

1. Розглядається трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,2 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,2 \quad 0,3), & A_{22} &= 0,5, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 \\ 0,7 & 0,8 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 1700 \\ 1000 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 1000 \\ 500 \end{pmatrix} e^{0,05t}, & c_2 &= 100. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

2. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 \\ 0,3 & 0,4 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0,2 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,5 \quad 0,2), & A_{22} &= 0, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,8 & 0,3 \\ 1,0 & 0,9 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 750 \\ 500 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 600 \\ 400 \end{pmatrix} e^{0,1t}, & c_2 &= 80. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

3. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,55 & 0,6 \\ 0,1 & 0,1 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,15 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,4 \quad 0,45), & A_{22} &= 0,15, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,45 & 0,2 \\ 0,25 & 0,05 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,35 \\ 0,1 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 20 \\ 9 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 7 \\ 3 \end{pmatrix} e^{0,008t}, & c_2 &= 2,5. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

4. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,5 & 0,2 \\ 0,1 & 0,4 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,2 \\ 0,1 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,2 \quad 0,2), & A_{22} &= 0,5, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,8 & 0,3 \\ 1,0 & 0,9 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 1500 \\ 1000 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 500 \\ 200 \end{pmatrix} e^{0,1t}, & c_2 &= 400. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

5. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,65 & 0,45 \\ 0,15 & 0,25 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0,05 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,55 \quad 0,3), & A_{22} &= 0,45, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,85 & 0,2 \\ 0,3 & 0 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 2000 \\ 1400 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 700 \\ 350 \end{pmatrix} e^{0,004t}, & c_2 &= 250. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

6. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,2 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,2 \quad 0,3), & A_{22} &= 0,5, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 \\ 0,7 & 0,8 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 5000 \\ 2400 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 1000 \\ 400 \end{pmatrix} e^{0,05t}, & c_2 &= 200. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

7. Розглядається трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,6 & 0,1 \\ 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0,3 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,4 \quad 0,3), & A_{22} &= 0,3, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,7 & 0,8 \\ 0,1 & 0 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0,1 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 16 \\ 10 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 8 \\ 3 \end{pmatrix} e^{0,02t}, & c_2 &= 0,8. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

8. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з такими параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,25 & 0,35 \\ 0,3 & 0,45 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,15 \\ 0,1 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,25 \quad 0,5), & A_{22} &= 0,05, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,45 & 0,35 \\ 0,15 & 0,45 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,05 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 1650 \\ 1050 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 450 \\ 250 \end{pmatrix} e^{0,045t}, & c_2 &= 20. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

9. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,7 \\ 0,4 & 0,1 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,4 \\ 0,1 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,3 \quad 0,4), & A_{22} &= 0,4, & B_1 &= \begin{pmatrix} 0,5 & 0,6 \\ 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0,2 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 550 \\ 300 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 350 \\ 150 \end{pmatrix} e^{0,01t}, & c_2 &= 40. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

10. Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$\begin{aligned} A_{11} &= \begin{pmatrix} 0,7 & 0,8 \\ 0,1 & 0,1 \end{pmatrix}, & A_{12} &= \begin{pmatrix} 0,4 \\ 0,4 \end{pmatrix}, & A_{21} &= (0,5 \quad 0,4), & A_{22} &= 0, & B_1 &= \begin{pmatrix} 1,0 & 0,6 \\ 0,2 & 1,0 \end{pmatrix}, \\ B_2 &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0,2 \end{pmatrix}, & x_1(0) &= \begin{pmatrix} 1500 \\ 1200 \end{pmatrix}, & c_1(t) &= \begin{pmatrix} 600 \\ 250 \end{pmatrix} e^{0,007t}, & c_2 &= 350. \end{aligned}$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

**11.** Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,45 & 0,25 \\ 0,15 & 0,45 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,25 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0,15 \quad 0,05), \quad A_{22} = 0,35, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,35 \\ 0,65 & 0,15 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 0,1 \\ 0,05 \end{pmatrix}, \quad x_1(0) = \begin{pmatrix} 3550 \\ 1750 \end{pmatrix}, \quad c_1(t) = \begin{pmatrix} 850 \\ 550 \end{pmatrix} e^{0,035t}, \quad c_2 = 75.$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

**12.** Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,6 \\ 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,1 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0,2 \quad 0,4), \quad A_{22} = 0,2, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,6 \\ 0,2 & 0,1 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,2 \end{pmatrix}, \quad x_1(0) = \begin{pmatrix} 6000 \\ 2500 \end{pmatrix}, \quad c_1(t) = \begin{pmatrix} 900 \\ 400 \end{pmatrix} e^{0,005t}, \quad c_2 = 200.$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

**13.** Розглядається трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,65 & 0,15 \\ 0,2 & 0,25 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0,15 \\ 0,1 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0,45 \quad 0,35), \quad A_{22} = 0,25, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0,35 & 0,15 \\ 0,25 & 0,05 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 0,2 \\ 0,1 \end{pmatrix}, \quad x_1(0) = \begin{pmatrix} 20 \\ 15 \end{pmatrix}, \quad c_1(t) = \begin{pmatrix} 9 \\ 4 \end{pmatrix} e^{0,015t}, \quad c_2 = 1,2.$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

**14.** Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,6 \\ 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,1 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0,2 \quad 0,4), \quad A_{22} = 0,2, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,6 \\ 0,2 & 0,1 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,2 \end{pmatrix}, \quad x_1(0) = \begin{pmatrix} 15 \\ 6 \end{pmatrix}, \quad c_1(t) = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix} e^{0,03t}, \quad c_2 = 1,4.$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.

**15.** Розглядається динамічна трьохгалузева модель еколого-економічного балансу (промисловість, сільське господарство, очисні споруди) з наступними параметрами:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,55 \\ 0,4 & 0,25 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0,15 \\ 0,15 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0,45 \quad 0,4), \quad A_{22} = 0,3, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0,45 & 0,5 \\ 0,15 & 0,2 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 0,15 \\ 0,15 \end{pmatrix}, \quad x_1(0) = \begin{pmatrix} 700 \\ 500 \end{pmatrix}, \quad c_1(t) = \begin{pmatrix} 250 \\ 200 \end{pmatrix} e^{0,007t}, \quad c_2 = 50.$$

Графічно дослідити динаміку  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ . Також у фазовому просторі  $x_1(t)$  зобразити траєкторію з технологічним темпом зростання, траєкторію замкненої системи та загальну траєкторію системи.