

# Mô hình Multivariate Probit và ứng dụng

**Phạm Khánh Nam**

Khoa Kinh tế Phát triển  
ĐH Kinh tế TP. HCM

1

## Nội dung

- Mô hình Multivariate probit
- Ứng dụng
  - Vốn xã hội và thích ứng với biến đổi khí hậu
  - Tính ổn định của sự ưa thích xã hội

2

## Mô hình Multivariate probit

- Ví dụ...

TABLE 1  
Summary of Sample Statistics of Participation in Tobacco, Alcohol and Marijuana\*

| Percent Participating in: | Joint Probability | T (marginal) | A (marginal) | M (marginal) |
|---------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| T only                    | 1.9               | 1.9          |              |              |
| A only                    | 55.4              |              | 55.4         |              |
| M only                    | 0.2               |              |              | 0.2          |
| T and A only              | 13.8              | 13.8         | 13.8         |              |
| T and M only              | 0.3               | 0.3          |              | 0.3          |
| A and M only              | 6.0               |              | 6.0          | 6.0          |
| T and A and M             | 7.7               | 7.7          | 7.7          | 7.7          |
| None                      | 14.7              |              |              |              |
| Total                     | 100               | 23.7         | 82.9         | 14.2         |

\* Measured as percentages of total respondents based on samples from NDSHS (2001) involving over 40 000 individuals. Missing observations are excluded in calculations.

Zhao, x. and M. Harris (2004) Demand for marijuana, alcohol and tobacco: participation, levels of consumption and cross-equation correlations. The Economic Record, 80 (251) 394–410.

3

## Mô hình Multivariate probit

Ví dụ: 1 cá nhân 3 lựa chọn

$y_i = 1$ : chọn

$y_i = 0$ : không chọn

**Quyết định dùng chất gây nghiện**

$y_1$ : Hút thuốc

$y_2$ : Uống rượu

$y_3$ : Dùng marijuana

$$y_1 = x' \beta_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = x' \beta_2 + \varepsilon_2$$

$$y_3 = x' \beta_3 + \varepsilon_3$$

1. Mô hình Probit/Logit
2. Mô hình Multinomial logit
3. **Mô hình Probit đa biến (Multivariate probit model)**

4

## Mô hình Multivariate probit

Ví dụ: 1 cá nhân 3 lựa chọn

$y_i = 1$ : chọn

$y_i = 0$ : không chọn

**Mua bảo hiểm xe ô tô**

$y_1$ : bảo hiểm tài sản người bị nạn

$y_2$ : bảo hiểm tài sản người gây tai nạn

$y_3$ : bảo hiểm thương tích người bị nạn

$$y_1 = x'_1 \beta_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = x'_2 \beta_2 + \varepsilon_2$$

$$y_3 = x'_3 \beta_3 + \varepsilon_3$$

1. Mô hình Probit/Logit
2. Mô hình Multinomial logit
3. **Mô hình Probit đa biến (Multivariate probit model)**

5

## Mô hình Multivariate probit

- Mô hình 2 phương trình:

$$y_1^* = x_1' \beta_1 + \varepsilon_1 \quad y_1 = 1 \text{ if } y_1^* > 0, 0 \text{ otherwise}$$

$$y_2^* = x_2' \beta_2 + \varepsilon_2 \quad y_2 = 1 \text{ if } y_2^* > 0, 0 \text{ otherwise}$$

$$E[\varepsilon_1 | x_1, x_2] = E[\varepsilon_2 | x_1, x_2] = 0$$

$$Var[\varepsilon_1 | x_1, x_2] = Var[\varepsilon_2 | x_1, x_2] = 1$$

$$Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_2 | x_1, x_2] = \rho$$

- Ước lượng maximum likelihood (Xem Greene (2003, p. 710))
- Kiểm định hệ số tương quan bằng 0 (Xem Greene (2003, p. 712))
- Tính toán hệ số tác động (marginal effects)

6

## Nghiên cứu tình huống 1: Thích ứng biến đổi khí hậu và vốn xã hội

Áp Giồng Trôm, xã An Ngãi Tây, huyện Ba tri, Bến tre

- Trình độ văn hóa thấp (lớp 5)
- Diện tích đất canh tác nhỏ (0.47 hecta), chủ yếu trồng lúa
- Thu nhập từ nông nghiệp/tổng thu nhập = 0.4
- Thu nhập trung bình tháng 1.8 triệu đồng

- Nước biển dâng
- Lượng mưa giảm
- Thời tiết thay đổi bất thường
- Tần suất các cơn bão tăng

7

## Đo lường các biện pháp thích ứng biến đổi khí hậu

- Chọn lựa các biện pháp:

| Biện pháp                        | Số lượng | Phần trăm |
|----------------------------------|----------|-----------|
| <b>Hoạt động nông nghiệp</b>     |          |           |
| Thay đổi lịch gieo trồng         | 112      | 56.0%     |
| Thay đổi giống và loại cây trồng | 77       | 38.5%     |
| Thay đổi phương pháp canh tác    | 80       | 40.0%     |
| <b>Sử dụng nước sinh hoạt</b>    |          |           |
| Đầu tư hệ thống trữ nước mưa     | 149      | 74.5%     |
| Thay đổi cách thức sử dụng nước  | 102      | 51.0%     |
| <b>Đề phòng bão lụt</b>          |          |           |
| Sửa chữa, gia cố nhà             | 127      | 63.5%     |

8

## Vốn xã hội

- 4 chỉ số đo lường vốn xã hội:
  - **Thể chế chính thức (Formal institution)**: số lượng các tổ chức đoàn thể mà các thành viên gia đình tham gia
  - **Thể chế phi chính thức (Informal institution)**: số lượng bạn thân
  - **Lòng tin (Trust)**: thang đo 5 mức độ đối với nhận định "Đa số mọi người sống ở địa phương này đều tin được"
  - **Hợp tác (cooperation)**: đo lường bằng thực nghiệm hàng hóa công (public good experiments)

|                        | Trung bình | Phương sai | Tối thiểu | Tối đa |
|------------------------|------------|------------|-----------|--------|
| Thể chế chính thức     | 0.91       | 1.09       | 0         | 6      |
| Thể chế phi chính thức | 3.91       | 5.05       | 0         | 40     |
| Lòng tin               | 3.18       | 1.21       | 1         | 5      |
| Hợp tác                | 5.27       | 2.37       | 0         | 10     |

## Lấy mẫu và mô hình kinh tế lượng

- 200 quan sát từ một ấp

$$x^j = \alpha + \sum_{i=1}^4 \beta_i s c_i^j + \sum_{i=1}^8 \gamma_i s_i^j + \varepsilon^j$$

$x^1$ : thay đổi lịch gieo trồng

$x^2$ : thay đổi giống cây trồng

$x^3$ : thay đổi phương thức canh tác

## Stata

```
mvprobit equation1 equation2 ... equationM [weight] [if exp] [in range]
      [, draws(#) seed(#) beta0 atrho0(matrix_name) robust
      cluster(varname) constraints(numlist) level(#) maximize_options]
```

```
mvppred newvarname_prefix [if exp] [in range] [, statistic]
```

where *statistic* is one of

|               |                                                                                                                                                      |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>x</u> b    | the linear prediction for each equation; the default.                                                                                                |
| <u>s</u> tdp  | the standard error of the linear predictions for each equation.                                                                                      |
| <u>p</u> marg | the marginal success probability for each equation.                                                                                                  |
| <u>p</u> all  | the joint probabilities: (i) $\Pr(y_{im} = 1, \text{ for all } m = 1, \dots, M)$ , and<br>(ii) $\Pr(y_{im} = 0, \text{ for all } m = 1, \dots, M)$ . |

11

## Stata

- mvprobit (calsea=fassoc network1 trust1 erscal10  
incratio income lands nlabor age1 edu1 genhead)  
(diversify=fassoc network1 trust1 erscal10  
incratio income lands nlabor age1 edu1 genhead)  
(technique=fassoc network1 trust1 erscal10  
incratio income lands nlabor age1 edu1 genhead)  
if lands>0,dr(200)

12

```

. mvprobit (calsea=fassoc network1 trust1 erscall10 incratio income lands nlabor
> age1 edul genhead) (diversify=fassoc network1 trust1 erscall10 incratio income
> lands nlabor age1 edul genhead) (technique=fassoc network1 trust1 erscall10 inc
> ratio income lands nlabor age1 edul genhead) if (lands>0,dir(200))

Iteration 0: log likelihood = -336.50942
Iteration 1: log likelihood = -321.42044
Iteration 2: log likelihood = -320.01735
Iteration 3: log likelihood = -319.99644
Iteration 4: log likelihood = -319.99644

Multivariate probit (MSL, # draws = 200)      Number of obs   =    182
                                                Wald chi2(33)    =    50.84
Log likelihood = -319.99644                    Prob > chi2      =    0.0244

```

|           | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| calsea    |           |           |       |       |                      |
| fassoc    | -.4252417 | .340429   | 1.25  | 0.212 | -.2419869 1.09247    |
| network1  | -.0282247 | .0195666  | -1.44 | 0.149 | -.0665745 .010125    |
| trust1    | .0697697  | .0846292  | 0.82  | 0.410 | -.0961005 .23564     |
| erscall10 | -.0781282 | .0446331  | -1.75 | 0.080 | -.1656074 .009351    |
| incratio  | 1.009877  | .3939525  | 2.56  | 0.010 | .2377442 1.78201     |
| income    | .1476862  | .0897402  | 1.65  | 0.100 | -.0282015 .325738    |
| lands     | -.0220299 | .0396722  | -0.56 | 0.579 | -.0997859 .0557262   |
| nlabor    | .1799918  | .0765712  | 2.35  | 0.019 | .0299149 .3306866    |
| age1      | .0105779  | .0081571  | 1.30  | 0.195 | -.0054097 .0265655   |
| edul      | .2562225  | .1533545  | 1.67  | 0.095 | -.0443468 .5567918   |
| genhead   | -.0025506 | .2151181  | -0.01 | 0.991 | -.4241744 .4190733   |
| _cons     | -1.632945 | .7690283  | -2.12 | 0.034 | -3.140212 -.125677   |
| diversify |           |           |       |       |                      |
| fassoc    | -.649408  | .3154337  | 2.06  | 0.040 | -.0311692 1.267647   |
| network1  | -.0231147 | .0208312  | -1.13 | 0.267 | -.0639431 .0177136   |
| trust1    | -.07103   | .0849031  | -0.84 | 0.403 | -.2374371 .095377    |
| erscall10 | -.0437427 | .0441362  | -0.99 | 0.322 | -.130248 .0427627    |
| incratio  | .5222271  | .3946196  | 1.32  | 0.186 | -.2512131 1.295667   |
| income    | -.0504011 | .0856739  | 0.59  | 0.556 | -.1175166 .2183189   |
| lands     | -.0595109 | .040668   | -1.46 | 0.143 | -.1392187 .0201969   |
| nlabor    | .2469802  | .0764701  | 3.23  | 0.001 | .0971016 .3968589    |
| age1      | .0133223  | .0082097  | 1.62  | 0.105 | -.0027684 .028413    |
| edul      | .2504178  | .1473457  | 1.70  | 0.089 | -.0383744 .53921     |
| genhead   | -.271463  | .2165332  | -1.25 | 0.210 | -.6958602 .1529342   |
| _cons     | -1.557148 | .7513984  | -2.07 | 0.038 | -3.029862 -.0844343  |
| technique |           |           |       |       |                      |
| fassoc    | .0538818  | .3183559  | 0.17  | 0.866 | -.5700843 .677848    |
| network1  | .0511971  | .0224674  | 2.28  | 0.023 | .0071618 .0952324    |
| trust1    | .0664082  | .0833587  | 0.80  | 0.426 | -.0969719 .2297882   |
| erscall10 | -.0636566 | .0432682  | -1.48 | 0.139 | -.1487697 .0208385   |
| incratio  | .7388527  | .3765767  | 1.96  | 0.050 | .0007759 1.476929    |
| income    | .0725346  | .0851814  | 0.85  | 0.394 | -.0944178 .239487    |
| lands     | -.0168543 | .0394183  | -0.43 | 0.669 | -.0941128 .0604041   |
| nlabor    | .0376483  | .0737041  | 0.51  | 0.609 | -.106809 .1821057    |
| age1      | .0092219  | .0078557  | 1.17  | 0.241 | -.0063778 .0246159   |
| edul      | -.0171921 | .1440557  | -0.12 | 0.905 | -.2995386 .2651543   |
| genhead   | -.1203093 | .1115513  | -0.57 | 0.570 | -.3494423 .2943236   |
| _cons     | -1.025221 | .7430999  | -1.38 | 0.168 | -2.481671 .4312277   |
| /atrho21  | .5815303  | .1432896  | 4.06  | 0.000 | .3006878 .8623729    |
| /atrho31  | .4322376  | .1359062  | 3.18  | 0.001 | .1658664 .6986089    |
| /atrho32  | .3452527  | .1293109  | 2.67  | 0.008 | .0918079 .5986975    |
| rho21     | .5237768  | .1039793  | 5.04  | 0.000 | .2919419 .6974782    |
| rho31     | .4071896  | .1133725  | 3.59  | 0.000 | .1643619 .603484     |
| rho32     | .3321587  | .1150441  | 2.89  | 0.004 | .0915509 .5361221    |

Likelihood ratio test of rho21 = rho31 = rho32 = 0:  
chi2(3) = 33.026 Prob > chi2 = 0.0000

13

## Tính hệ số tác động biên (Marginal effects)

$$\begin{aligned}
\bullet ME &= \frac{\partial P(y_i | y_j, y_k, x_i, x_j, x_k)}{\partial x} = \left( \frac{\Phi_3}{\Phi_2} \right)'_x = \\
&\frac{\Phi_3' \Phi_2 - \Phi_3 \Phi_2'}{\Phi_2^2} = \frac{\Phi_3'}{\Phi_2} - \frac{\Phi_3 \Phi_2'}{\Phi_2^2} = \\
&\frac{1}{\Phi_2} \left( \gamma_i g_{2i} + \gamma_j g_{2j} + \gamma_k g_{2k} \right) - \\
&\frac{\Phi_3}{\Phi_2^2} \left( g_j \gamma_j + g_k \gamma_k \right)
\end{aligned}$$

14

## Tính hệ số tác động biên (Marginal effects)

- Xác suất không điều kiện (unconditional probabilities of adaptation)

$$\partial E(y_i|\mathbf{x})/\partial x_j = \varphi(\mathbf{x}'\hat{\beta}_i) \times \hat{\beta}_{ij}$$

- Xác suất có điều kiện và kết hợp (joint and conditional probabilities of adaptation)

$$ME = \frac{\partial P(y_i = 1|y_j = 1, y_k = 0; x_i, x_j, x_k)}{\partial x}$$

15

## Stata

```

predict xb1, xb eq(#1)
quietly summarize xb1
scalar meanxb1=r(mean)
scalar phi=normalden(meanxb1)
nlcom _b[fassoc]*phi
nlcom _b[network1]*phi
nlcom _b[trust1]*phi
nlcom _b[erscal10]*phi
nlcom _b[incratio]*phi
nlcom _b[income]*phi
nlcom _b[lands]*phi
nlcom _b[nlabor]*phi
nlcom _b[age1]*phi
nlcom _b[edu1]*phi
nlcom _b[genhead]*phi

```

16

### Ước lượng mô hình Multivariate Probit chọn lựa biện pháp thích ứng trong nông nghiệp

| Biến số<br>Biến phụ thuộc | Mô hình 1                   |                                |                                     | Mô hình 2                   |                                |                                     |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|                           | Thay đổi lịch<br>gieo trồng | Thay đổi<br>giống cây<br>trồng | Thay đổi<br>phương thức<br>canh tác | Thay đổi lịch<br>gieo trồng | Thay đổi<br>giống cây<br>trồng | Thay đổi<br>phương thức<br>canh tác |
| Thế chế chính thức        | 0.164                       | <b>0.243**</b>                 | 0.018                               | -                           | -                              | -                                   |
| Phi chính thức            | -0.011                      | -0.009                         | <b>0.020**</b>                      | -                           | -                              | -                                   |
| Lòng tin                  | 0.027                       | -0.027                         | 0.026                               | -                           | -                              | -                                   |
| Hợp tác                   | <b>-0.030*</b>              | -0.017                         | -0.025                              | -                           | -                              | -                                   |
| Nhận thức                 | -                           | -                              | -                                   | -0.010                      | 0.028                          | 0.010                               |
| Tin tưởng                 | -                           | -                              | -                                   | 0.013                       | <b>0.207**</b>                 | -0.044                              |
| Phụ thuộc NN              | <b>0.390**</b>              | 0.198                          | <b>0.288*</b>                       | <b>0.287*</b>               | 0.176                          | <b>0.261*</b>                       |
| Thu nhập                  | 0.057                       | 0.017                          | 0.027                               | 0.043                       | -0.002                         | 0.029                               |
| Diện tích đất             | -0.009                      | -0.023                         | -0.007                              | -0.001                      | -0.021                         | -0.005                              |
| Số lao động               | <b>0.070**</b>              | <b>0.096***</b>                | 0.015                               | <b>0.076***</b>             | <b>0.110***</b>                | 0.017                               |
| Tuổi                      | 0.004                       | 0.005                          | 0.004                               | 0.004                       | <b>0.006*</b>                  | 0.003                               |
| Giáo dục                  | <b>0.099*</b>               | <b>0.097*</b>                  | -0.005                              | 0.094                       | 0.072                          | 0.033                               |
| Giới tính chủ hộ          | 0.001                       | -0.102                         | -0.045                              | -0.012                      | -0.135                         | -0.052                              |
| $\rho_{12} = 0.524***$    |                             |                                |                                     | $\rho_{12} = 0.545***$      |                                |                                     |
| $\rho_{13} = 0.407***$    |                             |                                |                                     | $\rho_{13} = 0.392***$      |                                |                                     |
| $\rho_{23} = 0.332***$    |                             |                                |                                     | $\rho_{23} = 0.317***$      |                                |                                     |
| N = 182                   |                             |                                |                                     | 17                          |                                |                                     |

### Nghiên cứu tình huống 2: Tính ổn định của sự ưa thích xã hội (Stability of social preferences)

#### Lý thuyết kinh tế truyền thống

- Duy lý
- Ích kỷ
- Môi trường phi xã hội

#### Kinh tế học hành vi

- Phi lý trí
- Vị tha
- Môi trường xã hội

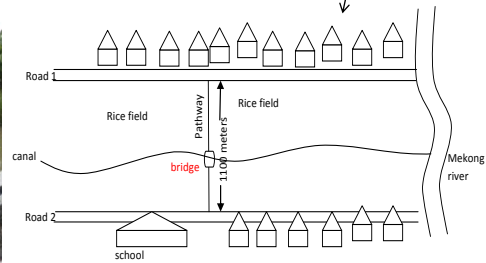
**Sự ưa thích xã hội:** quan tâm đến lợi ích bản thân và lợi ích của người khác

- *Vị tha (altruism)*
- *Không thích bất bình đẳng (Inequality aversion)*

## Địa điểm nghiên cứu

Ấp Giồng Trôm, xã An Ngãi Tây, Ba Tri, Bến Tre

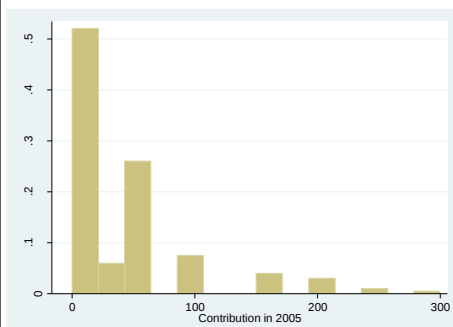
- Nhà nước đầu tư những công trình xây dựng lớn
- Cây cầu trong ấp xuống cấp



19

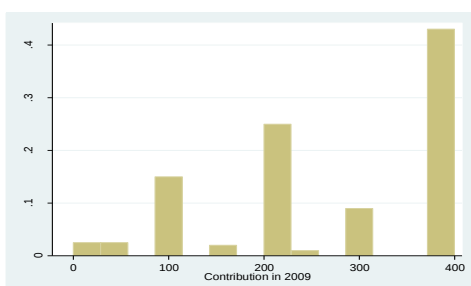
## Sự ưa thích xã hội năm 2005

- Đóng góp tự nguyện
- 3 người đi thu tiền
- Công bố thông tin đóng góp cho mọi người
- Kết quả: xây cầu gỗ



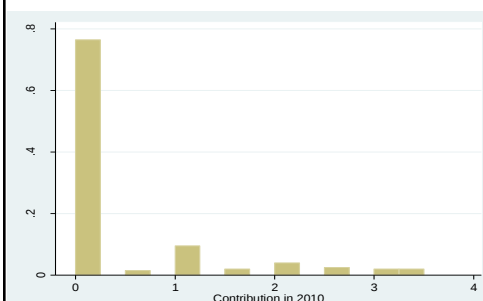
## Sự ưa thích xã hội 2009

- Cầu gỗ bị hư hỏng
- Thí nghiệm hàng hóa công cho 200 hộ:
  - Trao 400.000 đồng cho mỗi hộ gia đình
  - Gia đình muốn đóng góp bao nhiêu để xây cầu?
  - Tình thế tiến thoái lưỡng nan xã hội: có thể không đóng góp mà vẫn sử dụng được cây cầu
  - Mức đóng góp đo lường sự ưa thích xã hội



## Sự ưa thích xã hội 2010

- Tự nguyện đóng góp công lao động xây cầu
- Hai người đi vận động
- 19% số hộ gia đình không có trong danh sách vận động



## Kết quả...

### *Đóng góp trung bình trong 3 thí nghiệm*

| Thí nghiệm                     | Trung bình | Độ lệch tiêu chuẩn | % đóng góp 0 | Tối thiểu | Tối đa |
|--------------------------------|------------|--------------------|--------------|-----------|--------|
| 2005 (ngàn đồng)               | 39.45      | 55.80              | 0.47         | 0         | 300    |
| 2009 (ngàn đồng)               | 270.85     | 127.52             | 0.02         | 0         | 400    |
| 2010 (ngày công, toàn bộ mẫu)  | 0.40       | 0.85               | 0.77         | 0         | 3.5    |
| 2010 (ngày công, mẫu giới hạn) | 0.50       | 0.92               | 0.71         | 0         | 3.5    |

## Kết quả: phân tích phi tham số

### *Hệ số tương quan*

|               | Toàn bộ mẫu (N = 200) |               |               |
|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
|               | Đóng góp 2005         | Đóng góp 2009 | Đóng góp 2010 |
| Đóng góp 2005 | 1.00                  |               |               |
| Đóng góp 2009 | 0.30***               | 1.00          |               |
| Đóng góp 2010 | 0.41***               | 0.19***       | 1.00          |

|               | Mẫu giới hạn (N = 163) |               |               |
|---------------|------------------------|---------------|---------------|
|               | Đóng góp 2005          | Đóng góp 2009 | Đóng góp 2010 |
| Đóng góp 2005 | 1.00                   |               |               |
| Đóng góp 2009 | 0.31***                | 1.00          |               |
| Đóng góp 2010 | 0.41***                | 0.23***       | 1.00          |

## Phân tích tham số: Mô hình Multivariate Tobit

$$y_1 = x' \beta_1 + \varepsilon_1$$

$y_1$ : đóng góp 2005

$$y_2 = x' \beta_2 + \varepsilon_2$$

$y_2$ : đóng góp 2009

$$y_3 = x' \beta_3 + \varepsilon_3$$

$y_3$ : đóng góp 2010

$$E[\varepsilon_1|x] = E[\varepsilon_2|x] = E[\varepsilon_3|x] = 0$$

$$Var[\varepsilon_1|x] = Var[\varepsilon_2|x] = Var[\varepsilon_3|x] = 1$$

$$Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_2|x] = \rho_{12}$$

$$Cov[\varepsilon_2, \varepsilon_3|x] = \rho_{23}$$

$$Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_3|x] = \rho_{13}$$

## Stata

**\*\*\*không có biến số**

```
mvtobit (contri05 = ) (contri09 = ) (contri10 = ), draw(200)
```

**\*\*\*biến số liên quan tới cây cầu**

```
mvtobit (contri05 = brid1 brid2 brid3 brid4 )
```

```
(contri09 = brid1 brid2 brid3 brid4 treatH treatL treat5 treat4  
day dNN dVM dDL dCT dPT dHN dNH dDT dTT dLD dHL dTH dTD dTA)
```

```
(contri10 = brid1 brid2 brid3 brid4), draw(200)
```

**\*\*\* tất cả biến số**

```
mvtobit (contri05 = size age1 genhead edu1 incs landrice mem assoc  
brid1 brid2 brid3 brid4)
```

```
(contri09 = size age1 genhead edu1 incs landrice mem assoc  
brid1 brid2 brid3 brid4 treatH treatL treat5 treat4 day dNN dVM dDL  
dCT dPT dHN dNH dDT dTT dLD dHL dTH dTD dTA)
```

```
(contri10 = size age1 genhead edu1 incs landrice mem assoc  
brid1 brid2 brid3 brid4, draw(200)
```

26

## Kết quả...

|                         | Không có biến số (ngoại trừ hằng số) |                          |      | Chỉ biến số liên quan đến cây cầu |                          |      | Tất cả biến số           |                         |      |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------|-----------------------------------|--------------------------|------|--------------------------|-------------------------|------|
|                         | 2005                                 | 2009                     | 2010 | 2005                              | 2009                     | 2010 | 2005                     | 2009                    | 2010 |
| Mẫu hạn chế (N = 163)   |                                      |                          |      |                                   |                          |      |                          |                         |      |
| 2005                    | 1                                    |                          |      | 1                                 |                          |      | 1                        |                         |      |
| 2009                    | <b>0.29</b><br>(0.08)***             | 1                        |      | <b>0.26</b><br>(0.09)***          | 1                        |      | <b>0.21</b><br>(0.09)**  | 1                       |      |
| 2010                    | <b>0.50</b><br>(0.08)***             | <b>0.31</b><br>(0.09)*** | 1    | <b>0.47</b><br>(0.08)***          | <b>0.27</b><br>(0.10)*** | 1    | <b>0.42</b><br>(0.09)*** | <b>0.21</b><br>(0.10)** | 1    |
| LR test of independence | 45.389                               |                          |      | 35.181                            |                          |      | 24.169                   |                         |      |
| p-value                 | 0.000                                |                          |      | 0.000                             |                          |      | 0.000                    |                         |      |
| Toàn bộ mẫu (N = 200)   |                                      |                          |      |                                   |                          |      |                          |                         |      |
| 2005                    | 1                                    |                          |      | 1                                 |                          |      | 1                        |                         |      |
| 2009                    | <b>0.30</b><br>(0.07)***             | 1                        |      | <b>0.27</b><br>(0.08)***          | 1                        |      | <b>0.22</b><br>(0.08)**  | 1                       |      |
| 2010                    | <b>0.51</b><br>(0.07)***             | <b>0.27</b><br>(0.09)*** | 1    | <b>0.48</b><br>(0.08)***          | <b>0.25</b><br>(0.09)*** | 1    | <b>0.44</b><br>(0.09)*** | <b>0.19</b><br>(0.10)** | 1    |
| LR test of independence | 50.439                               |                          |      | 40.487                            |                          |      | 27.759                   |                         |      |
| p-value                 | 0.000                                |                          |      | 0.000                             |                          |      | 0.000                    |                         |      |
|                         |                                      |                          |      |                                   |                          |      |                          |                         |      |

## Kết luận

- Mô hình multivariate probit/tobit thuộc nhóm mô hình lựa chọn rời rạc (models for discrete choice)
- Hệ thống phương trình, phần dư ( $\varepsilon$ ) tương quan với nhau. Hai mục đích:
  - Tính đến ảnh hưởng của các yếu tố không quan sát được đến các quyết định khác nhau
  - Phần dư như là một thước đo, sự tương quan giữa các thước đo

## Tài liệu

- Greene, W. (2003) *Econometrics Analysis*, Fifth edition. Prentice Hall. USA.
- Cappellari, L. and S. Jenkins (2003) Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood. *Stata Journal*, Vol. 3, 278–294
- Zhao, x. and M. Harris (2004) Demand for marijuana, alcohol and tobacco: participation, levels of consumption and cross-equation correlations. *The Economic Record*, 80 (251) 394–410.
- Young, G., Valdez, E. and R. Kohn (2009) Multivariate probit models for conditional claim-types. *Insurance: Mathematics and Economics*. Vol. 44, 214–228

29