Метод последовательного исключения переменных

reg sales margin nown nfull npart naux hoursw hourspw inv1 inv2 ssize start

Source	SS	df	MS	Number of obs = 400		
-----+-----				F(11, 388) = 26.33		
Model	2.3846e+09	11	216785544	Prob > F = 0.0000		
Residual	3.1945e+09	388	8233125.52	R-squared = 0.4274		
-----+-----				Adj R-squared = 0.4112		
Total	5.5791e+09	399	13982691	Root MSE = 2869.3		

sales	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
margin	69.08252	32.96368	2.10	0.037	4.272738	133.8923
nown	740.8716	371.5816	1.99	0.047	10.30624	1471.437
nfull	1378.757	293.2506	4.70	0.000	802.1977	1955.316
npart	1111.709	267.8409	4.15	0.000	585.1077	1638.31
naux	996.577	449.8185	2.22	0.027	112.1902	1880.964
hoursw	-2.737927	10.73368	-0.26	0.799	-23.84139	18.36553
hourspw	243.4413	70.43075	3.46	0.001	104.9676	381.915
inv1	-.0000524	.0015552	-0.03	0.973	-.0031101	.0030053
inv2	-.0014312	.0039795	-0.36	0.719	-.0092553	.0063928
ssize	-24.17391	1.69074	-14.30	0.000	-27.49807	-20.84975
start	-8.224629	12.7344	-0.65	0.519	-33.2617	16.81244
_cons	-3509.928	1988.711	-1.76	0.078	-7419.928	400.0707
-----+-----						

Метод последовательного исключения переменных

reg sales margin nown nfull npart naux hoursw hourspw inv2 ssize start

Source	SS	df	MS	Number of obs =	400
-----+-----			F(10, 389) = 29.04		
Model	2.3846e+09	10	238463163	Prob > F	= 0.0000
Residual	3.1945e+09	389	8211984.72	R-squared	= 0.4274
-----+-----			Adj R-squared = 0.4127		
Total	5.5791e+09	399	13982691	Root MSE	= 2865.7

sales	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
margin	69.07279	32.92006	2.10	0.037	4.349271	133.7963
nown	740.4297	370.8731	2.00	0.047	11.26306	1469.596
nfull	1378.033	292.088	4.72	0.000	803.7644	1952.302
npart	1110.099	263.2089	4.22	0.000	592.609	1627.589
naux	997.3463	448.6619	2.22	0.027	115.2406	1879.452
hoursw	-2.720658	10.70767	-0.25	0.800	-23.77281	18.3315
hourspw	243.301	70.21732	3.46	0.001	105.2481	381.354
inv2	-.0014861	.0036262	-0.41	0.682	-.0086155	.0056433
ssize	-24.17753	1.685145	-14.35	0.000	-27.49066	-20.8644
start	-8.178698	12.64501	-0.65	0.518	-33.03982	16.68242
_cons	-3508.412	1985.648	-1.77	0.078	-7412.357	395.5331

Метод последовательного исключения переменных

```
reg      sales margin nown nfull npart naux hourspw inv2      ssize start

Source   SS      df      MS Number of obs   =   400
              F( 9, 390)           =   32.34
Model    2.3841e+09   9  264900164  Prob > F = 0.0000
Residual 3.1950e+09  390 8192287.73      R-squared      = 0.4273
              Adj R-squared   = 0.4141
Total    5.5791e+09  399 13982691  Root MSE      = 2862.2
```

sales	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf.Interval]	
margin	68.03328	32.62566	2.09	0.038	3.889102	132.1775
nown	666.3008	228.7003	2.91	0.004	216.6611	1115.94
nfull	1315.042	154.2658	8.52	0.000	1011.746	1618.339
npart	1079.118	232.9839	4.63	0.000	621.0568	1537.18
naux	936.1306	378.0323	2.48	0.014	192.8944	1679.367
hourspw	226.493	23.51939	9.63	0.000	180.2523	272.7337
inv2	-.0014329	.0036158	-0.40	0.692	-.0085418	.005676
ssize	-24.24519	1.661976	-14.59	0.000	-27.51275	-20.97764
start	-7.799186	12.54142	-0.62	0.534	-32.45643	16.85806
_cons	-3127.498	1300.478	-2.40	0.017	-5684.322	-570.6728

И т.д.

Метод последовательного включения переменных

stepwise, pe(0.1): reg sales margin nown nfull npart naux hoursw hourspw inv1
 inv2 ssize start

begin with empty model

p = 0.0000 < 0.1000 adding ssize

p = 0.0000 < 0.1000 adding hoursw

p = 0.0002 < 0.1000 adding nfull

p = 0.0025 < 0.1000 adding npart

p = 0.0063 < 0.1000 adding hourspw

p = 0.0898 < 0.1000 adding margin

Source SS df MS Number of obs = 400

F(6, 393) = 46.98

Model 2.3303e+09 6 388376865 Prob > F = 0.0000

Residual 3.2488e+09 393 8266749.37 R-squared = 0.4177

Adj R-squared = 0.4088

Total 5.5791e+09 399 13982691 Root MSE = 2875.2

sales	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
ssize	-24.24045	1.6359	-14.82	0.000	-27.45666	-21.02424
hoursw	18.15945	6.112656	2.97	0.003	6.141849	30.17704
nfull	897.7947	211.7212	4.24	0.000	481.5469	1314.042
npart	855.3101	242.858	3.52	0.000	377.8467	1332.773
hourspw	113.2123	45.44868	2.49	0.013	23.8594	202.5653
margin	50.11734	29.46866	1.70	0.090	-7.818595	108.0533
_cons	510.3715	1198.688	0.43	0.671	-1846.271	2867.014

Метод последовательного включения переменных

stepwise, pe(0.1): reg start ssize inv2 inv1 hourspw hoursw naux npart nfull nown
margin

begin with empty model
 $p = 0.0000 < 0.1000$ adding margin
 $p = 0.0111 < 0.1000$ adding hourspw
 $p = 0.0211 < 0.1000$ adding npart
 $p = 0.0437 < 0.1000$ adding nown

Source	SS	df	MS	Number of obs =	400
-----+-----				F(4, 395) =	34.54
Model	18277.8738	4	4569.46846	Prob > F	= 0.0000
Residual	52259.5368	395	132.302625	R-squared	= 0.2591
-----+-----				Adj R-squared =	0.2516
Total	70537.4106	399	176.78549	Root MSE	= 11.502

start	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
margin	1.076729	.1178685	9.13	0.000	.8450005	1.308457
hourspw	.2493196	.0830748	3.00	0.003	.0859955	.4126437
npart	2.035627	.8341378	2.44	0.015	.395722	3.675532
nown	-1.842024	.9102377	-2.02	0.044	-3.63154	-.0525076
_cons	-4.488794	4.443053	-1.01	0.313	-13.22378	4.246195

Теорема о “корне из r”

Пусть оценены коэффициенты регрессии

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Т.е. $\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \dots + \hat{\beta}_k X_k$

Если для r оценок коэффициентов при непостоянных факторах выполняется условие $|t| < \sqrt{r}$, то при удалении соответствующих факторов X качество подгонки регрессии может увеличиться, т.е. при удалении этой группы факторов R^2_{adj} может увеличиться.

Замечание 1. Условие является необходимым, но не достаточным, т.е. при удалении соответствующей группы факторов R^2_{adj} может не увеличиться.

Теорема о “корне из r ”

Замечание 2. Если $r = 1$, то условие является не только необходимым, но и достаточным, т.е. при удалении одного фактора с t – статистикой, меньше 1 (по модулю) R^2_{adj} увеличится.

Example. $Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_6 X_6 + \varepsilon,$

$t = 1.2, 1.5, 1.6, 2.3, 2.7,$

$r = 1, -,$

$r = 2, \sqrt{2} \approx 1.41, -,$

$r = 3, \sqrt{3} \approx 1.71, t = 1.2, 1.5, 1.6 < 1.71,$

$r = 4, \sqrt{4} = 2, -,$

$r = 5, \sqrt{5} \approx 2.236, -,$

Пример

В файле data 6.6 содержатся данные об аренде жилья из базы НОБУС о месячной арендной плате за жилье.

Переменные:

a003pt – тип населенного пункта (1 – город с численностью более 1 млн.чел, ..., 8 – село),

r203 – месячная арендная плата за жилье, если снимать,

r204 – год постройки жилья,

r205 – материал, из которого построены внешние стены жилья (1- кирпич, 2 – бетонные панели, 3- камень, 4 – дерево, 5 – другой материал),

r206 – этажность здания,

r207 – наличие лифта в доме,

r208m01 – общая площадь жилища в м²,

r208m02 – жилая площадь жилища в м²,

r209 – наличие электричества в д/х,

r210 – тип отопления в доме (1 – коллективное центральное отопление, 2 - индивидуальное отопление газом, 3 - индивидуальное отопление дровами, 4 – другое),

r211- откуда берется вода (1 – водопровод в квартире, 2 – колодец во дворе, 3 – общественная колонка, 4 – общественный колодец, 5 – из водоема, 6 – вода привозная, 7 – другое),

Пример 2

r212m1 - наличие канализации (1 – да, 2 – нет),

r212m2 - наличие горячего водоснабжения (1 – да, 2 – нет),

r212m3 - наличие санузла внутри помещения (1 – да, 2 – нет),

r212m4 - наличие ванны, душевой (1 – да, 2 – нет),

r212m5 - наличие газа (1 – да, 2 – нет),

r212m6 - наличие электроплиты (1 – да, 2 – нет),

r212m7 - наличие телефона (1 – да, 2 – нет).

reg r203 r204 r205 r206 r207 r208m01 r208m02 r209 r210 r211 r212m1 r212m2 r212m3
r212m4 r212m5 r212m6 r212m7

Adj R-squared = 0.2860

r203	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
r204	.4397018	.1328318	3.31	0.001	.1793253	.7000784
r205	-30.98764	11.19581	-2.77	0.006	-52.93364	-9.041638
r206	202.0962	6.181453	32.69	0.000	189.9794	214.2131
r207	3.509889	2.505189	1.40	0.161	-1.400775	8.420554
r208m01	1.490023	.6665292	2.24	0.025	.1834942	2.796551
r208m02	7.332909	1.073681	6.83	0.000	5.228282	9.437536
r209	5.080075	13.77277	0.37	0.712	-21.91728	32.07743
r210	21.17051	13.04943	1.62	0.105	-4.408944	46.74996
r211	-30.15348	12.42321	-2.43	0.015	-54.50542	-5.801542
r212m1	-123.8872	31.91985	-3.88	0.000	-186.4564	-61.31798
r212m2	-242.4452	36.87398	-6.57	0.000	-314.7255	-170.165
r212m3	254.495	49.92503	5.10	0.000	156.6321	352.3579
r212m4	-371.7929	56.52312	-6.58	0.000	-482.5894	-260.9965
r212m5	104.5059	32.15591	3.25	0.001	41.47394	167.5378
r212m6	-380.7715	39.61693	-9.61	0.000	-458.4284	-303.1145
r212m7	-2.487258	1.450154	-1.72	0.086	-5.329846	.355329
_cons	827.4628	252.4822	3.28	0.001	332.548	1322.378

r = 4

reg r203 r204 r205 r206 r208m01 r208m02 r211 r212m1 r212m2 r212m3 r212m4
r212m5 r212m6

Adj R-squared = 0.2833

r203	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
r204	.466184	.1128818	4.13	0.000	.2449134	.6874545
r205	-25.08236	10.94542	-2.29	0.022	-46.53754	-3.62718
r206	196.7912	5.54161	35.51	0.000	185.9286	207.6539
r208m01	1.667629	.6405464	2.60	0.009	.4120321	2.923226
r208m02	7.087622	1.054299	6.72	0.000	5.020988	9.154256
r211	-8.784775	4.749058	-1.85	0.064	-18.09386	.5243118
r212m1	-96.20204	28.61918	-3.36	0.001	-152.3013	-40.10282
r212m2	-267.7058	30.72414	-8.71	0.000	-327.9311	-207.4804
r212m3	277.6937	48.62443	5.71	0.000	182.3802	373.0071
r212m4	-408.502	53.80688	-7.59	0.000	-513.9741	-303.03
r212m5	105.3527	31.96179	3.30	0.001	42.70127	168.0041
r212m6	-376.0485	39.35726	-9.55	0.000	-453.1964	-298.9005
_cons	799.5115	215.8768	3.70	0.000	376.3505	1222.672

r = 1

reg r203 r204 r205 r206 r207 r208m01 r208m02 r210 r211 r212m1 r212m2 r212m3
r212m4 r212m5 r212m6 r212m7 Adj R-squared = 0.2861

r203	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
r204	.4392003	.1316196	3.34	0.001	.1811999	.6972007
r205	-30.34527	11.10232	-2.73	0.006	-52.10801	-8.582533
r206	202.8326	5.845733	34.70	0.000	191.3738	214.2914
r207	3.676723	2.440634	1.51	0.132	-1.107401	8.460847
r208m01	1.472691	.6652407	2.21	0.027	.1686886	2.776694
r208m02	7.358593	1.072067	6.86	0.000	5.25713	9.460056
r210	22.04013	12.8414	1.72	0.086	-3.131529	47.2118
r211	-30.87586	12.26581	-2.52	0.012	-54.91926	-6.832462
r212m1	-126.31	31.2354	-4.04	0.000	-187.5375	-65.08247
r212m2	-237.8919	33.00972	-7.21	0.000	-302.5975	-173.1864
r212m3	258.233	49.00863	5.27	0.000	162.1664	354.2995
r212m4	-375.8064	55.07122	-6.82	0.000	-483.7569	-267.856
r212m5	104.3208	32.14783	3.25	0.001	41.30472	167.3369
r212m6	-379.0669	39.40656	-9.62	0.000	-456.3115	-301.8223
r212m7	-2.522396	1.437339	-1.75	0.079	-5.339864	.2950725
_cons	823.0116	250.8121	3.28	0.001	331.3705	1314.653

stepwise, pr(0.05): reg r203 r204 r205 r206 r207 r208m01 r208m02 r209 r210 r211
 r212m1 r212m2 r212m3 r212m4 r212m5 r212m6 r212m7

begin with full model

p = 0.7122 >= 0.0500 removing r209

p = 0.1288 >= 0.0500 removing r207

p = 0.2593 >= 0.0500 removing r212m7

Adj R-squared = 0.2859

r203	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+						
r204	.410805	.1286401	3.19	0.001	.1586451	.6629649
r205	-28.0391	10.99239	-2.55	0.011	-49.58634	-6.491858
r206	204.1189	5.790608	35.25	0.000	192.7682	215.4696
r212m6	-382.0085	39.37463	-9.70	0.000	-459.1905	-304.8265
r208m01	1.529256	.6433419	2.38	0.017	.2681792	2.790333
r208m02	7.338344	1.05609	6.95	0.000	5.268199	9.408489
r212m5	99.87517	31.98271	3.12	0.002	37.18276	162.5676
r210	24.66382	12.52983	1.97	0.049	.1028884	49.22476
r211	-31.32608	12.2433	-2.56	0.011	-55.32534	-7.326805
r212m1	-124.602	31.17879	-4.00	0.000	-185.7185	-63.48541
r212m2	-232.177	33.21961	-6.99	0.000	-297.294	-167.06
r212m3	259.1024	49.00936	5.29	0.000	163.0344	355.1704
r212m4	-381.0481	54.99462	-6.93	0.000	-488.8484	-273.2478
_cons	872.6439	245.0481	3.56	0.000	392.3015	1352.986

stepwise, pe(0.05): reg r203 r206 r212m2 r208m02 r212m6 r212m4 r205 r212m5 r212m3 r212m1
r204 r208m01

begin with empty model

p = 0.0000 < 0.0500 adding r206
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r212m2
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r208m02
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r212m6
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r204
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r205
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r212m4
 p = 0.0000 < 0.0500 adding r212m3
 p = 0.0020 < 0.0500 adding r212m1
 p = 0.0010 < 0.0500 adding r212m5
 p = 0.0185 < 0.0500 adding r208m01

Adj R-squared = 0.2831

r203	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
r206	197.3864	5.532918	35.67	0.000	186.5408	208.232
r212m2	-268.8213	30.72187	-8.75	0.000	-329.0422	-208.6004
r208m02	7.303287	1.047957	6.97	0.000	5.249085	9.35749
r212m6	-376.2769	39.36173	-9.56	0.000	-453.4336	-299.1202
r204	.542568	.1050704	5.16	0.000	.3366094	.7485266
r205	-25.92254	10.93729	-2.37	0.018	-47.36178	-4.483294
r212m4	-408.7439	53.81311	-7.60	0.000	-514.2282	-303.2596
r212m3	267.5707	48.32123	5.54	0.000	172.8516	362.2898
r212m1	-90.83817	28.47528	-3.19	0.001	-146.6553	-35.02102
r212m5	104.7584	31.96397	3.28	0.001	42.10273	167.4141
r208m01	1.492547	.6335902	2.36	0.019	.2505861	2.734509
_cons	646.5848	199.4431	3.24	0.001	255.6373	1037.532

Метод главных компонент

$$X = [X_1, \dots, X_k], \text{Var}[X] = V, -$$

$$Z_1 = \alpha_{11}X_1 + \dots + \alpha_{1k}X_k = \alpha_1' X, \quad \alpha_{11}^2 + \dots + \alpha_{1k}^2 = 1,$$

$$\text{Var}(Z_1) \rightarrow \max, \alpha_1' \alpha_1 = 1,$$

$$\text{Var}(Z_1) = \alpha_1' V \alpha_1,$$

$$L(\alpha_1) = \alpha_1' V \alpha_1 - \lambda_1 (\alpha_1' \alpha_1 - 1) \rightarrow \max,$$

$$V \alpha_1 = \lambda_1 \alpha_1,$$

λ_1 is the max characteristic root of V ,

α_1 is the corresponding characteristic vector.

Метод главных компонент

Let $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ are the characteristic root of V (in decreasing order),
 $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ are the corresponding characteristic vectors.

Linear functions : $Z_1 = \alpha_1' X, \dots, Z_k = \alpha_k' X$.

Then $Var(Z_1) = \alpha_1' V \alpha_1 = \lambda_1, \dots, Var(Z_k) = \alpha_k' V \alpha_k = \lambda_k$.

Z_1, \dots, Z_k are called the principal components of X_1, \dots, X_k .

Properties of principal components :

$$1) Var(Z_1) + \dots + Var(Z_k) = \lambda_1 + \dots + \lambda_k = \\ = trace(V) = Var(X_1) + \dots + Var(X_k)$$

2) $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ are orthogonal vectors \Rightarrow

Z_1, \dots, Z_k are orthogonal or uncorrelated.

Ridge, LASSO и т.п. оценки регрессии

$$RSS = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{1i} - \dots - \hat{\beta}_k X_{ki})^2$$

$$OLS : RSS \rightarrow \min_{\hat{\beta}}$$

$$Ridge : RSS + \lambda \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^2 \rightarrow \min_{\hat{\beta}}$$

$$LASSO : RSS + \lambda \sum_{j=1}^k |\hat{\beta}_j| \rightarrow \min_{\hat{\beta}}$$

Ridge (гребневые) оценки регрессии

$$RSS \rightarrow \min_{\hat{\beta}} \text{ при ограничении } \text{и } \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^2 < c$$

равносильно 0

$$Ridge : RSS + \lambda \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j^2 \rightarrow \min_{\hat{\beta}}$$

Ridge (гребневые) оценки регрессии

$$\hat{\beta}_{Ridge} = (X'X + \lambda I)^{-1} X'Y$$

$$V(\hat{\beta}_{Ridge}) = \sigma_{\varepsilon}^2 (X'X + \lambda I)^{-1} X'X (X'X + \lambda I)^{-1} < \\ < \sigma_{\varepsilon}^2 (X'X)^{-1} = V(\hat{\beta}_{OLS})$$

LASSO оценки регрессии

*LASSO – least absolut shrinkage
and selection operator*

$$RSS \rightarrow \min_{\hat{\beta}} \text{ при ограничении } \sum_{j=1}^k |\hat{\beta}_j| < c$$

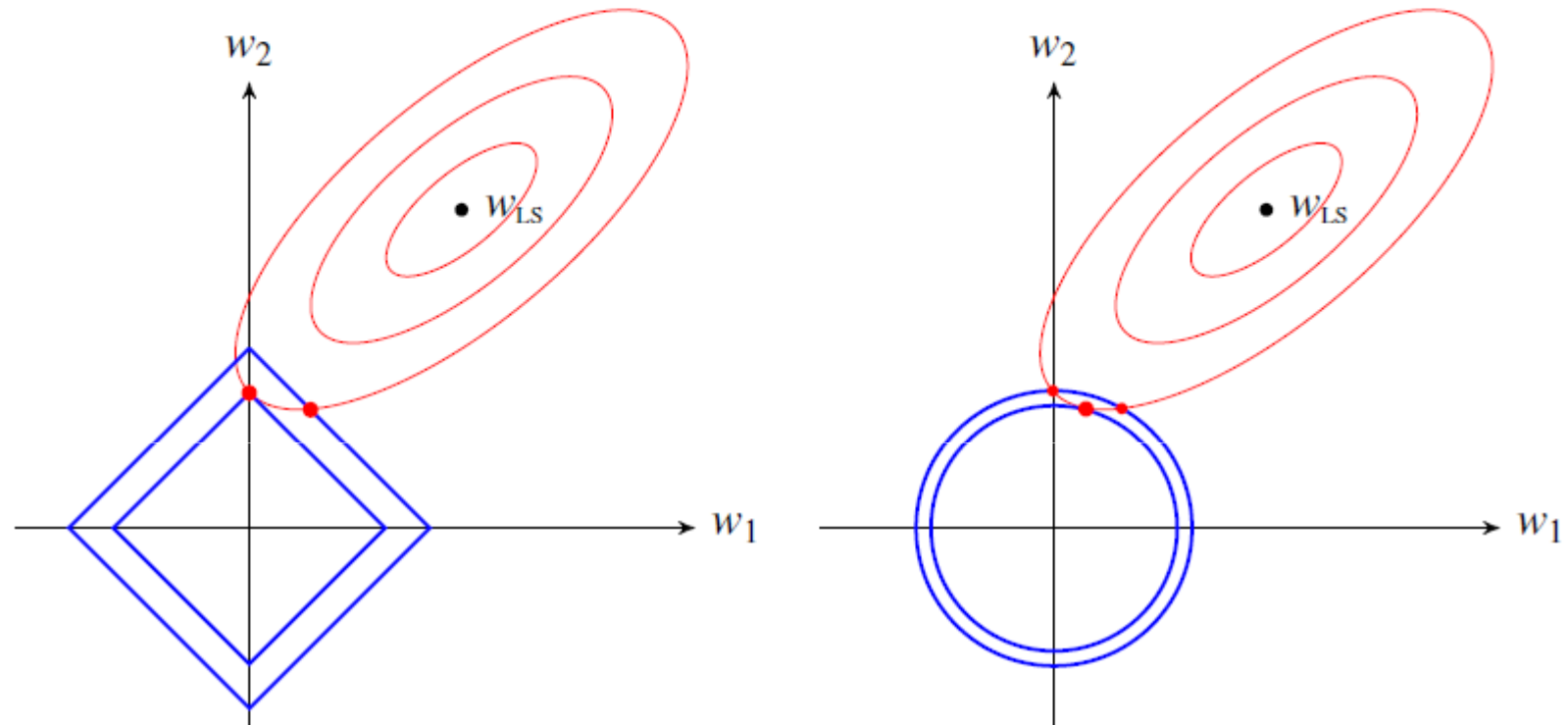
равносильно

$$LASSO : RSS + \lambda \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j \rightarrow \min_{\hat{\beta}}$$

$$\lambda \rightarrow 0, \quad \hat{\beta}_{LASSO} \rightarrow \hat{\beta}_{OLS}$$

$$\lambda \rightarrow \infty, \quad \hat{\beta}_{LASSO} \rightarrow 0$$

RIDGE REGRESSION VS LASSO



COEFFICIENT PROFILES: RR vs LASSO

