

COURSE

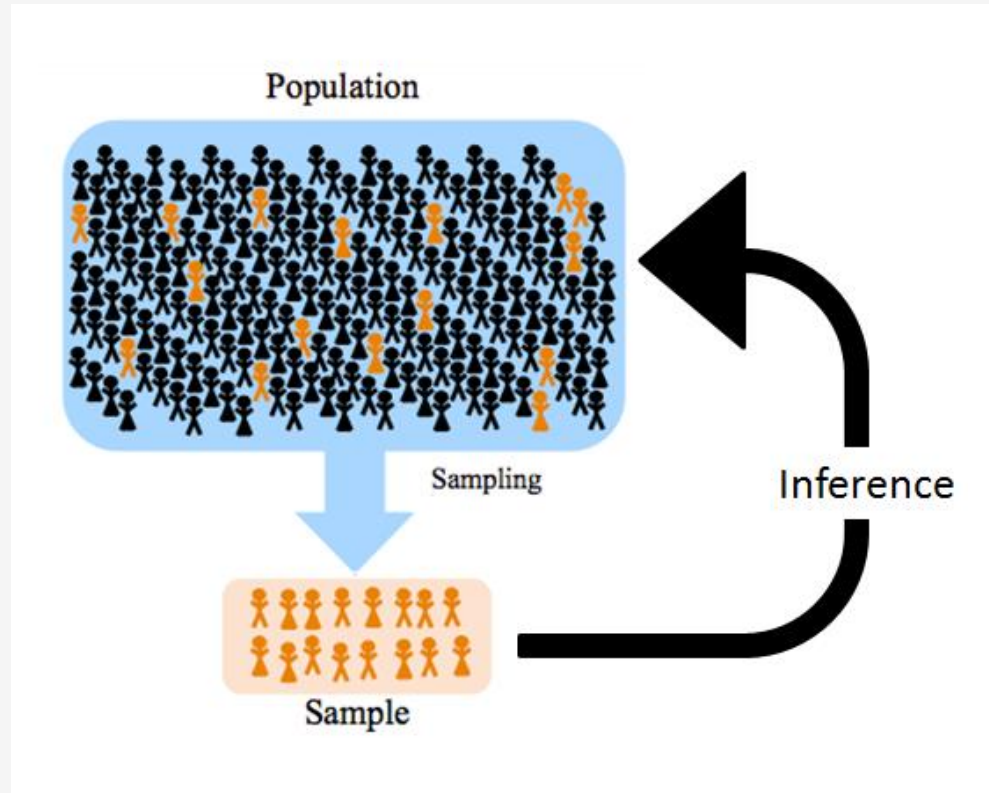
Kiểm định thống kê cho biến kết cuộc định lượng

Lớp phân tích thống kê cơ bản

Khương Quỳnh Long
Hà Nội, 06-08/06/2020

Nội dung

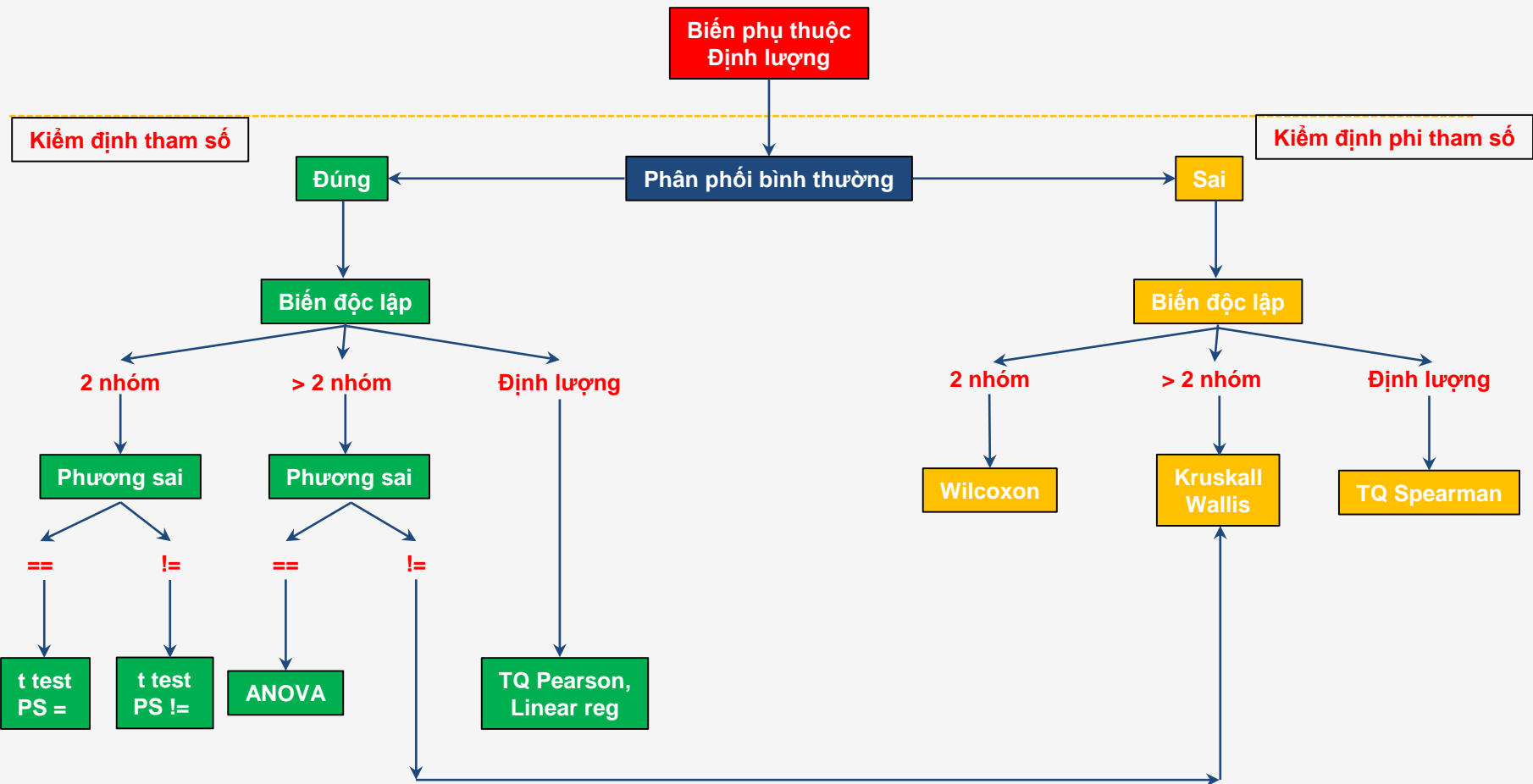
- Kiểm định t bắt cặp
- Kiểm định t không bắt cặp
- Kiểm định ANOVA
- Các kiểm định phi tham số



Quá trình kiểm định ý nghĩa thống kê

1. Xây dựng giả thuyết vô hiệu (Null) H_0
2. Chọn lựa kiểm định thích hợp
3. Tính giá trị thống kê của số liệu thu thập được
4. Tính xác suất quan sát được biến cố và những trường hợp “hiểm hơn” (observed and more extreme results) khi H_0 đúng $P(D|H_0)$ hay **P value**
5. P value càng nhỏ \rightarrow càng cho thấy bằng chứng bác bỏ H_0
 \rightarrow Nếu P value đủ nhỏ chúng ta kết luận $P(H_0)$ nhỏ và bác bỏ giả thuyết H_0 . Ngưỡng ý nghĩa thường được lấy $= 0.05$

Chọn lựa kiểm định phù hợp



Kiểm định t bắt cặp

- VD1: Có 397 bệnh nhân được theo dõi huyết áp trước can thiệp X và sau can thiệp X.
→ so sánh **trung bình huyết áp** 2 lần đo
- VD2: Có 8 bệnh nhân COPD điều trị bằng phác đồ A và ghi nhận PaO_2 và PaCO_2 trước và sau điều trị
→ so sánh **trung bình PaO_2 và PaCO_2** trước và sau điều trị

Dữ liệu

	PaO₂			PaCO₂		
	Trước	Sau	Hiệu số	Trước	Sau	Hiệu số
1	70	82	12	49	45	4
2	59	66	7	68	54	14
3	53	65	12	65	60	5
4	54	62	8	57	60	-3
5	44	74	30	76	59	17
6	58	77	19	62	54	8
7	64	68	4	49	47	2
8	43	59	16	53	50	3
Trung bình	55.6	69.1	13.5	59.9	53.6	6.3
Độ lệch chuẩn	9.2	7.9	8.2	9.6	5.9	6.5

Kiểm định t bắt cặp

- **Bước 1:** Xây dựng giả thuyết H_0 :
 - Sau điều trị PaO_2 của mỗi cá nhân không thay đổi
 - Trung bình hiệu số của PaO_2 bằng 0
- **Bước 2:** Chọn kiểm định phù hợp kiểm định t bắt cặp với $8-1=7$ độ tự do
- **Bước 3:**

Tính trung bình của hiệu số, độ lệch chuẩn của hiệu số và giá trị t

$$\bar{d} = 13.5; s_d = 8.2; t = \frac{\bar{d}}{s/\sqrt{n}} = 4.66$$

- **Bước 4:** Tra bảng t với 7 độ tự do $\rightarrow p < 0,005$ và $p > 0,002$
- **Bước 5:** Bác bỏ giả thuyết H_0 với mức ý nghĩa $p < 0,005 \rightarrow PaO_2$ đã tăng có ý nghĩa thống kê sau khi thực hiện chế độ điều trị.

Thực hiện trong Stata

- Mở số liệu

pao2.dta

- Thực hiện t bắt cặp

ttest {biếntrước} = {biếnsau}

Ví dụ: **ttest PaO2_tr = PaO2_s**

```
. ttest PaO2_tr = PaO2_s

Paired t test
```

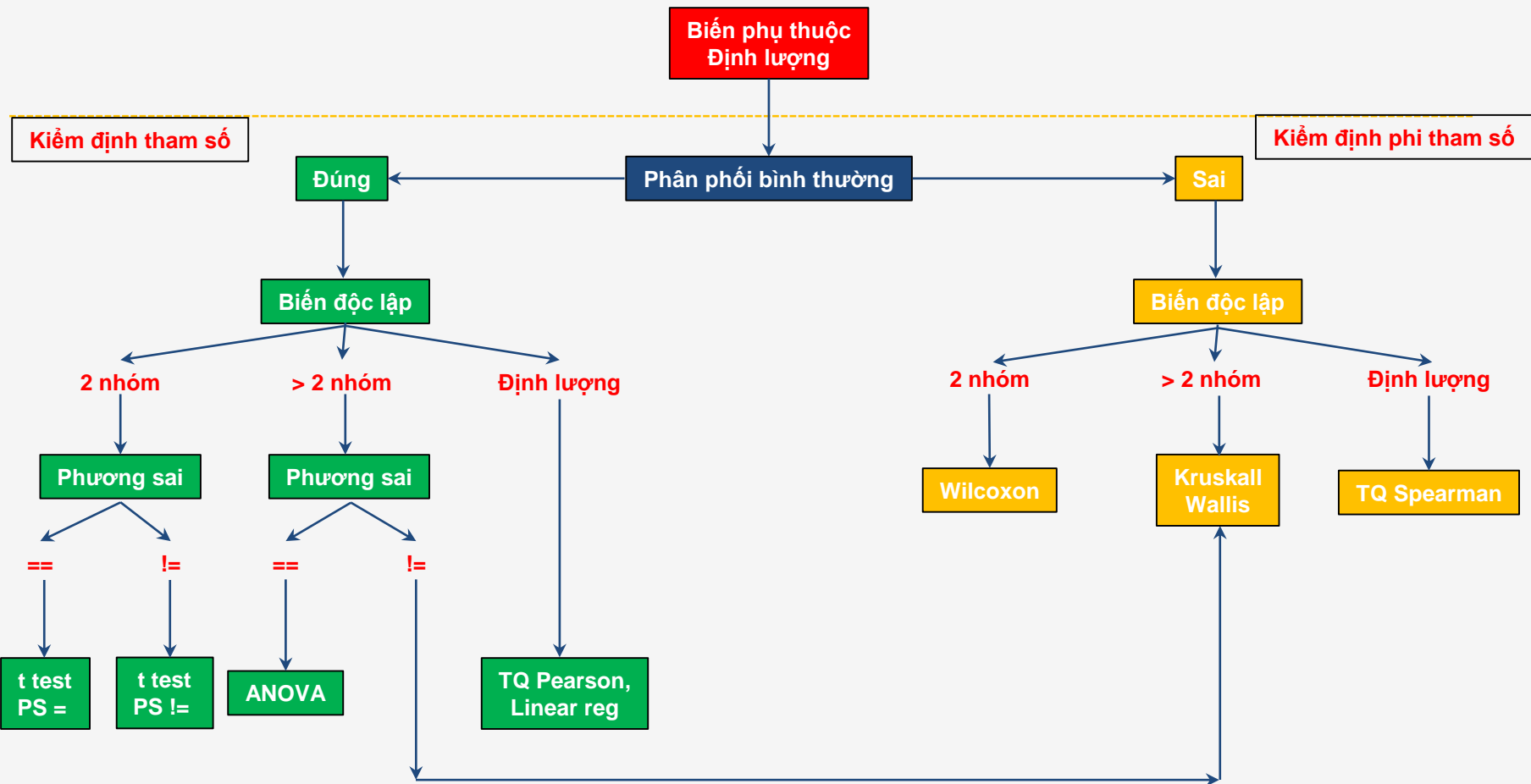
Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
PaO2_tr	8	55.625	3.267467	9.241792	47.89867	63.35133
PaO2_s	8	69.125	2.780272	7.863796	62.5507	75.6993
diff	8	-13.5	2.915476	8.246211	-20.39401	-6.605995

```
mean(diff) = mean(PaO2_tr - PaO2_s)          t = -4.6305
Ho: mean(diff) = 0                          degrees of freedom = 7

Ha: mean(diff) < 0          Ha: mean(diff) != 0          Ha: mean(diff) > 0
Pr(T < t) = 0.0012          Pr(|T| > |t|) = 0.0024          Pr(T > t) = 0.9988
```

Kiểm định t độc lập

- VD: Có 397 bệnh nhân được theo đo huyết áp, so sánh trung bình huyết áp tâm thu của bệnh nhân nam và bệnh nhân nữ?
- Giả thuyết Ho?



Thực hiện trong Stata

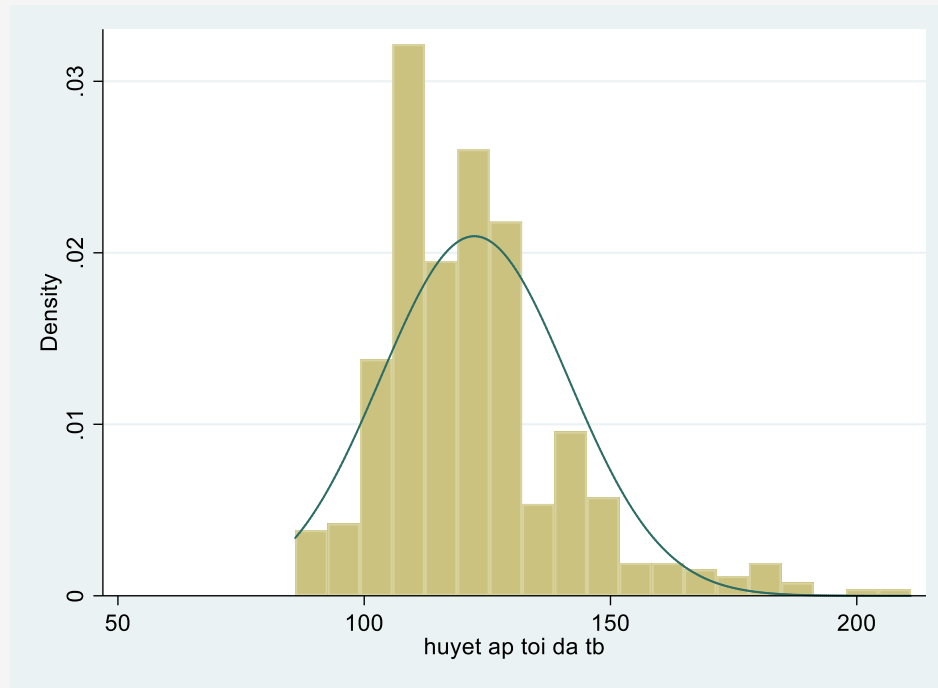
- **Bước 1:** Kiểm tra phân phối
- **Bước 2:** Kiểm định phương sai
 - **sdtest** {biếnđịnhlượng} , **by** (biếnnhịgiá)
- **Bước 3:**
 - Nếu phương sai bằng nhau ($p > 0.05$) thì thực hiện t test với phương sai bằng nhau
 - **ttest** {biếnđịnhlượng} , **by** (biếnnhịgiá)
 - Nếu phương sai khác nhau ($p < 0.05$) thì thực hiện t test với phương sai không bằng nhau
 - **ttest** {biếnđịnhlượng} , **by** (biếnnhịgiá) **unequal**

Kiểm định t độc lập

Mở số liệu “sl7_huyetap.dta”

- Bước 1: Kiểm tra phân phối:

hist hatdtb, norm



Kiểm định t không bắt cặp

- Bước 2: Kiểm định phương sai:

`sdtest` hatdtb, by(gioitinh)

```
. sdtest hatdtb , by(gioitinh)
```

Variance ratio test

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
nam	197	126.4442	1.3507	18.95798	123.7804	129.1079
nu	200	118.365	1.291802	18.26884	115.8176	120.9124
combined	397	122.3741	.9548549	19.02535	120.4968	124.2513

ratio = sd(nam) / sd(nu)	f = 1.0769
Ho: ratio = 1	degrees of freedom = 196, 199
Ha: ratio < 1	
Pr(F < f) = 0.6985	
Ha: ratio != 1	
2*Pr(F > f) = 0.6030	
Ha: ratio > 1	
Pr(F > f) = 0.3015	

→ phương sai bằng nhau ($p = 0.603 > 0.05$)

Kiểm định t độc lập

- Bước 3: Kiểm định t với phương sai bằng nhau:

`ttest hatdtb, by(gioitinh)`

```
. ttest hatdtb , by(gioitinh)
```

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
nam	197	126.4442	1.3507	18.95798	123.7804	129.1079
nu	200	118.365	1.291802	18.26884	115.8176	120.9124
combined	397	122.3741	.9548549	19.02535	120.4968	124.2513
diff		8.079162	1.868471		4.40577	11.75255

diff = mean(nam) - mean(nu)	t =	4.3239
Ho: diff = 0	degrees of freedom =	395
Ha: diff < 0	Ha: diff != 0	Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000	Pr(T > t) = 0.0000	Pr(T > t) = 0.0000

$p < 0.001 \rightarrow$ bác bỏ giả thuyết H_0

\rightarrow Trung bình huyết áp của nam cao hơn trung bình huyết áp của nữ, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê với $p < 0.001$

Thực hiện trong Stata – Chỉ có số liệu tóm tắt

- Kiểm định phương sai

sdtesti **n1** **tb1** **sd1** **n2** **tb2** **sd2**

Ví dụ: sdtesti 44 2.62 0.54 42 2.24 0.54

- Kiểm định t với phương sai bằng nhau

ttesti **n1** **tb1** **sd1** **n2** **tb2** **sd2**

Ví dụ: ttesti 44 2.62 0.54 42 2.24 0.54

- Kiểm định t với phương sai không bằng nhau

ttesti **n1** **tb1** **sd1** **n2** **tb2** **sd2, unequal**

Ví dụ: ttesti 44 2.62 0.54 42 2.24 0.54, unequal

Kiểm định t

- Điều kiện của kiểm định t
 - Các nhóm so sánh phải **độc lập** và được chọn **ngẫu nhiên**
 - Các nhóm so sánh **phải có phân phối chuẩn** hoặc cỡ mẫu đủ lớn để được xem như tiệm cận với phân phối chuẩn
- Làm sao khi t test không thỏa điều kiện trên?
 - Kiểm định **phi tham số**
 - Mann-Whitney / Wilcoxon Rank Sum ~ t test độc lập
 - Wilcoxon Signed Rank ~ t test bắt cặp
 - Cần báo cáo thêm trung vị và khoảng tứ vị

Tóm tắt

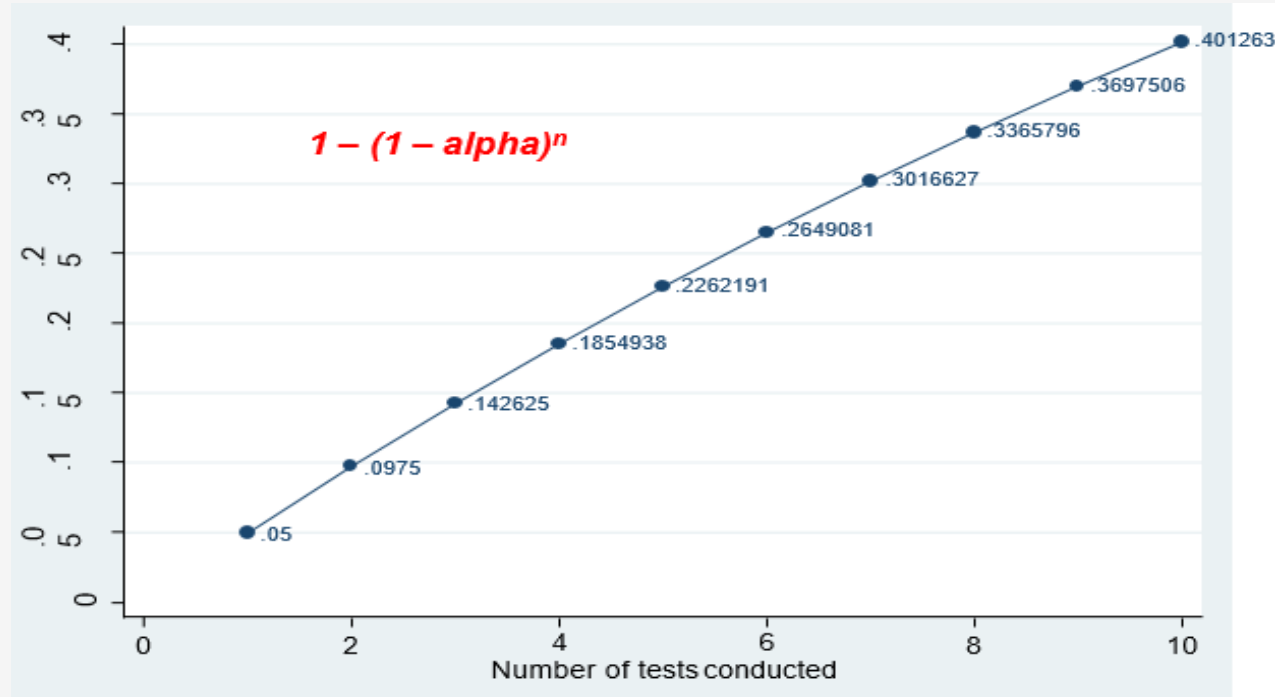
- Các bước cần thực hiện kiểm định so sánh 2 trung bình
 - **Bước 1:** kiểm tra phân phối bình thường (hoặc xấp xỉ bình thường)
 - **Bước 2:**
 - Nếu **phân phối bình thường**
 - ✓ **Bước 3:** Kiểm định phương sai (**sdtest**)
 - ✓ **Bước 4:** Nếu phương sai bằng nhau → t test với phương sai bằng nhau (**ttest**)
 - ✓ **Bước 4:** Nếu phương sai không bằng nhau → Kiểm định t với phương sai không bằng nhau (**ttest ... unequal**)
 - Nếu **không có phân phối bình thường**
 - ✓ **Bước 3:** Sử dụng kiểm định phi tham số (**Mann-Whitney / Wilcoxon**)

Phương pháp so sánh nhiều trung bình

- Nghiên cứu so sánh trung bình huyết áp (mmHg) giữa 3 nhóm bmi (<18.5 , $18.5-25$, ≥ 25)
- ✓ Giả thuyết H_0 là gì?
- ✓ Sử dụng kiểm định nào?
- ✓ Sử dụng nhiều kiểm định t cho từng cặp?

Sai số khi sử dụng nhiều kiểm định t

- Kiểm định nhiều giả thuyết (multiple comparisons)

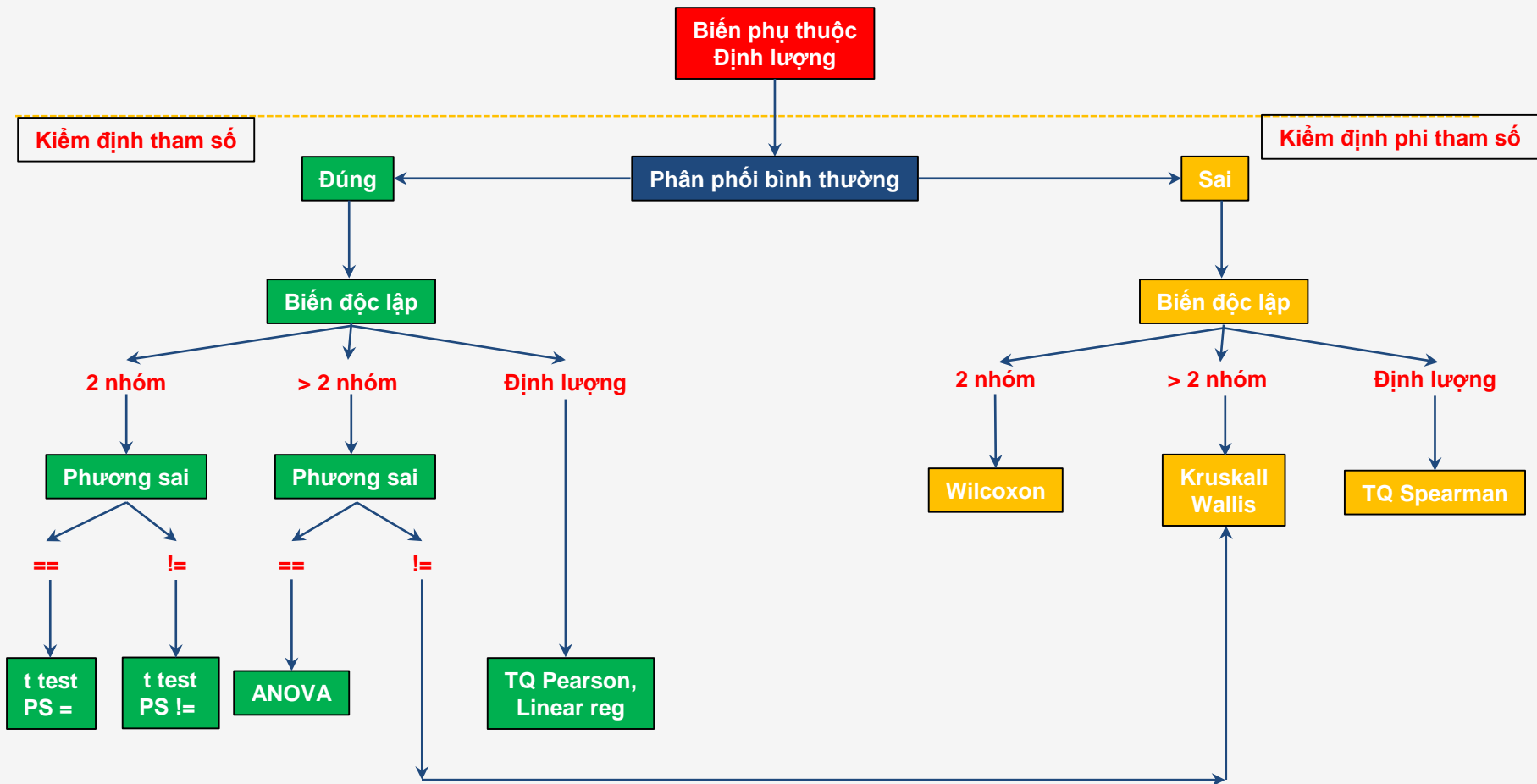


Kiểm định ANOVA

- Nhằm so sánh trung bình ở ≥ 3 nhóm
- Điều kiện của kiểm định ANOVA
 - Các nhóm so sánh phải độc lập và được chọn ngẫu nhiên
 - Các nhóm so sánh phải **có phân phối chuẩn** hoặc cỡ mẫu đủ lớn để được xem như tiệm cận với phân phối chuẩn
- Phương sai của các nhóm so sánh phải đồng nhất

Làm sao khi ANOVA **không thỏa** điều kiện trên?

→ Kiểm định phi tham số (Kruskal-Wallis)



Thực hiện trong Stata

- **Bước 1:** Kiểm tra phân phối
- **Bước 2:** So sánh phương sai ở các nhóm qua phép kiểm của Bartlett

oneway {biếnđịnhnhượng} {biếnphânnhóm}, **tab**

- **Bước 3:**
 - Nếu phương sai các nhóm bằng nhau ($p_{\text{Bartlett}} > 0.05$) thì xem kết quả kiểm định ANOVA
 - Nếu phương sai các nhóm **không bằng nhau** ($p_{\text{Bartlett}} < 0.05$) → không thỏa điều kiện dùng ANOVA → thực hiện phép kiểm phi tham số Kruskal Wallis

Kiểm định ANOVA

- **Bước 2:** So sánh phương sai ở các nhóm qua phép kiểm của Bartlett :

```
recode bmi (min/18.49999 = 1 "<18.5") (18.5/24.99999 = 2 "18.5-25") (25/max  
= 3 ">25") , gen(nhombmi)
```

```
oneway hatdtb nhombmi, tab
```

Analysis of Variance					
Source	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	4032.32853	2	2016.16426	5.68	0.0037
Within groups	139099.471	392	354.84559		
Total	143131.8	394	363.27868		
Bartlett's test for equal variances:					
chi2(2) = 1.2930 Prob>chi2 = 0.524					

→ Phương sai đồng nhất ($p = 0.524 > 0.05$)

Kiểm định ANOVA

- **Bước 3:** Nếu phương sai các nhóm bằng nhau ($p_{\text{Bartlett}} > 0.05$) thì xem kết quả kiểm định ANOVA

oneway hatdtb nhombmi, tab bon

Analysis of Variance					
Source	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	4032.32853	2	2016.16426	5.68	0.0037
Within groups	139099.471	392	354.84559		
Total	143131.8	394	363.27868		
Bartlett's test for equal variances: $\chi^2(2) = 1.2930$ Prob> $\chi^2 = 0.524$					

$p = 0.0037 \rightarrow$ bác bỏ giả thuyết H_0

\rightarrow Trung bình huyết áp của 3 nhóm BMI khác nhau có ý nghĩa thống kê

Thực hiện trong Stata – chỉ có số liệu tóm tắt

`aovsum, n(n1 n2 n3) m(tb1 tb2 tb3) sd(sd1 sd2 sd3)`

Ví dụ: `aovsum, n(16 10 15) m(8.712 10.630 12.3) sd(0.844 1.284 0.942)`

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F
	SS	df	MS		
Between groups	99.9177902	2	49.9588951	50.03	0.0000
Within groups	37.94604	38	.99858		
Total	137.86383	40	3.44659576		
Bartlett's test for equal variances: chi2(2) = 2.1284 Prob>chi2 = 0.345					

Kiểm định Kruskal Wallis

- Sử dụng khi kiểm định ANOVA 1 chiều không thỏa mãn điều kiện
 - So sánh số liệu định lượng >2 nhóm
 - Số liệu có phân phối không bình thường
 - Phương sai các nhóm không bằng nhau

Tóm lại

- Các bước thực hiện để kiểm định so sánh nhiều trung bình
 - **Bước 1:** kiểm tra phân phối bình thường (hoặc xấp xỉ bình thường)
 - **Bước 2:**
 - Nếu **phân phối bình thường**
 - **Bước 3:** Kiểm định phương sai
 - Bước 4:** Nếu phương sai bằng nhau (**Bartlett**) → xem kết quả ANOVA
 - Bước 4:** Nếu phương sai không bằng nhau (**Bartlett**) → sử dụng kiểm định phi tham số (**Kruskal Wallis**)
 - Nếu **không có phân phối bình thường**
 - **Bước 3:** Sử dụng kiểm định phi tham số (**Kruskal Wallis**)

Nhắc lại

- Điều kiện của kiểm định t
 - So sánh trung bình giữa 2 nhóm
 - Số liệu phải có phân phối bình thường hoặc cỡ mẫu đủ lớn
- Điều kiện của kiểm định ANOVA 1 chiều
 - So sánh trung bình giữa ≥ 3 nhóm
 - Số liệu phải có phân phối bình thường hoặc cỡ mẫu đủ lớn
 - Phương sai các nhóm bằng nhau
- Nếu không thỏa các điều kiện?
→ **Kiểm định phi tham số**

Kiểm định phi tham số

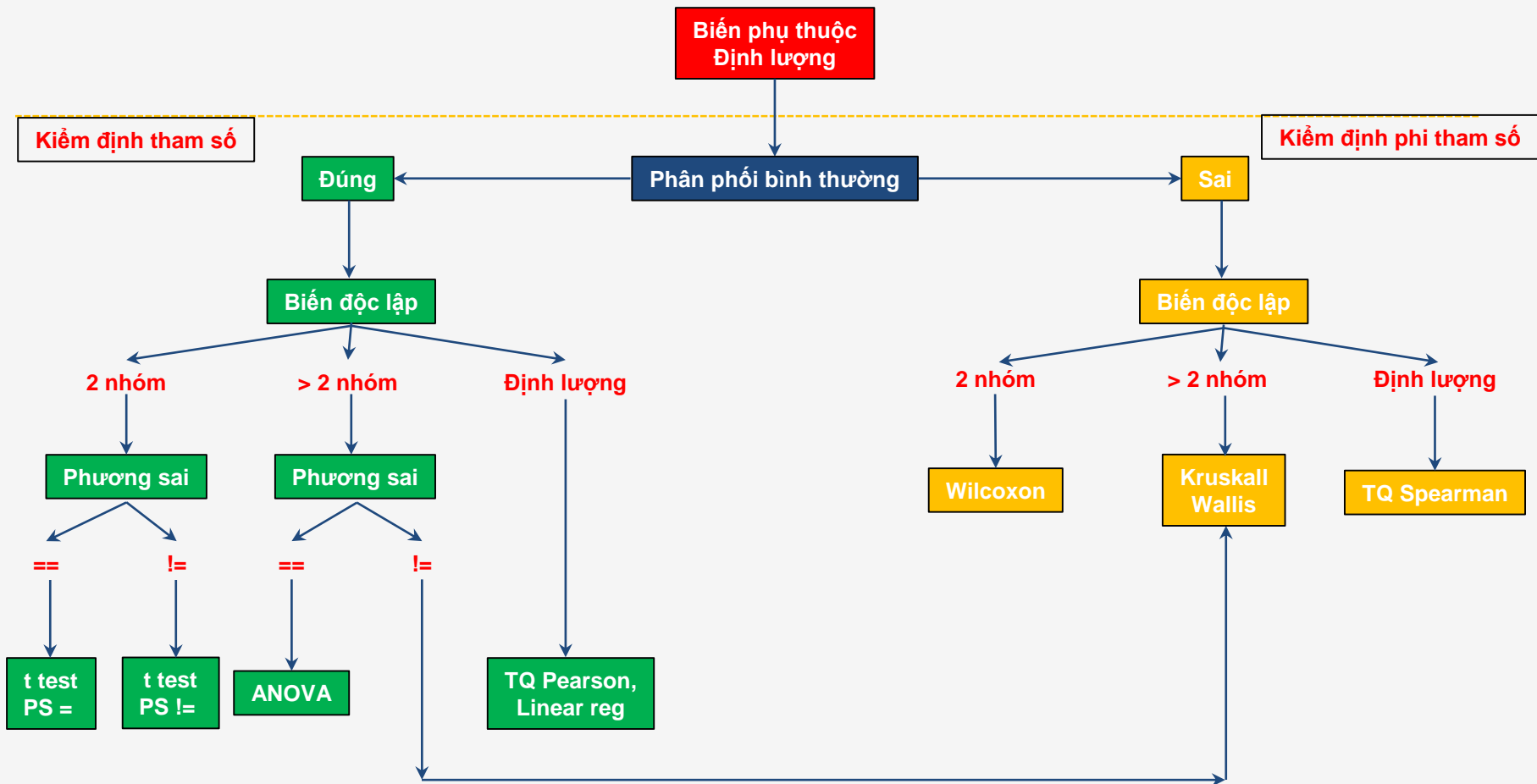
- Thế nào là **tham số** và **phi tham số**?
 - Dữ liệu được xem như phân phối theo một dạng phân phối nhất định (vd: phân phối bình thường, phân phối nhị thức...)
 - Phép kiểm định dựa trên các phân phối này
 - Kiểm định tham số (parametric tests) vì các dạng tham số của kiểm định đã biết
 - Kiểm định tham số đòi hỏi có một số điều kiện cần tuân theo
 - Dữ liệu không tuân theo phân phối nào hoặc thuyết về giới hạn trung tâm không thỏa mãn
 - Kiểm định phi tham số (non-parametric tests)
 - Các điều kiện về tính phân phối của số liệu là không cần thiết (ít hơn)

Kiểm định phi tham số

- Các loại kiểm định phi tham số nào thường được dùng?
 - ✓ Wilcoxon Rank Sum Test (Mann-Whitney U-test) # t test 2 mẫu độc lập
 - ✓ Wilcoxon Signed Rank Test # t test bắt cặp
 - ✓ Kruskal Wallis # ANOVA

Kiểm định Wilcoxon (**Ranksum**)

- Sử dụng khi điều kiện của kiểm định **t độc lập** không thỏa
 - Số liệu không có phân phối bình thường



Thực hiện trong Stata

ranksum {biếnđịnhlượng}, by(biếnnhịgiá)

Ví dụ: `ranksum hatttb, by(gioitinh)`

```
. ranksum hatttb, by(gioitinh)

Two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) test
```

gioitinh	obs	rank sum	expected
nam	197	44546.5	39203
nu	200	34456.5	39800
combined	397	79003	79003

```
unadjusted variance 1306766.67
adjustment for ties  -29737.21
-----
adjusted variance 1277029.46

Ho: hatttb(gioitinh==nam) = hatttb(gioitinh==nu)
      z = 4.729
      Prob > |z| = 0.0000
```

Kiểm định Wilcoxon (**Signed Rank**)

- Sử dụng khi điều kiện của kiểm định **t bất cặp** không thỏa
 - Số liệu không có phân phối bình thường

Kiểm định Wilcoxon (Signed Rank)

`signrank {biếnntrước} = {biếnsau}`

Ví dụ: `signrank hatoida1 = hatoida2`

```
Wilcoxon signed-rank test
```

sign	obs	sum ranks	expected
positive	119	38136.5	24921
negative	37	11705.5	24921
zero	241	29161	29161
all	397	79003	79003


```
unadjusted variance 5233948.75
adjustment for ties -5052.50
adjustment for zeros -1.17e+06
```

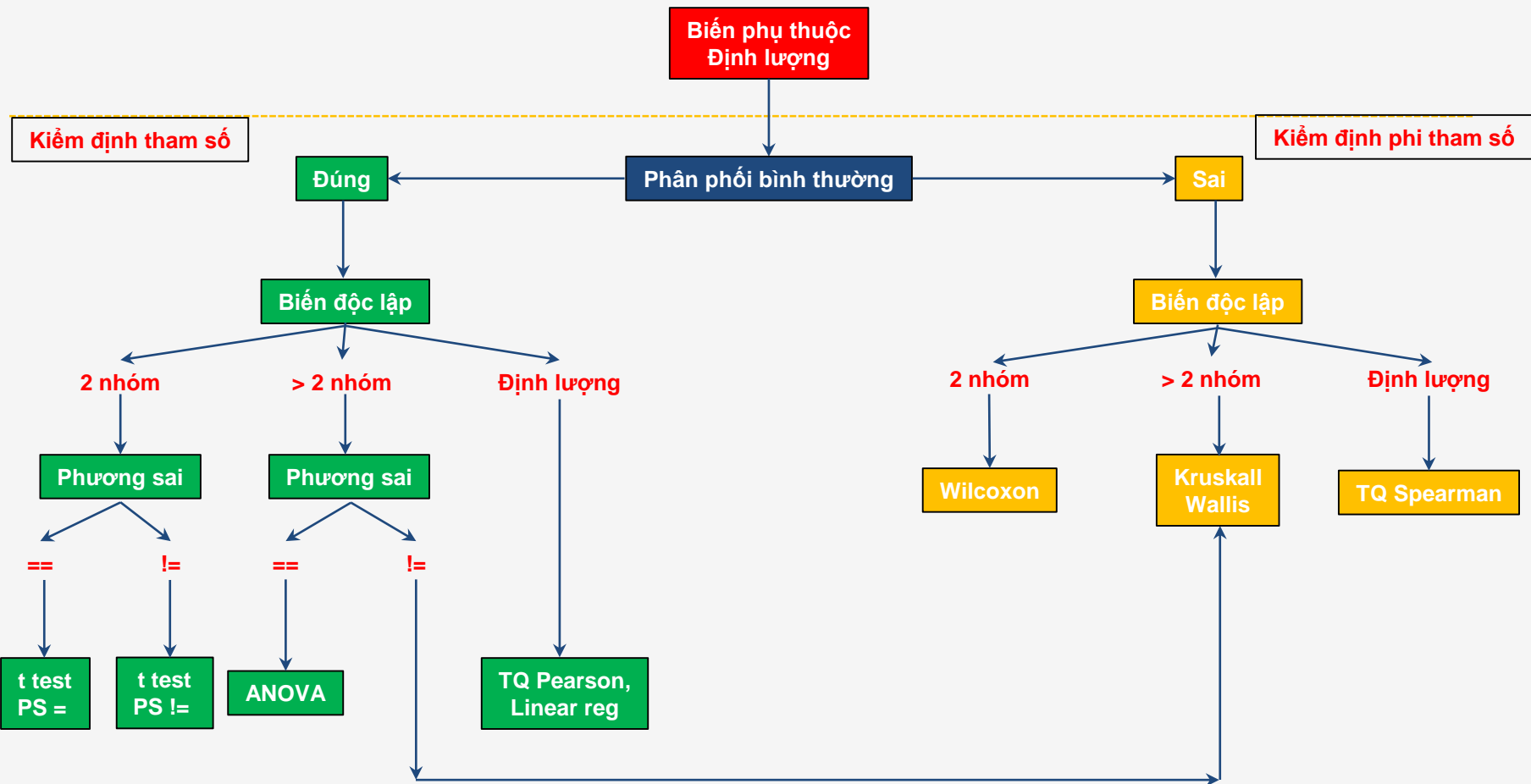
```
adjusted variance 4055166.00
```



```
Ho: hatoida1 = hatoida2
      z = 6.563
      Prob > |z| = 0.0000
```

Kiểm định Kruskal Wallis

- Sử dụng khi kiểm định ANOVA 1 chiều không thỏa mãn điều kiện
 - So sánh số liệu định lượng >2 nhóm
 - Số liệu có phân phối không bình thường
 - Phương sai các nhóm không bằng nhau



Thực hiện trong Stata

`kwallis {biếnđịnhlượng}, by(biếnphânnhóm)`

Ví dụ: **`kwallis hatttb, by(nhombmi)`**

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

nhombmi	Obs	Rank Sum
<18.5	81	13432.00
18.5-25	288	58412.50
>25	26	6365.50

chi-squared = 11.319 with 2 d.f.

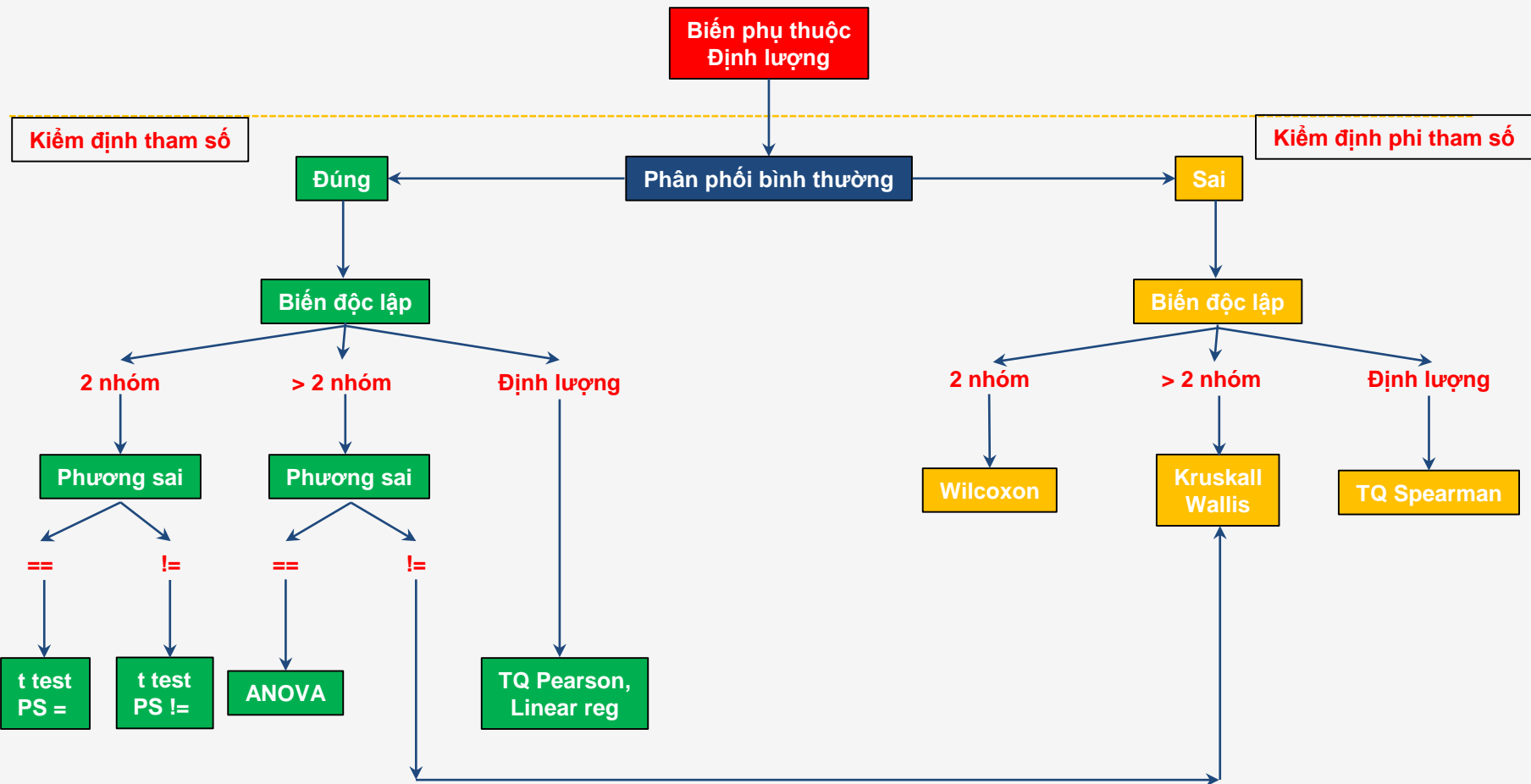
probability = 0.0035

chi-squared with ties = 11.586 with 2 d.f.

probability = 0.0030

Tóm tắt

- T test bắt cặp
- T test độc lập phương sai bằng nhau
- T test độc lập phương sai không bằng nhau
- ANOVA
- Wilcoxon Signed Rank
- Wilcoxon Ranksum
- Kruskal Wallis



Nội dung đã học

- Quy trình thực hiện kiểm định thống kê
- Kiểm định t bắt cặp
- Kiểm định t không bắt cặp
- Kiểm định ANOVA
- Kiểm định phi tham số

Thank you!