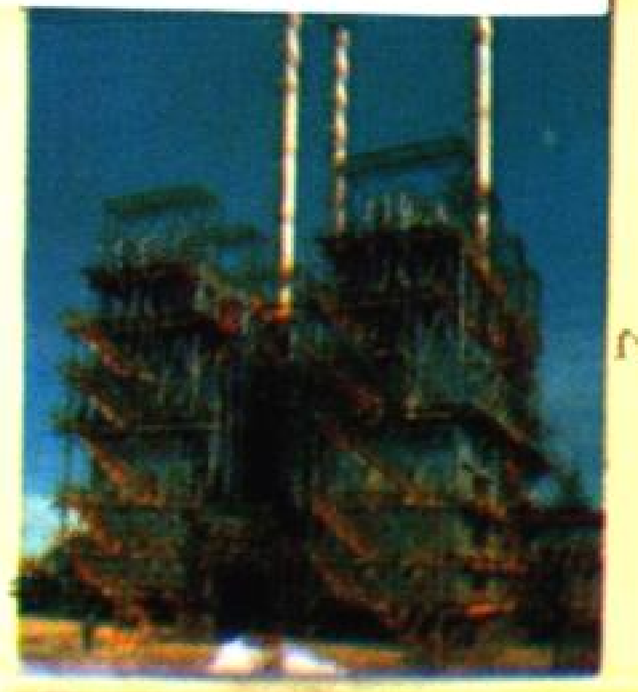
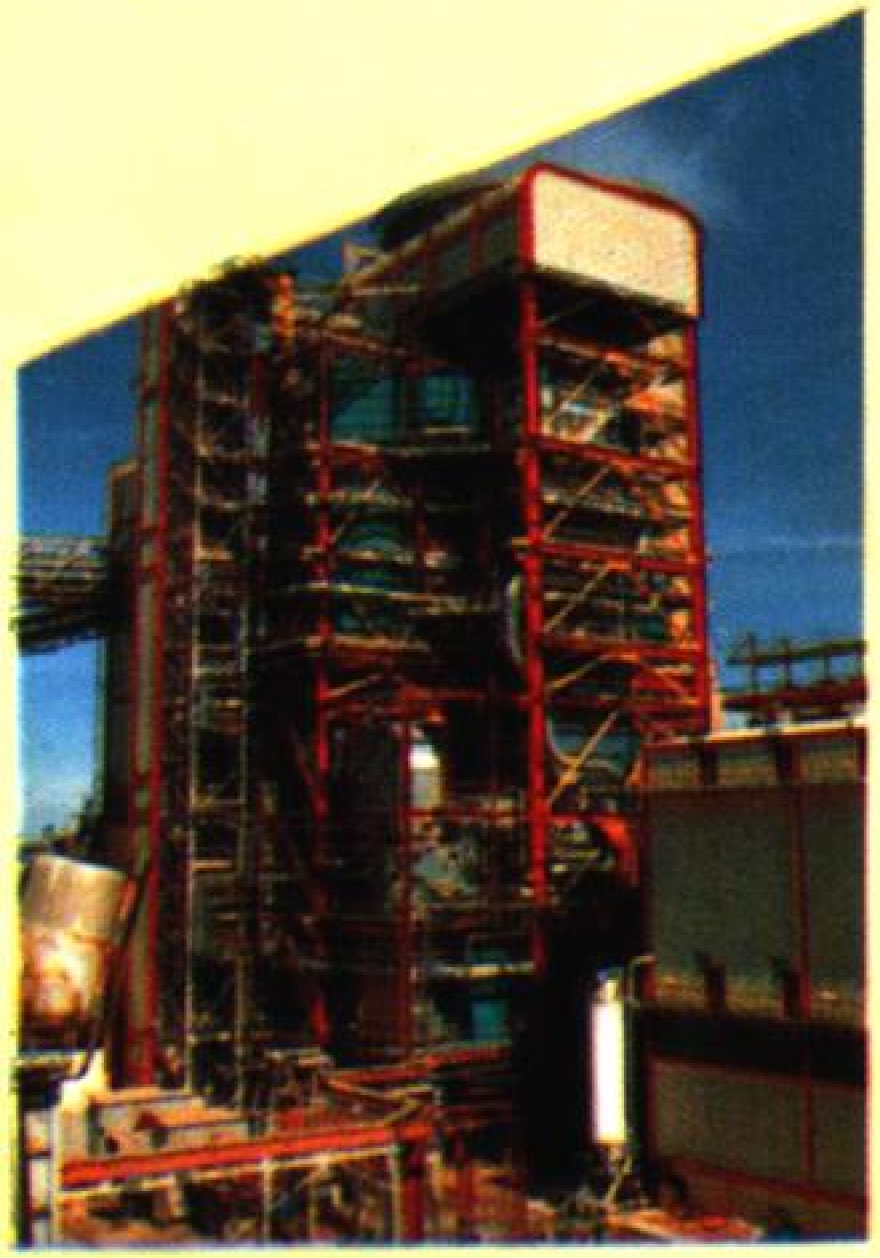
*Thạc sĩ* BÙI ĐỨC TIỂN

139





# CẨM NANG KẾT CẤU XÂY DỰNG

XUẤT BẢN LẦN THỨ HAI CÓ BỔ SUNG



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

Thạc sĩ **BÙI ĐỨC TIỂN**

# Cẩm nang
# KẾT CẤU XÂY DỰNG

**(TÁI BẢN)**

**NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG**
HÀ NỘI - 2013

# LỜI NÓI ĐẦU

*Giọt nước nhớ nguồn*
*Kính tặng Tổng Cục Công Nghiệp Quốc Phòng*

*Trải qua hơn 40 năm lăn lộn với tính toán kết cấu, một lĩnh vực khoa học kỹ thuật có quá nhiều qui định, tôi đã nhập tâm nhiều phương pháp và công thức đến thuộc lòng, đã sử dụng chúng như bản năng của mình, đã đi sâu đến cội nguồn, lập nhiều bảng tính sẵn để vận dụng chúng một cách nhanh nhất, hiệu quả nhất.*

*Tôi đúc kết những kinh nghiệm ấy thành quyển "Cẩm nang kết cấu xây dựng" với 8 chương sau :*

*Chương I. Những phương pháp tính để giải bài toán kết cấu.*
*Chương II. Những phương pháp lập và giải bài toán kết cấu.*
*Chương III. Tính kết cấu mái : Kết cấu gỗ và kết cấu thép.*
*Chương IV. Tính kết cấu sàn : Kết cấu bêtông cốt thép.*
*Chương V. Tính kết cấu tường : Kết cấu gạch đá.*
*Chương VI. Tính kết cấu móng : Nền đất và các biện pháp gia cố.*
*Chương VII. Thiết kế tối ưu trong bài toán kết cấu.*
*Chương VIII. Tính độ tin cậy của công trình trong kết cấu.*
*Phụ lục. Những bản số cần thiết cho tính toán kết cấu.*

*Mọi tài liệu liên quan cần thiết đều được trình bày khép kín cho từng chương.*

*Mong muốn của tôi là giúp các bạn trẻ rút ngắn thời gian nghiên cứu, có tài liệu vận dụng nhanh, dành nhiều thời gian sáng tạo để đi sâu và đi xa hơn nữa trong khoa học kết cấu xây dựng. Ước mong thì lớn, nhưng không khỏi có những sai sót mong các bạn bổ sung cho.*

*Chúc các bạn thành công.*

**Thạc sĩ BÙI ĐỨC TIỂN**

# LỜI NÓI ĐẦU

## LẦN XUẤT BẢN THỨ HAI

*Năm 1993, khi biên soạn cuốn cẩm nang kết cấu này, tôi dùng cách tính bằng máy tính bấm tay để giải hệ phương trình chính tắc : đối với hệ dưới ba ẩn thì thuận lợi dễ dàng, nhưng đối với hệ từ bốn ẩn trở lên thì việc tính tay nặng nề và dễ bị nhầm lẫn.*

*Năm 1995 sau khi biên soạn cuốn lập trình tính kết cấu, tôi thấy rằng nên đưa chương trình mẫu HEPTTT để giải hệ phương trình chính tắc vào cuốn cẩm nang kết cấu này để giúp bạn đọc và đồng nghiệp tiếp cận với máy vi tính.*

*Đồng thời tôi cũng bổ sung hoàn chỉnh các phương pháp tính kết cấu để bạn đọc và đồng nghiệp có cơ sở lý luận chắc chắn về :*

*- Phương pháp giải tích để giải các dầm cơ bản.*

*- Phương pháp lực để giải các kết cấu có ít ẩn.*

*- Phương pháp chuyển vị để giải các kết cấu nhiều ẩn.*

*- Phương pháp phân phối moment để giải nhanh các kết cấu.*

*Tôi cũng lấy nhiều thí dụ giải bằng tất cả các phương pháp trên.*

*Mong rằng quyển cẩm nang kết cấu được bổ sung này thiết thực giúp ích cho bạn đọc và đồng nghiệp.*

**Thạc sĩ BÙI ĐỨC TIỂN**

*CHƯƠNG I*

# NHỮNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH ĐỂ GIẢI BÀI TOÁN KẾT CẤU

## I.1. TÍNH NHẨM – TÍNH TAY

Tính nhẩm, tính tay là cách tính cơ bản của người tính toán.

Dù ngày nay có máy vi tính, việc đưa số liệu vào và sử dụng số liệu ra vẫn phải thông qua những phép tính tay đơn giản : cộng, trừ, nhân, chia.

Yêu cầu tính nhẩm, tính tay là phải nhanh và chính xác.

Người cán bộ tính toán phải điêu luyện với cách tính cơ bản này.

### I.1.1. CỘNG

Thông thường ta phải cộng những cột số dài. Kinh nghiệm cộng nhanh và chính xác có hai cách như sau :

CỘNG THEO 5 VÀ SỐ DƯ CỦA 5

- *Bước 1* : Đếm những số từ 5 trở lên, ta có 7.
- *Bước 2* : Cộng dồn số dư của phép chia cho 5, ta có 28.
- *Bước 3* : Nhẩm kết quả 7 x 5 + 28 = 63.

| Thí dụ | Lý thuyết | | Thực hành | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | | 3 | | 3 |
| 9 | 5 | 4 | 1 | 7 |
| 7 | 5 | 2 | 2 | 9 |
| 8 | 5 | 3 | 3 | 12 |
| 6 | 5 | 1 | 4 | 13 |
| 3 | | 3 | | 16 |
| 0 | | | | |
| 4 | | 4 | | 20 |
| 9 | 5 | 4 | 5 | 24 |
| 3 | | 3 | | 27 |
| 5 | 5 | | 6 | |
| 6 | 5 | 1 | 7 | 28 |
| 63 | 35 | 28 | 7 x 5 = 35 + 28 | |

CỘNG THEO LIÊN HIỆP CỦA 10 VÀ 20.

Liên hiệp của 10 là 1 + 9, 2 + 8, 3 + 7, 4 + 6, 5 + 5, 1 + 1 + 8, 1 + 2 + 7, 1 + 3 + 6, 1 + 4 + 5, 2 + 2 + 6, 2 + 3 + 5, 3 + 3 + 4, 4 + 4 + 2.

Liên hiệp của 20 là 2 + 9 + 9, 3 + 8 + 9, 4 + 7 + 9, 5 + 6 + 9, 4 + 8 + 8, 5 + 7 + 8, 6 + 6 + 8.

| Thí dụ | Lý thuyết | | Thực hành | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 3 | | | |
| 9 | 9 | | 20 | |
| 7 | | 7 | | |
| 8 | 8 | | | 27 |
| 6 | 6 | | | |
| 3 | | 3 | | |
| 0 | | | 30 | |
| 4 | 4 | | | 40 |
| 9 | 9 | | | |
| 3 | | 3 | | |
| 5 | 5 | | | |
| 6 | 6 | | 60 | 63 |
| 63 | 50 | 13 | | 63 |

- *Bước 1* : Nhóm 4 số đầu ta có 20 + 7 = 27

- *Bước 2* : Nhóm 4 số sau ta có 27 + 10 + 3 = 40

- *Bước 3* : Nhóm 4 số cuối ta có 40 + 20 + 3 = 63.

Cộng theo liên hiệp 10 và 20 thường nhanh và chính xác hơn cả cộng máy, vì không tốn thời gian đưa số vào máy.

Chủ yếu là người tính phải luyện cho quen.

## I.1.2. NHÂN

Cần tận dụng những chứng minh toán học để thực hiện phép nhân nhẩm.

- Nhân với 0,25 là chia số đó cho 4.
- Nhân với 0,5 là chia số đó cho 2.
- Nhân với 2,5 là thêm số không rồi chia 4.

$$22 \times 2{,}5 = 220 : 4 = 55$$

- Nhân với 5 là thêm số không rồi chia 2.

$$42 \times 5 = 420 : 2 = 210$$

- Nhân với 9 là nhân 10 rồi trừ đi số đó.

$$35 \times 9 = 350 - 35 = 315$$

- Nhân với 11 là nhân 10 rồi cộng thêm số đó.

$$35 \times 11 = 350 + 35 = 385$$

• Khi số nhân có 2 con số thì chỉ cần cộng 2 số đó lại và đặt vào giữa.

$$35 \times 11 = 3|3 + 5|5 = 385$$

- Nhân hai số từ 10 đến 20 :

$$12 \times 14 = (12 + 4)|(2 \times 4) = 168$$

$$13 \times 13 = (13 + 3)|(3 \times 3) = 169$$

• Khi hai số đơn vị nhân nhau vượt mười thì ta cộng hàng chục vào số trước.

$$14 \times 18 = (14 + 8)|(4 \times 8) = 252$$

– Bình phương một số tận cùng là 5

$25^2 = 2 \times (2 + 1) \mid 25 = 625$

$85^2 = 8 \times (8 + 1) \mid 25 = 7225$

– Nhân hai số liên hiệp (a + b) (a – b)

$42 \times 38 = (40 + 2)(40 - 2) = 1600 - 4 = 1596$

– Thu gọn số khi nhân :

$6{,}5 \times 24 = 13 \times 12 = 156$

### I.1.3. CHIA

Cần nhớ rằng : chia cho 1 số là nhân nghịch đảo của số đó, để biến phép chia thành phép nhân.

– Chia cho 0,5 là nhân số đó với 2.

$12 : 0{,}5 = 12 \times 2 = 24$

– Chia cho 0,25 là nhân số đó với 4.

$5 : 0{,}25 = 5 \times 4 = 20$

– Chia cho 2,5 là nhân 4 chia 10.

$8 : 2{,}5 = 8 \times 4 : 10 = 3{,}2$

• Cần tận dụng kết quả nhân nhẩm trong chia nhẩm.

## I.2. GIẢI HỆ PHƯƠNG TRÌNH TUYẾN TÍNH THEO PHƯƠNG PHÁP GAUSS

Trong cơ học kết cấu ta thường phải giải hệ n phương trình tuyến tính có n ẩn số.

Có nhiều phương pháp giải nhưng cơ bản là phương pháp GAUSS và phương pháp MA TRẬN NGHỊCH ĐẢO.

Nội dung phương pháp GAUSS là khử dần các ẩn số để thu hệ về một phương trình cuối cùng $ax_n = b$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| + Nếu | $a \neq 0$ | | hệ có nghiệm. |
| + Nếu | $a = 0$ ; | $b \neq 0$ | hệ vô nghiệm. |
| + Nếu | $a = 0$ ; | $b = 0$ | hệ vô định. |

Chương trình mẫu giải trên máy vi tính như sau :

```
Program HEPTTT;
Const       n = 3; m = 2; phay = ',';
Var         A : array [1..n, 1..n] of real;
            B, x : array [1..n, 1..m] of real;
            i, j, k; l : integer;
            c : real;
Begin           Writeln ('giai hepttt');
    For     i : = 1 to n do
    For     j : = 1 to n do
            Begin write ('a [', i, phay, j,'] = ');
                    readln (a [i, j]);
            End;
    For     i : = 1 to n do
    For     j : = 1 to m do
            Begin write ('b [', i, phay, j, '] = ');
                    readln (b [i, j]);
            End;
    For     i : = 1 to n do
    For     j : = i + 1 to n do
            Begin c : = a [j, i]/a [i,i];
    For     k : = 1 to n do
            a [j, k] : = a [j, k] – c*a [i, k]·
```

```
    For     l : = 1 to m do
            b [j, l] : = b [j, l] – c*b [i, l];
            End;
    For     j : = 1 to m do
            Begin  x  [n, j] : = b [n, j]/a [n, n];
            End;
    For     j : = 1 to m do
    For     i : = n – 1 down to 1 do
            Begin c : = 0;
    For     k : = n down to i + 1 do
            c : = c + a [i, k] * x  [k, j];
            x [i, j] : = (b [i, j] – c/a [i, i];
            End;
    For     i : = 1 to n do
    For     j : = 1 to m do
            Begin writeln ('x [', i, phay, j, '] = ', x [i, j]);
            End;
    Readln;
End.
```

Nói theo toán học, phương pháp GAUSS là cách tam giác hóa ma trận hệ số với đường chéo chính toàn là số 1, tam giác dưới đường chéo chính gồm toàn hệ số không.

## THÍ DỤ MINH HỌA

Giải theo phương pháp GAUSS hệ phương trình :

$$2x_1 - x_2 + 2x_3 = 9$$

$$3x_1 + x_2 - 3x_3 = 4$$

$$x_1 + x_2 - 2x_3 = 0$$

Khử $x_1$ bằng cách chia phương trình đầu cho 2

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | $\mathbf{x_1 - 0{,}5x_2}$ | **+** | $\mathbf{x_3}$ | | | **=** | **4,5** |
| **2** | $3x_1$ | + | $x_2$ | – | $3x_3$ | = | 4 |
| | $-3x_1$ | + | $1{,}5x_2$ | – | $3x_3$ | = | –13,5 |
| | **0** | **+** | $\mathbf{2{,}5x_2}$ | **–** | $\mathbf{6x_3}$ | **=** | **–9,5** |
| **3** | $x_1$ | + | $x_2$ | – | $2x_3$ | = | 0 |
| | $-x_1$ | + | $0{,}5x_2$ | – | $x_3$ | = | – 4,5 |
| | **0** | **+** | $\mathbf{1{,}5x_2}$ | **–** | $\mathbf{3x_3}$ | **=** | **– 4,5** |

Khử $x_2$ bằng cách chia phương trình 2 cho 2,5

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **2** | $\mathbf{x_2}$ | **–** | $\mathbf{2{,}4x_3}$ | **=** | **–3,8** |
| **3** | $1{,}5x_2$ | – | $3x_3$ | = | –4,5 |
| | $-1{,}5x_2$ | + | $3{,}6x_3$ | = | 5,7 |
| | **0** | **+** | $\mathbf{0{,}6x_3}$ | **=** | **1,2** |

Hệ thu về $0{,}6x_3 = 1{,}2$ và ta có $x_3 = 2$. Tính ngược lên trên :

$$x_2 = -3{,}8 + 2{,}4x_3 = -3{,}8 + 4{,}8 = 1$$

$$x_1 = 4{,}5 + 0{,}5x_2 - x_3 = 4{,}5 + 0{,}5 - 2 = 3$$

Nghiệm duy nhất của hệ là :

$$x_1 = 3;\ x_2 = 1;\ x_3 = 2.$$

Bảng tính thực hành bố trí như sau :

| $x_1$ | $x_2$ | x3 | b |
|---|---|---|---|
| 2 | –1 | 2 | 9 |
| 3 | 1 | –3 | 4 |
| 1 | 1 | -2 | 0 |
| 1 | –0,5 | 1 | 4,5 |
| 0 | 2,5 | -6 | –9,5 |
| 0 | 1,5 | –3 | –4,5 |
| | 1 | -2,4 | –3,8 |
| | 0 | 0,6 | 1,2 |
| | | $x_3$ | 2,0 |
| | | | –3,8 |
| | | | 4,8 |
| | | $x_2$ | 1,0 |
| | | | 4,5 |
| | | | 0,5 |
| | | | –2,0 |
| | | $x_1$ | 3,0 |

## I.3. GIẢI HỆ PHƯƠNG TRÌNH TUYẾN TÍNH THEO MA TRẬN NGHỊCH ĐẢO

Ta có hệ phương trình tuyến tính :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n = b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n = b_2$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + ... + a_{nn}x_n = b_n$$

Viết dưới dạng ma trận :

$$A.X = B$$

Trong đó A, X, B là những ma trận.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

Ta tìm được nghiệm :

$$X = \frac{B}{A} = A^{-1}.B$$

$A^{-1}$ là ma trận nghịch đảo của ma trận A.

Vậy muốn tìm nghiệm X của hệ ta cần tìm ma trận nghịch đảo $A^{-1}$ của ma trận hệ số A và làm phép nhân ma trận $A^{-1}.B = X$.

Ngày nay người ta cũng đã lập trình mẫu để giải hệ n phương trình tuyến tính có n ẩn số theo ma trận nghịch đảo trên máy vi tính. Chúng ta chỉ việc đưa các ma trận A, B, X vào và lệnh cho máy giải theo ma trận nghịch đảo là có kết quả cần tính.

Nhưng để bạn đọc hiểu được phương pháp ma trận nghịch đảo và có thể vận dụng tự giải những hệ có hai, ba phương trình, tôi xin trình bày phần thực hành của phương pháp này.

Muốn hiểu tường tận, các bạn cần tìm đọc và nắm vững các phép tính về ma trận.

Trình tự tìm ma trận nghịch đảo $A^{-1}$ của ma trận A cho trước như sau :

- Tìm det A tức là trị số của định thức A. Đây là một số đại số. Nếu det A = 0 thì ma trận A gọi là suy thoái và hệ không có nghiệm duy nhất.

- Lập ma trận $A^T$ hay là ma trận chuyển trí của ma trận A, tức là đổi hàng ra cột, đổi cột ra hàng.

- Dựa theo $A^T$ mà tìm $\tilde{A}$ hay là ma trận bù : với mỗi số hạng $a_{ij}$ của $A^T$ ta gạch đi hàng i và cột j rồi tính giá trị của định thức kèm theo dấu + khi i + j chẵn, dấu − khi i + j lẻ và đặt vào vị trí của $a_{ij}$.

- Cuối cùng ta có $$A^{-1} = \frac{1}{\det A}\tilde{A}$$

THÍ DỤ MINH HỌA

Giải theo ma trận nghịch đảo hệ phương trình :

$$\begin{aligned} 2x_1 - x_2 + 2x_3 &= 9 \\ 3x_1 + x_2 - 3x_3 &= 4 \\ x_1 + x_2 - 2x_3 &= 0 \end{aligned}$$

Viết dạng ma trận A . X = B ta có :

$$A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ 3 & 1 & -3 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 9 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nghiệm của hệ là $X = A^{-1}.B$

Tìm $A^{-1}$ theo trình tự sau :

- det A : với ma trận bậc 3 theo luật Sarrus tích 3 hệ số song song đường chéo chính mang dấu dương; tích 3 hệ số song song đường chéo phụ mang dấu âm :

$$\begin{aligned} \det A &= -2.1.2 + 3.1.2 + 1.3.1 - 1.1.2 - 3.1.2 + 1.2.3 \\ &= -4 + 6 + 3 - 2 - 6 + 6 = 3 \end{aligned}$$

$$A^T = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 2 & -3 & -2 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} +\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -3 & -2 \end{vmatrix} & -\begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} & +\begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 2 & -3 \end{vmatrix} \\ -\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ -3 & -2 \end{vmatrix} & +\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} & -\begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 2 & -3 \end{vmatrix} \\ +\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} & -\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} & +\begin{vmatrix} 2 & 3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$