

სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თეძურ ხილაჩავა

**მათემატიკური მოდელირების
შესახებ**

(ამოცანათა კრებული)



თბილისი
2016

სსიპ სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თემურ ჩილაჩავა

მათემატიკური მოდელირების შესავალი

ამოცანათა კრებული

თბილისი

2016

ნაშრომში განხილულია ამოცანები, რომლებიც დაკავშირებულია მალთუსის, პოპულაციის ევოლუციის პერლი-ფერხიულსტის, შიგასახეობრივი კონკურენციის ვოლტერას, პოპულაციის ევოლუციის დისკრეტულ მოდელებთან. განხილულია ასევე ყავის გაცივების, სხეულის გაცივების, ლოგიკურ, ოპტიმალური მკურნალობის, რიჩარდსონისა და ლანჩესტერის მოდელებთან დაკავშირებული ამოცანები.

განკუთვნილია მათემატიკის, კომპიუტერული ტექნოლოგიების, ფიზიკის სპეციალობების საბაკალავრო პროგრამების სტუდენტებისათვის. დაეხმარება ასევე პროფესორებს მოცემულ დისციპლინაში პრაქტიკული და სასემინარო მეცადინეობების ჩასატარებლად.

რეცენზენტი: ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა

ჰამლეტ მელაძე

დოქტორი, პროფესორი

სარჩევი

წინასიტყვაობა	- 4
1. მალთუსის მოდელი	- 6
2. პოპულაციის ევოლუციის პერლი-ფერხიულსტის მოდელი	- 9
3. შიგასახეობრივი კონკურენციის ვოლტერას მოდელი	- 13
4. პოპულაციის ევოლუციის დისკრეტული მოდელები. სხვაობიანი განტოლებები და განტოლებათა სისტემები	- 16
5. ყავის გაცივების მოდელი	- 24
6. სხეულის გაცივების მოდელი. კრიმინალისტიკის ამოცანა	- 28
7. ლოგიკური მოდელები სისხლის ჯგუფების შესახებ	- 37
8. ოპტიმალური მკურნალობის მოდელი	- 39
9. რიჩარდსონისა და ლანჩესტერის მოდელები	- 53
ლიტერატურა	- 82

წინასიტყვაობა

მათემატიკური მოდელირება არის ზოგიერთ მოვლენაზე მათემატიკური წარმოდგენის შექმნის პროცესი, რათა მივიღოთ ამ მოვლენის უკეთესი აღწერა.

როგორც ფართოდ არის ცნობილი "მათემატიკური მოდელირების" კურსი თითქმის ნახევარი საუკუნეა იკითხება ევროპისა და ა.შ.შ. წამყვან უნივერსიტეტებში (იხილეთ, მაგალითად, <http://www2.tesu.edu/course.php?CourseCode=MAT-351>).

ამ კურსის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია, იყოს გარკვეული ხიდი წმინდა მათემატიკისა და სხვადასხვა დარგებში მათემატიკის გამოყენებებს შორის. კურსი წარმოადგენს უმნიშვნელოვანესი და რეალური ამოცანების გამოკვლევას, რომლებიც მოიცავენ ისეთ დისციპლინებს, როგორცაა: ბუნებისმეტყველება; ეკოლოგია; მეცნიერება გარემოს შესახებ; ეკონომიკა; მართვა; სოციოლოგია; ფსიქოლოგია და სხვა.

ამ კურსის მიზანი ასევე მდგომარეობს იმაში, რომ შევისწავლოთ შემოქმედებითი გამოყენება ისეთი მათემატიკური ინსტრუმენტების როგორცაა: ჩვეულებრივი და კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებები; სხვაობიანი განტოლებები; რიცხვითი ანალიზი; ოპტიმიზაციის მეთოდები; ოპერაციათა კვლევა და სხვა, რათა მოვახდინოთ რეალური ამოცანების მათემატიკური აღწერა (მათემატიკური მოდელები).

საქართველოში პირველად კურსი "მათემატიკური მოდელები ეკოლოგიაში" წაკითხული იყო ჩემს მიერ ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თსუ-ს სოხუმის ფილიალში XX-ე საუკუნის მიწურულს "ბიოლოგიის" სპეციალობის ბაკალავრიატში, შემდეგ "გამოყენებითი მათემატიკის" სპეციალობაზე "მათემატიკური მოდელირება ასტროფიზიკაში", "მათემატიკური მოდელირება აკუსტიკაში" თსუ-ში (მაგისტრატურა), "მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება", "მათემატიკური მოდელები ეკონომიკაში" (ილიას უნივერსიტეტი, მაგისტრატურა), "ინფორმატიკის" სპეციალობაზე "მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების საფუძვლები", "მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების ტექნოლოგიები", "არაწრფივი მათემატიკური მოდელები" (საპატრიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი, ბაკალავრიატი, მაგისტრატურა, დოქტორანტურა).

ამ კურსებიდან ზოგიერთი ასევე იკითხება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, ზოგიერთ სხვა სახელმწიფო და კერძო უნივერსიტეტში.

წაკითხული კურსების საფუძველზე პირველად ქართულ ენაზე "მათემატიკურ მოდელირებაში" 2008 და 2011 წელს დაიწერა ორი წიგნი [1,2]. აღნიშნულ წიგნებში გაშუქებულია ის საკითხებიც, რომლებიც რუსულ [3] და ინგლისურ ენებზეა [4,5], ასევე განხილულია საკმაო რაოდენობის ორიგინალური ახალი თემები.

ბოლო პერიოდში სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ჩვენ ვკითხულობთ ლექციებს "მათემატიკის" სპეციალობის ბაკალავრიატში სავალდებულო საგანში "მათემატიკური მოდელირების შესავალი", ასევე არჩევით საგნებს "საომარი მოქმედებების მათემატიკური მოდელები", " სოციალური პროცესების მათემატიკური მოდელები".

მოცემული ორიგინალური ამოცანათა კრებული შედგენილია იმ სილაბუსის მიხედვით, რომლითაც ისწავლება დისციპლინა "მათემატიკური მოდელების შესავალი". ქართულ და ალბათ, არა მარტო ქართულ ენაზე პირველად გამოდის ამოცანათა კრებული, რომელიც ხელს შეუწყობს ისეთი სალექციო თემების ათვისებას როგორცაა :მალთუსის, პოპულაციის ევოლუციის პერლი-ფერხიულსტის, შიგასახეობრივი კონკურენციის ვოლტერას, პოპულაციის ევოლუციის დისკრეტული, ყავის გაცივების, სხეულის გაცივების, ლოგიკური, ოპტიმალური მკურნალობის, რიჩარდსონისა და ლანჩესტერის მოდელები.

ავტორი მადლობას უხდის პროფ. ჰამლეტ მელაძეს ნაშრომის რეცენზირებისათვის.

2. პოპულაციის ევოლუციის პერლი-ფერხიულსტის მოდელი

მოცემულია პოპულაციის ევოლუციის შემდეგი მოდელები. განსაზღვრეთ ზრდის, კლებადობის თუ პოპულაციის რაოდენობის უცვლელობის მოდელებია და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

$$1. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 15 \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 2x - 0,05x^2 \\ x(0) = 10 \end{cases}$$

$$3. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 5x - 0,05x^2 \\ x(0) = 100 \end{cases}$$

$$4. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 3x - 0,3x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$5. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 9x - 0,03x^2 \\ x(0) = 150 \end{cases}$$

$$6. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$7. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 7x - 0,35x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$8. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x - 0,01x^2 \\ x(0) = 30 \end{cases}$$

$$9. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 15 \end{cases}$$

$$10. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 2x - 0,05x^2 \\ x(0) = 20 \end{cases}$$

$$11. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 3x - 0,3x^2 \\ x(0) = 11 \end{cases}$$

$$12. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 1,5x - 0,02x^2 \\ x(0) = 40 \end{cases}$$

$$13. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 2x - 0,04x^2 \\ x(0) = 15 \end{cases}$$

$$14. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 7x - 0,35x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$15. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$16. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 1,5x - 0,02x^2 \\ x(0) = 40 \end{cases}$$

$$17. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 51 \end{cases}$$

$$18. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 9x - 0,03x^2 \\ x(0) = 150 \end{cases}$$

$$19. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 3x - 0,3x^2 \\ x(0) = 51 \end{cases}$$

$$20. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 5x - 0,05x^2 \\ x(0) = 91 \end{cases}$$

$$21. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 4x - 0,08x^2 \\ x(0) = 19 \end{cases}$$

$$22. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x - 0,01x^2 \\ x(0) = 25 \end{cases}$$

$$23. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 7x - 0,35x^2 \\ x(0) = 2 \end{cases}$$

$$24. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 6x - 0,3x^2 \\ x(0) = 27 \end{cases}$$

$$25. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,1x - 0,002x^2 \\ x(0) = 27 \end{cases}$$

$$26. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,2x - 0,004x^2 \\ x(0) = 25 \end{cases}$$

$$27. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,3x - 0,005x^2 \\ x(0) = 40 \end{cases}$$

$$28. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,4x - 0,002x^2 \\ x(0) = 50 \end{cases}$$

$$29. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,3x - 0,002x^2 \\ x(0) = 80 \end{cases}$$

$$30. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,2x - 0,004x^2 \\ x(0) = 55 \end{cases}$$

$$31. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,05x - 0,0002x^2 \\ x(0) = 30 \end{cases}$$

$$32. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,04x - 0,0002x^2 \\ x(0) = 60 \end{cases}$$

$$33. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,06x - 0,0003x^2 \\ x(0) = 100 \end{cases}$$

$$34. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,07x - 0,0035x^2 \\ x(0) = 2 \end{cases}$$

$$35. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,08x - 0,0004x^2 \\ x(0) = 15 \end{cases}$$

$$36. \begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = 0,06x - 0,0006x^2 \\ x(0) = 5 \end{cases}$$

37*. $a > 0, b > 0, c \in N$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = ax - bx^2 \\ x(0) = c \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

38*. $a > -1, b > 0, c \in Z_0^+ = N \cup \{0\}$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = (a+1)x - bx^2 \\ x(0) = c + 1 \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

39*. $a > 1, b > 1, c \in Z_0^+ = N \cup \{0\}$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = (a-1)x - (b-1)x^2 \\ x(0) = c + 1 \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

40*. $a \neq 0, b \neq 0, c \in Z_0^+ = N \cup \{0\}$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = a^2x - b^2x^2 \\ x(0) = c + 1 \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

41*. $\alpha \in R$ პარამეტრის რა მნიშვნელობისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \left[6 - \frac{1}{\sqrt{2}} (\cos \alpha + \sin \alpha) \right] x - 0,1x^2 \\ x(0) = 60 \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

42*. $\alpha \in R, b \geq 50$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \left[5 - \frac{1}{\sqrt{2}} (\cos \alpha - \sin \alpha) \right] x - 0,1x^2 \\ x(0) = b \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

43*. $\alpha \in R, 0 < b \leq 29$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \left[5 - \sqrt{2} (\cos \alpha - \sin \alpha) \right] x - 0,1x^2 \\ x(0) = b \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

44*. $\alpha \in R, b \geq 51$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \left[3 - \sqrt{2} (\cos 2\alpha - \sin 2\alpha) \right] x - 0,1x^2 \\ x(0) = b \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

45*. $\alpha \in R, b \geq 55$ პარამეტრების რა მნიშვნელობებისათვის ამოცანა

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \left[6 - \sqrt{2} (\cos 3\alpha + \sin 3\alpha) \right] x - 0,1x^2 \\ x(0) = b \end{cases}$$

განსაზღვრავს პოპულაციის ზრდის, კლებადობისა და რაოდენობის უცვლელობის მოდელს და იპოვეთ $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = ?$

3. შიგასახეობრივი კონკურენციის ვოლტერას მოდელი

შიგასახეობრივი კონკურენციის ვოლტერას მოდელეებში იპოვეთ

$$\lim_{t \rightarrow \infty} N_1(t) = ? \quad \lim_{t \rightarrow \infty} N_2(t) = ?$$

$$1. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,3 - 0,08F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,1 - 0,04F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,8N_2, \quad N_1(0) = 30, N_2(0) = 20$$

$$2. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,06F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,1N_1 + 0,2N_2, \quad N_1(0) = 35, N_2(0) = 40$$

$$3. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,35 - 0,045F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,8 - 0,09F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,6N_1 + 0,9N_2, \quad N_1(0) = 11, N_2(0) = 19$$

$$4. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,5 - 0,08F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,25 - 0,02F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,15N_1 + 0,2N_2, \quad N_1(0) = 12, N_2(0) = 24$$

$$5. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,8 - 0,08F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,02F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,7N_2, \quad N_1(0) = 30, N_2(0) = 30$$

$$6. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,8 - 0,08F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,2 - 0,02F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,8N_1 + 0,9N_2, \quad N_1(0) = 50, N_2(0) = 50$$

$$7. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,06F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,2 - 0,03F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,7N_1 + 0,7N_2, \quad N_1(0) = 40, N_2(0) = 50$$

$$8. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,04F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,9N_1 + 0,7N_2, \quad N_1(0) = 40, N_2(0) = 70$$

$$9. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,3 - 0,03F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,06F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,8N_1 + 0,6N_2, \quad N_1(0) = 10, N_2(0) = 20$$

$$10. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,04F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 25, N_2(0) = 30$$

$$11. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,04F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 25, N_2(0) = 30$$

$$12. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,1 - 0,02F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,6N_1 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 25, N_2(0) = 30$$

$$13. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,4 - 0,002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,4 - 0,002F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,25N_1 + 0,35N_2, \quad N_1(0) = 45, N_2(0) = 30$$

$$14. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,2 - 0,004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 15, N_2(0) = 30$$

$$15. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,3N_2^2, \quad N_1(0) = 10, N_2(0) = 5$$

$$16. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,001F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1^2 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 5, N_2(0) = 30$$

$$17. \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,003F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,009F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,2N_1^2 + 0,3N_2, \quad N_1(0) = 15, N_2(0) = 40$$

$$18^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,03N_2^3, \quad N_1(0) = 50, \quad N_2(0) = 10$$

$$19^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,004F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,6 - 0,008F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,4N_1 + 0,02N_2^3, \quad N_1(0) = 30, \quad N_2(0) = 5$$

$$20^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,1 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,0004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1 + 0,003N_2^4, \quad N_1(0) = 50, \quad N_2(0) = 10$$

$$21^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,0004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1^4 + 0,003N_2^3, \quad N_1(0) = 2, \quad N_2(0) = 10$$

$$22^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,005N_1^4 + 0,003N_2^4, \quad N_1(0) = 2, \quad N_2(0) = 10$$

$$23^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,5N_1^3 + 0,5N_2^3, \quad N_1(0) = 2, \quad N_2(0) = 2$$

$$24^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,3 - 0,00001F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,00001F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = 0,7N_1^4 + 0,3N_2^4, \quad N_1(0) = 3, \quad N_2(0) = 3$$

$$25^* \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = [0,2 - 0,0002F(N_1, N_2)]N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} = [0,3 - 0,0004F(N_1, N_2)]N_2. \end{cases} \quad F(N_1, N_2) = N_1^4 + N_1^2 + 0,003N_2^3, \quad N_1(0) = 2, \quad N_2(0) = 10$$

4. პოპულაციის ევოლუციის დისკრეტული მოდელები. სხვაობიანი განტოლებები და განტოლებათა სისტემები

იპოვეთ პირველი რიგის არაერთგვაროვანი სხვაობიანი განტოლების ამონახსნი, რომელიც აკმაყოფილებს დამატებით პირობას

1. $x_{n+1} - x_n = 15, \quad x_0 = 100$
2. $x_{n+1} - x_n = 25, \quad x_0 = 60$
3. $x_{n+1} - x_n = 40, \quad x_0 = 20$
4. $x_{n+1} - x_n = 88, \quad x_0 = 10$
5. $x_{n+1} - x_n = 92, \quad x_0 = 33$
6. $x_{n+1} - x_n = -2, \quad x_0 = 130$
7. $x_{n+1} - x_n = -5, \quad x_0 = 90$
8. $x_{n+1} - x_n = -9, \quad x_0 = 80$
9. $x_{n+1} - x_n = -12, \quad x_0 = 110$
10. $x_{n+1} - x_n = -20, \quad x_0 = 150$
11. $x_{n+1} - 2x_n = 10, \quad x_0 = 15$
12. $x_{n+1} - 3x_n = 15, \quad x_0 = 10$
13. $x_{n+1} - 4x_n = 20, \quad x_0 = 25$
14. $x_{n+1} - 5x_n = 30, \quad x_0 = 35$
15. $x_{n+1} - 6x_n = 40, \quad x_0 = 1$
16. $x_{n+1} - 7x_n = 10, \quad x_0 = 5$
17. $x_{n+1} - 8x_n = 20, \quad x_0 = 1$
18. $x_{n+1} - 9x_n = 10, \quad x_0 = 15$
19. $x_{n+1} - 10x_n = 1, \quad x_0 = 15$
20. $x_{n+1} - 11x_n = -10, \quad x_0 = 1$
21. $x_{n+1} - x_n = -7n + 12, \quad x_0 = 200$
22. $x_{n+1} - x_n = -9n + 19, \quad x_0 = 150$
23. $x_{n+1} - x_n = 10n + 21, \quad x_0 = 15$
24. $x_{n+1} - x_n = 9n + 30, \quad x_0 = 20$
25. $x_{n+1} - x_n = 12n - 3, \quad x_0 = 25$
26. $x_{n+1} - x_n = n^2 + 12n - 4, \quad x_0 = 35$

27. $x_{n+1} - x_n = 2 \cdot n^2 + 3n - 7, x_0 = 45$
28. $x_{n+1} - x_n = 3 \cdot n^2 + 6n - 3, x_0 = 55$
29. $x_{n+1} - x_n = -n^2 + 12n + 4, x_0 = 100$
30. $x_{n+1} - x_n = -n^2 + 15n + 2, x_0 = 50$
31. $x_{n+1} - 2x_n = -7n + 12, x_0 = 200$
32. $x_{n+1} - 3x_n = -9n + 19, x_0 = 150$
33. $x_{n+1} - 4x_n = 10n + 21, x_0 = 15$
34. $x_{n+1} - 5x_n = 9n + 30, x_0 = 20$
35. $x_{n+1} - 2x_n = 12n - 3, x_0 = 25$
36. $x_{n+1} - 2x_n = n^2 + 12n - 4, x_0 = 35$
37. $x_{n+1} - 3x_n = 2 \cdot n^2 + 3n - 7, x_0 = 45$
38. $x_{n+1} - 6x_n = 3 \cdot n^2 + 6n - 3, x_0 = 55$
39. $x_{n+1} - 7x_n = -n^2 + 12n + 4, x_0 = 100$
40. $x_{n+1} - 8x_n = -n^2 + 15n + 2, x_0 = 50$
41. $x_{n+1} - x_n = n^3 - n^2 + 12n - 4, x_0 = 35$
42. $x_{n+1} - x_n = 2 \cdot n^3 - 2 \cdot n^2 + 3n - 7, x_0 = 45$
43. $x_{n+1} - x_n = n^3 + 3 \cdot n^2 + 6n - 3, x_0 = 55$
44. $x_{n+1} - x_n = n^3 - n^2 + 12n + 4, x_0 = 100$
45. $x_{n+1} - x_n = 2 \cdot n^3 - n^2 + 15n + 2, x_0 = 50$
46. $x_{n+1} - 2x_n = n^3 - n^2 + 12n - 4, x_0 = 3$
47. $x_{n+1} - 3x_n = 2 \cdot n^3 - 2 \cdot n^2 + 3n - 7, x_0 = 4$
48. $x_{n+1} - 4x_n = n^3 + 3 \cdot n^2 + 6n - 3, x_0 = 5$
49. $x_{n+1} - 5x_n = n^3 + n^2 + 12n + 4, x_0 = 1$
50. $x_{n+1} - 6x_n = 2 \cdot n^3 - n^2 + 15n + 2, x_0 = 5$
51. $x_{n+1} - 2x_n = 3^n \cdot 11 + 1, x_0 = 10$
52. $x_{n+1} - 4x_n = 5^n \cdot 10 - 12, x_0 = 5$
53. $x_{n+1} - 5x_n = 7^n \cdot 8 - 13, x_0 = 25$
54. $x_{n+1} - 8x_n = 5^n \cdot 13 - 22, x_0 = 9$
55. $x_{n+1} - 7x_n = 6^n \cdot 8 - 30, x_0 = 30$

56. $x_{n+1} - 2x_n = 6^n \cdot 8 - 30n, \quad x_0 = 20$

57. $x_{n+1} - 5x_n = 6^n \cdot 8 + 3n + 11, \quad x_0 = 30$

58. $x_{n+1} - 4x_n = 4^n \cdot 8 + 5n + 19, \quad x_0 = 40$

59. $x_{n+1} - 2x_n = 3^n \cdot 2 + 7n + 21, \quad x_0 = 10$

60. $x_{n+1} - 3x_n = 5^n \cdot 4 + n^2 - 7n + 25, \quad x_0 = 5$

61. $x_{n+1} - 4x_n = 6^n \cdot 2 - n^2 + n + 20, \quad x_0 = 50$

62. $x_{n+1} - 3x_n = 3^n \cdot 5 - n^2 + 6n + 25, \quad x_0 = 100$

63. $x_{n+1} - 2x_n = 9^n \cdot 4 - n^2 + 8n + 9, \quad x_0 = 90$

64. $x_{n+1} - 5x_n = 3^n \cdot 7 - 2 \cdot n^2 + 7n + 12, \quad x_0 = 60$

65. $x_{n+1} - 4x_n = 2^n \cdot 9 - 2 \cdot n^2 + 3n + 10, \quad x_0 = 40$

იპოვეთ მეორე რიგის ერთგვაროვანი სხვაობიანი განტოლების ამონახსნი, რომელიც აკმაყოფილებს დამატებით პირობებს

66. $x_{n+2} - 7x_{n+1} + 12x_n = 0, \quad x_1 = 20, x_2 = 80$

67. $x_{n+2} - 18x_{n+1} + 81x_n = 0, \quad x_1 = 20, x_2 = 100$

68. $x_{n+2} + 9x_{n+1} + 18x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_1 = 40$

69. $25x_{n+2} + 20x_{n+1} + 4x_n = 0, \quad x_0 = 50, x_1 = 40$

70. $x_{n+2} - 16x_{n+1} + 64x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_1 = 40$

71. $x_{n+2} - 22x_{n+1} + 40x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_1 = 50$

72. $x_{n+2} - 18x_{n+1} + 81x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_2 = 40$

73. $x_{n+2} - 18x_{n+1} + 17x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_2 = 120$

74. $9x_{n+2} - 24x_{n+1} + 16x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_2 = 30$

75. $x_{n+2} - 21x_{n+1} + 38x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_2 = 100$

76. $25x_{n+2} - 70x_{n+1} + 49x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_2 = 30$

77. $x_{n+2} - 15x_{n+1} + 14x_n = 0, \quad x_0 = 30, x_2 = 90$

78. $x_{n+2} - 14x_{n+1} + 49x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_1 = 40$

79. $x_{n+2} + 12x_{n+1} + 20x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_1 = 40$

80. $x_{n+2} - 15x_{n+1} + 26x_n = 0, \quad x_0 = 50, x_1 = 100$

81. $64x_{n+2} - 16x_{n+1} + x_n = 0, \quad x_0 = 50, x_3 = 100$

82. $x_{n+2} - 19x_{n+1} + 34x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_2 = 60$

83. $49x_{n+2} - 14x_{n+1} + x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_4 = 60$

84. $x_{n+2} - 11x_{n+1} + 18x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_1 = 80$

85. $36x_{n+2} - 12x_{n+1} + x_n = 0, \quad x_0 = 20, x_3 = 80$

იპოვეთ მეორე რიგის არაერთგვაროვანი სხვაობიანი განტოლების ზოგადი ამონახსნი

86. $x_{n+2} - 23x_{n+1} + 42x_n = n \cdot 2^n$

87. $x_{n+2} - 16x_{n+1} + 64x_n = 2n \cdot 7^n$

88. $x_{n+2} - 10x_{n+1} + 25x_n = 3n \cdot 6^n$

89. $x_{n+2} - 11x_{n+1} + 10x_n = 4n \cdot 3^n$

90. $x_{n+2} - 13x_{n+1} + 30x_n = 4n \cdot 3^n$

91. $x_{n+2} - 15x_{n+1} + 50x_n = 4n \cdot 5^n + 15$

92. $x_{n+2} - 9x_{n+1} + 20x_n = -6n \cdot 4^n + 10$

93. $x_{n+2} + 5x_{n+1} + 4x_n = 9n \cdot 3^n + 20$

94. $x_{n+2} - 13x_{n+1} + 30x_n = 4n \cdot 3^n + 40$

95. $x_{n+2} + 7x_{n+1} + 10x_n = 4n \cdot (-2)^n + 120$

იპოვეთ მეორე რიგის არაერთგვაროვანი სხვაობიანი განტოლების ამონახსნი ამონახსნი, რომელიც აკმაყოფილებს დამატებით პირობებს

96. $x_{n+2} - 8x_{n+1} + 16x_n = -4n \cdot 4^n, \quad x_0 = 40, x_3 = 80$

97. $x_{n+2} - 16x_{n+1} + 64x_n = 7n \cdot 8^n, \quad x_0 = 10, x_2 = 100$

98. $x_{n+2} - 10x_{n+1} + 25x_n = 4n \cdot 5^n, \quad x_0 = 10, x_1 = 80$

99. $x_{n+2} - 10x_{n+1} + 16x_n = 7n \cdot 2^n, \quad x_0 = 9, x_2 = 50$

100. $x_{n+2} + 14x_{n+1} + 13x_n = 6n \cdot (-13)^n, \quad x_0 = 10, x_2 = 60$

101. $x_{n+2} + 7x_{n+1} + 6x_n = 5n(-6)^n, \quad x_0 = 10, x_2 = 70$

102. $x_{n+2} + 17x_{n+1} + 16x_n = 11n \cdot (-16)^n, \quad x_0 = 45, x_2 = 200$

103. $x_{n+2} - 8x_{n+1} + 17x_n = 0, \quad x_0 = 10, x_3 = 40$

104. $x_{n+2} - 5x_{n+1} + 4x_n = n^2 + n \cdot 4^n, \quad x_0 = 10, \quad x_2 = 100$

¹⁰⁵. დაამტკიცეთ, რომ სხვაობიანი განტოლების

$$(a^2 + 1)^2 x_{n+2} - 2(a^2 + 1)x_{n+1} + x_n = 0, \quad a \neq 0, a = const$$

ზოგადი ამონახსნისათვის ადგილი აქვს

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = 0.$$

106. იპოვეთ დამატებითი პირობები a, b

პარამეტრებზე, რომელთათვის სხვაობიანი განტოლების

$$x_{n+2} - 2ax_{n+1} - bx_n = 0, \quad a^2 + b > 0, a, b = \text{const}$$

ზოგადი ამონახსნისათვის ადგილი აქვს

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = 0.$$

იპოვეთ ზოგადი ამონახსნები პირველი რიგის სხვაობიანი განტოლებათა სისტემებისათვის:

$$107. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n + y_n, \\ y_{n+1} = x_n + 2y_n. \end{cases}$$

$$108. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - y_n, \\ y_{n+1} = -x_n + y_n. \end{cases}$$

$$109. \begin{cases} x_{n+1} = -y_n + 2^n, \\ y_{n+1} = -x_n + 2^n. \end{cases}$$

$$110. \begin{cases} x_{n+1} = x_n + y_n + 1, \\ y_{n+1} = 2y_n. \end{cases}$$

$$111. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - y_n + 2^n, \\ y_{n+1} = -x_n + 2y_n + 2^n. \end{cases}$$

$$112. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - 2y_n + 3 \cdot 4^n \\ y_{n+1} = -x_n + 3 \cdot y_n + 2 \cdot 4^n \end{cases}$$

$$113. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - 3y_n + 3 \cdot 5^n \\ y_{n+1} = -2x_n + 4 \cdot y_n + 2 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$114. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - 3y_n + 2 \cdot 7^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 5 \cdot y_n + 2 \cdot 7^n \end{cases}$$

$$115. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - 4y_n + 3 \cdot 8^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 5 \cdot y_n + 2 \cdot 8^n \end{cases}$$

$$116. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - 2y_n + 3 \cdot 6^n \\ y_{n+1} = -4x_n + 3 \cdot y_n + 2 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$117. \begin{cases} x_{n+1} = 5x_n - 2y_n + 3 \cdot 8^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot 10^n \end{cases}$$

$$118. \begin{cases} x_{n+1} = 6x_n - 5y_n + 3 \cdot 4^n \\ y_{n+1} = -4x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot 2^n \end{cases}$$

$$119. \begin{cases} x_{n+1} = -5x_n + 2y_n + 3 \cdot 9^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot 10^n \end{cases}$$

$$120. \begin{cases} x_{n+1} = -x_n + 3y_n + 2 \cdot 6^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 5 \cdot y_n + 2 \cdot 10^n \end{cases}$$

$$121. \begin{cases} x_{n+1} = -2x_n + 4y_n + 3 \cdot 7^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 3 \cdot y_n + 2 \cdot 9^n \end{cases}$$

$$122. \begin{cases} x_{n+1} = -3x_n + 9y_n + 3 \cdot n \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n \end{cases}$$

$$123. \begin{cases} x_{n+1} = 5x_n - 2y_n + 3 \cdot n + 8 \\ y_{n+1} = -4x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n + 10 \end{cases}$$

$$124. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - 2y_n + 3 \cdot n^2 \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 \end{cases}$$

$$125. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - y_n + 2 \cdot n^2 + 8 \\ y_{n+1} = -4x_n + 3 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 + 10 \end{cases}$$

$$126. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - 2y_n + 3 \cdot n^2 - 1 \\ y_{n+1} = -3x_n + 3 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 2 \end{cases}$$

$$127. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - 2y_n + 3 \cdot n^2 - 6 \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 8 \end{cases}$$

$$128. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - y_n + 3 \cdot n^2 - 6n + 5 \\ y_{n+1} = -x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 8n + 6 \end{cases}$$

$$129. \begin{cases} x_{n+1} = 5x_n - y_n + 2 \cdot n^2 - 3n + 10 \\ y_{n+1} = -x_n + 2 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 - 8n + 12 \end{cases}$$

$$130. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - y_n + n^2 - 3n + 9 + 2^n \\ y_{n+1} = -x_n + 2 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 3n + 9 + 2 \cdot 2^n \end{cases}$$

$$131. \begin{cases} x_{n+1} = 7x_n - y_n + 3 \cdot n^2 - 4n + 6 + 9^n \\ y_{n+1} = -x_n + 4 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 - 5n + 12 + 2 \cdot 9^n \end{cases}$$

$$132. \begin{cases} x_{n+1} = 5x_n - y_n + n^2 - 4n + 6 + 9^n \\ y_{n+1} = -x_n + 3 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 - 8n + 12 + 2 \cdot 8^n \end{cases}$$

$$133. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - 2y_n + n^2 - 5n + 6 + 6^n \\ y_{n+1} = -2x_n + 4 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 8n + 14 + 2 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$134. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - 2y_n + 2 \cdot n^2 - 9n + 15 + 3^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 5 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 12n + 10 + 4 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$135. \begin{cases} x_{n+1} = 5x_n - 2y_n + 4 \cdot n^2 - 7n + 13 + 6^n \\ y_{n+1} = -2x_n + 6 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 - 12n + 9 + 2 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$136. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - 4y_n + 3 \cdot n^2 - 8n + 8 + 7^n \\ y_{n+1} = -4x_n + 4 \cdot y_n + 2 \cdot n^2 - 19n + 21 + 2 \cdot 5^n \end{cases}$$

$$137. \begin{cases} x_{n+1} = 4x_n - 5y_n + 2 \cdot n^2 - 8n + 17 + 2 \cdot 5^n \\ y_{n+1} = -2x_n + 5 \cdot y_n + 3 \cdot n^2 - 22n + 11 + 2 \cdot 11^n \end{cases}$$

$$138. \begin{cases} x_{n+1} = 3x_n - 4y_n + 3 \cdot n^2 - 9n + 12 + 3 \cdot 5^n \\ y_{n+1} = -4x_n + 3 \cdot y_n + 7 \cdot n^2 - 22n + 18 + 4 \cdot 7^n \end{cases}$$

$$139. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - 7y_n + 4 \cdot n^2 - 9n + \pi + 2 \cdot 4^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 2 \cdot y_n + 7 \cdot n^2 - 22n + 6 + 4 \cdot e^n \end{cases}$$

$$140. \begin{cases} x_{n+1} = 2x_n - 4y_n + 5 \cdot n^2 - 9n + 4 + 2 \cdot 5^n \\ y_{n+1} = -3x_n + 3 \cdot y_n + 7 \cdot n^2 - 8n + 17 + 3 \cdot 7^n \end{cases}$$

8. ოპტიმალური მკურნალობის მოდელი

იპოვეთ მიზნის ფუნქციის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობა მოცემულ არეში

1. $f(x, y) = 7x + 11y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 12 \\ 4x + y \geq 12 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

2. $f(x, y) = 13x + 13y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 20 \\ 5x + y \geq 20 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

3. $f(x, y) = 5(x + y) \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 15 \\ 5x + y \geq 15 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

4. $f(x, y) = 12x + 13y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} 3x + y \geq 1 \\ 6x + 2y \leq 2 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

5. $f(x, y) = 20x + 16y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 25 \\ 4x + y \geq 25 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

6. $f(x, y) = 4x + 5y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} 4x + 3y \leq 24 \\ x + 2y \geq 16 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

7. $f(x, y) = 21x + 13y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 8 \\ 2x + y \geq 8 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

8. $f(x, y) = 6x + 10y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 10 \\ 2x + y \geq 10 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

9. $f(x, y) = x + 13y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 9 \\ 2x + y \geq 18 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

10. $f(x, y) = 4x + 7y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \geq 7 \\ 3x + y \leq 21 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

11. $f(x, y) = 4x + 9y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \geq 4 \\ 2x + y \leq 8 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

12. $f(x, y) = 3x + 4y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} 3x + y \leq 15 \\ 5x + y \geq 15 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

13. $f(x, y) = 5x + 6y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \geq 5 \\ 2x + y \leq 10 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

14. $f(x, y) = 2x + 11y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} 4x + y \leq 20 \\ 2x + y \geq 20 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

15. $f(x, y) = 5x + 13y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 15 \\ 5x + y \geq 15 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

16. $f(x, y) = 21x + 14y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} 4x + y \leq 30 \\ 2x + y \geq 30 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

17. $f(x, y) = 12x + 33y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 50 \\ 5x + y \geq 50 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

18. $f(x, y) = 6x + 11y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \leq 12 \\ 4x + y \geq 12 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

19. $f(x, y) = 5x + 6y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \geq 5 \\ 2x + y \leq 10 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

20. $f(x, y) = 5x + 6y \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x + y \geq 5 \\ 2x + y \leq 10 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

21. $W = 2x_1 - 7x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 4, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

22. $W = 2x_1 - 4x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 \geq 8, \\ -3x_1 + 10x_2 \leq 16, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

23. $F = 3x_1 + x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 30, \\ 2x_1 + x_2 \leq 20, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

24. $W = 6x_1 + 2x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1, \\ -x_1 + x_2 \leq 1, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

25. $F = 5x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 \geq 4, \\ x_2 \geq 3, \\ x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

26. $W = 4x_1 - 3x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 3, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 5, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

27. $W = 5x_1 - 3x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ x_1 + 2x_2 \leq 5, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \end{cases}$$

28. $W = 4x_1 + 5x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 500, \\ x_1 \leq 400, \\ x_2 \leq 300, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

29. $W = 7x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 7, \\ x_1 \leq 3, \\ x_2 \leq 1, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

30. $W = 2x_1 + 9x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 2x_1 + 6x_2 \leq 15, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 11, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

31. $W = 2x_1 + 11x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

32. $W = 3x_1 + 13x_2 \rightarrow \min;$

$$\begin{cases} x_1 \geq 1, \\ x_2 \geq 0,6, \\ 0,1x_1 + 0,4x_2 \leq 2, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

33. $W = 20x_1 + 16x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 3x_1 + x_2 \leq 20, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 30, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

34. $W = 41x_1 + x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 3x_1 + 6x_2 \leq 11, \\ x_1 \leq 2,75, \\ 3x_2 \leq 1,1, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

35. $W = 21x_1 + 7x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 \geq 3, \\ x_2 \geq 4, \\ 2x_1 + 2x_2 \leq 9, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

36. $W = 7x_1 - 2x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + 10x_2 \leq 1, \\ -2x_1 + 24x_2 \leq 1, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

37. $W = 3x_1 + 7x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + 8x_2 \leq 17, \\ x_1 \leq 3, \\ x_2 \leq 2, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

38. $W = 7x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \leq 15, \\ x_1 + 6x_2 \leq 7, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

39. $W = 5x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 \geq 3, \\ -4x_1 + 6x_2 \leq 9, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

40. $W = 6x_1 + 9x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 + 15x_2 \leq 32, \\ x_1 \leq 31, \\ x_2 \leq 2, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

41. $W = 5x_1 - 11x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + 6x_2 \leq 9, \\ -5x_1 + 8x_2 \leq 4, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

42. $W = 4x_1 + 7x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 5x_1 + 3x_2 \geq 7, \\ -2x_1 + 9x_2 \leq 21, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

43. $W = 4x_1 + 5x_2 \rightarrow \max, \min$;

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 + 3x_2 \leq 7, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

44. $W = 22x_1 + x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 5x_1 + 3x_2 \geq 7, \\ -2x_1 + 9x_2 \leq 21, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

45. $W = 7x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 \geq 4, \\ x_2 \geq 5, \\ 3x_1 + x_2 \leq 16, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

46. $W = 5x_1 - 2x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 2x_1 + 5x_2 \leq 8, \\ -3x_1 + 8x_2 \leq 4, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

47. $W = 9x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \leq 9, \\ x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

48. $W = 8x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \leq 9, \\ x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

49. $W = 7x_1 + x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \geq 5, \\ -3x_1 + 10x_2 \leq 50, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

50. $W = 3,5x_1 + 0,5x_2 \rightarrow \max, \min;$

$$\begin{cases} x_1 \leq 2, \\ x_2 \geq 1,8, \\ 2x_1 + 5x_2 \leq 12, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

51. $W(x_1, x_2) = 5x_1 + 7x_2 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_1 \geq 2 \\ x_2 \geq 5 \\ x_1 + x_2 \leq 10 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

52. $W(x_1, x_2) = 4x_1 + 7x_2 + 2016 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_1 \geq 5 \\ x_2 \geq 5 \\ x_1 + x_2 \leq 20 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

53. $W(x_1, x_2) = 10x_1 + 7x_2 + 55 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_1 \geq 10 \\ x_2 \geq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

54. $W(x_1, x_2) = 9x_1 + 7x_2 - 19 \rightarrow \max, \min,$

$$\begin{cases} x_1 \geq 9 \\ x_2 \geq 7 \\ x_1 + x_2 \leq 25 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

55. $W(x_1, x_2) = 3x_1 + 12x_2 - 23 \rightarrow \max, \min,$

$$\begin{cases} x_1 \geq 3 \\ x_2 \geq 8 \\ x_1 + x_2 \leq 15 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

56. $W(x_1, x_2) = 13x_1 + 15x_2 + \pi \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_1 \geq 20 \\ x_2 \geq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

57. $W(x_1, x_2) = 7x_1 + 6x_2 + 33 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_1 \geq 5 \\ x_2 \geq 10 \\ x_1 + x_2 \leq 20 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

58. $w = x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

59. $w = 7x_1 - 8x_2 \rightarrow \max, \min,$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

60. $w = 11x_1 - 9x_2 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

61. $w = 8x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

62. $w = 7x_1 - 5x_2 + 21 \rightarrow \max, \min$

$$\begin{cases} x_2 \leq 4 \\ x_1 + 3x_2 \geq 6 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$63^*. w = (-a+4)x_1 - 4x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 \leq 2 \\ -x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ 2x_1 - x_2 \leq 10 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$64^*. w = (-a^2 + 4)x_1 - 4x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 + 5x_2 \leq 53 \\ 2x_1 - x_2 \leq 18 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$65^*. w = (a-9)x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4 \\ 5x_1 - x_2 \leq 20 \\ -2x_1 + 3x_2 \leq 18 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$66^*. w = (a+1)x_1 - 4x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 3x_1 - x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$67^*. w = (a^2 + 1)x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 3x_1 - x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$68^*. w = (a^2 + 1)x_1 - 5\pi x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 4 \\ x_1 + 3x_2 \geq 6 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$69^*. w = (a^2 - 1)x_1 - 9x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$70^*. w = (a^3 - 1)x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 20 \\ x_2 \geq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$71^*. w = (a^5 - 1)x_1 - 11x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 20 \\ x_2 \geq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$72^*. w = (a^2 + a + 1)x_1 - 13x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \geq 5, \\ -3x_1 + 10x_2 \leq 50, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$73^*. w = (a^2 + a + 2)x_1 - 13x_2 \rightarrow \max, \min, a \in R$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 10 \\ x_2 \geq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$74^*. w = (\sin \alpha + 2)x_1 - 16x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \leq 9, \\ x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$75^*. w = (\cos \alpha + 1)x_1 - 10x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 5 \\ x_2 \geq 5 \\ x_1 + x_2 \leq 20 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$76^*. w = (\cos 2\alpha + 1)x_1 - 9x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$77^*. w = (\sin 2\alpha + 1)x_1 - 6x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_1 \geq 5 \\ x_2 \geq 10 \\ x_1 + x_2 \leq 20 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$78^{**}. w = (\sin 2\alpha - \cos 2\alpha)x_1 - 5x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 3x_1 - x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$79^{**}. w = (\sin \alpha - \cos \alpha)x_1 - \pi x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 3x_1 - x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$80^{**}. w = (\sin \alpha + \cos \alpha)x_1 - ex_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$81^{**}. w = (\sin \alpha + \cos \alpha - \sqrt{2})x_1 - 2ex_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 3x_1 - x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$82^{**}. w = (\sin 2016\alpha + \cos 2016\alpha - \sqrt{2})x_1 - 4x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 4 \\ x_1 + 3x_2 \geq 6 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$83^{**}. w = (3\sin \alpha + 4\cos \alpha - 5)x_1 - 6x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 3x_2 \geq -6 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

$$84^{**}. w = (5\sin \alpha + 12\cos \alpha - 13)x_1 - 7x_2 \rightarrow \max, \min, \alpha \in R$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4 \\ 5x_1 - x_2 \leq 20 \\ -2x_1 + 3x_2 \leq 18 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

85***. მოცემულია წრფივი მიზნის ფუნქცია და შეზღუდვების არაწრფივი სისტემა. გრაფიკული მეთოდით იპოვეთ გლობალური ექსტრემუმები (მაქსიმუმი და მინიმუმი)

$$w = 2x_1 + x_2 \rightarrow (\max, \min)$$

$$\begin{cases} (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 \geq 4 \\ (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 \leq 9 \\ x_1 + x_2 \geq 3 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2 \end{cases}$$

9.რიჩარდსონისა და ლანჩესტერის მოდელები

რიჩარდსონის მოდელში განსაზღვრეთ გამარჯვებული მხარე, თუ

$$1. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,5x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 100, x_2(0) = 300.$$

$$2. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,4x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, x_2(0) = 300.$$

$$3. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, x_2(0) = 400.$$

$$4. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,15x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, x_2(0) = 400.$$

$$5. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,15x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,25x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, x_2(0) = 350.$$

$$6. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,25x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,35x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, x_2(0) = 400.$$

$$7. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,12x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,22x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, x_2(0) = 350.$$

$$8. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,11x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,21x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, x_2(0) = 400.$$

$$9. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,27x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,25x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, x_2(0) = 350.$$

$$10. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,45x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,25x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, x_2(0) = 350.$$

$$11. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,1x_2 - 0,05x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,07x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 400$$

$$12. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,2x_2 - 0,04x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,05x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 450.$$

$$13. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,15x_2 - 0,01x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,01x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, x_2(0) = 400.$$

$$14. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,2x_2 - 0,02x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,02x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 300.$$

$$15. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,1x_2 - 0,05x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,06x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 400.$$

$$16. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,1x_2 - 0,05x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,06x_2. \end{cases} \quad x_1(0) = 600, x_2(0) = 500$$

$$17. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,15x_2 - 0,05x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,06x_2. \end{cases} \quad x_1(0) = 500, x_2(0) = 500.$$

$$18. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,2x_2 - 0,04x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,06x_2. \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 400$$

$$19. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,25x_2 - 0,045x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,06x_2. \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 400$$

$$21. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,35x_2 - 0,055x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,05x_2. \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, x_2(0) = 900$$

$$22. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,2x_2 - 0,04x_1 + 15 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,06x_2 + 20. \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 400$$

$$23. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,1x_2 - 0,04x_1 + 12 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,06x_2 + 14 \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 300$$

$$23. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,15x_2 - 0,045x_1 + 11 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,2x_1 - 0,06x_2 + 15 \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 400$$

$$24. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,4x_2 - 0,08x_1 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,3x_1 - 0,07x_2 + 18 \end{cases} \quad x_1(0) = 450, x_2(0) = 350$$

$$25. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,5x_2 - 0,09x_1 + 11 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,4x_1 - 0,08x_2 + 19 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 300$$

$$26. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,6x_2 - 0,09x_1 + 25 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,5x_1 - 0,08x_2 + 25 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, x_2(0) = 300$$

$$27. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,5x_2 - 0,09x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,4x_1 - 0,08x_2 + 5 \end{cases} \quad x_1(0) = 800, x_2(0) = 800$$

$$28. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,4x_2 - 0,08x_1 + 15 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,4x_1 - 0,08x_2 + 20 \end{cases} \quad x_1(0) = 350, x_2(0) = 300$$

$$29. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,7x_2 - 0,09x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,6x_1 - 0,08x_2 + 20 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, x_2(0) = 300$$

$$30. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 0,8x_2 - 0,09x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = 0,7x_1 - 0,08x_2 + 20 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 500$$

განსაზღვრეთ ორი რეგულარული ჯარის შეიარაღებული ბრძოლის შედეგი და $x_1(t), x_2(t)$ ლანჩესტერის მოდელში, თუ

$$31. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 900$$

$$32. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,3x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, x_2(0) = 700$$

$$33. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,9x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, x_2(0) = 900$$

$$34. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,3x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, x_2(0) = 800$$

$$35. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1 + 7 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, x_2(0) = 900$$

$$36. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,3x_2 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 + 11 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 900$$

$$37. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,5x_2 + 9 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 + 9 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, \quad x_2(0) = 900$$

$$38. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,6x_2 + 11 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,9x_1 + 11 \end{cases} \quad x_1(0) = 700, \quad x_2(0) = 900$$

$$39. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,4x_2 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1 + 40 \end{cases} \quad x_1(0) = 450, \quad x_2(0) = 900$$

$$40. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,3x_2 + 15 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 + 30 \end{cases} \quad x_1(0) = 350, \quad x_2(0) = 700$$

$$41. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 + 22 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 + 66 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, \quad x_2(0) = 900$$

$$42. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1 + 40 \end{cases} \quad x_1(0) = 250, \quad x_2(0) = 900$$

$$43. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,15x_2 + 3 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 + 12 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 800$$

$$44. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,11x_2 + 7 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,44x_1 + 28 \end{cases} \quad x_1(0) = 150, \quad x_2(0) = 600$$

$$45. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,13x_2 + 8 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,52x_1 + 32 \end{cases} \quad x_1(0) = 150, \quad x_2(0) = 600$$

$$46. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,5x_2 - 0,02x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 - 0,01x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, \quad x_2(0) = 600$$

$$47. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,6x_2 - 0,03x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1 - 0,02x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 900$$

$$48. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,4x_2 - 0,02x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 - 0,01x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 700, \quad x_2(0) = 700$$

$$49. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 - 0,04x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1 - 0,03x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 800$$

$$50. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 - 0,04x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1 - 0,03x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 750, \quad x_2(0) = 750$$

$$51. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,4x_2 - 0,03x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1 - 0,03x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 500$$

$$52. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2 - 0,05x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,1x_1 - 0,05x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 1000$$

$$53. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 - 0,01x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,2x_1 - 0,01x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 2000, \quad x_2(0) = 2000$$

$$54. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,005x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,005x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 3000, \quad x_2(0) = 3000$$

$$55. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,004x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 5000$$

$$56. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,004x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 4000, \quad x_2(0) = 5000$$

$$57. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,004x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4500, \quad x_2(0) = 4000$$

$$58. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,003x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 2500$$

$$59. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,003x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4000, \quad x_2(0) = 2000$$

$$60. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,006x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4000, \quad x_2(0) = 4000$$

$$61. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 3000, \quad x_2(0) = 3000$$

$$62. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,003x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,002x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4000, \quad x_2(0) = 5000$$

$$63. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 4000$$

$$64. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2 - 0,005x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 3000, \quad x_2(0) = 3500$$

$$65. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,006x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,04x_1 - 0,004x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2000, \quad x_2(0) = 3000$$

$$66. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,005x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,004x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 2000$$

$$67. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,005x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2000, \quad x_2(0) = 5000$$

$$68. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,05x_2 - 0,009x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,04x_1 - 0,008x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4000, \quad x_2(0) = 2000$$

$$69. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,004x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 5000$$

$$70. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2 - 0,004x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,0035x_2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1500, \quad x_2(0) = 1200$$

$$71. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2 - 0,004x_1 + 12 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,015x_1 - 0,004x_2 + 12 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1500, \quad x_2(0) = 1500$$

$$72. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2500, \quad x_2(0) = 2500$$

$$73. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,006x_1 + 15 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,006x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1500, \quad x_2(0) = 1500$$

$$74. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,004x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,004x_2 + 20 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 1000$$

$$75. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2 - 0,006x_1 + 1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,04x_1 - 0,006x_2 + 1 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 4500, \quad x_2(0) = 4500$$

$$76. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 2 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 500$$

$$77. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,005x_1 + 1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,005x_2 + 4 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2500, \quad x_2(0) = 1500$$

$$78. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 5000, \quad x_2(0) = 2500$$

$$79. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,006x_1 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,006x_2 + 5 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2500, \quad x_2(0) = 3500$$

$$80. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 8 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2500, \quad x_2(0) = 2000$$

$$81. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,005x_2 + 5 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 2500, \quad x_2(0) = 2500$$

$$82. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2 - 0,005x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 3500, \quad x_2(0) = 3500$$

$$83. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2 - 0,006x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 5 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 500$$

$$84. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2 - 0,007x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,006x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 1000$$

$$85. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,006x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 800$$

$$86. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 900$$

$$87. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 10 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,006x_2 + 25 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1200, \quad x_2(0) = 1200$$

$$88. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,006x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 900$$

$$89. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,007x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1 - 0,008x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 950$$

$$90. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,007x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,006x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 800$$

$$91. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 + 5 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 700, \quad x_2(0) = 900$$

$$92. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,005x_1 + 25 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1 - 0,004x_2 + 25 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1200, \quad x_2(0) = 900$$

$$93. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,006x_1 + 20 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 + 20 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 900$$

$$94. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,008x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 + 30 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 800$$

$$95. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 15 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,006x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 1000$$

$$96. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 13 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,006x_2 + 13 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 1000$$

$$97. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,006x_2 + 15 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 900, \quad x_2(0) = 600$$

$$98. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,005x_2 + 10 \\ . \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 600$$

$$99. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,007x_2 + 15 \end{cases} \quad x_1(0) = 800, \quad x_2(0) = 600$$

$$100. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2 - 0,006x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1 - 0,004x_2 + 10 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, \quad x_2(0) = 500$$

განსაზღვრეთ რეგულარული ჯარისა და პარტიზანული შენაერთის შეიარაღებული ბრძოლის შედეგი და $x_1(t), x_2(t)$ ლანჩესტერის მოდელში, თუ

$$101. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 100, \quad x_2(0) = 1000$$

$$102. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 200$$

$$103. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 100$$

$$104. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 100$$

$$105. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 600, \quad x_2(0) = 50$$

$$106. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,01x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, \quad x_2(0) = 2000$$

$$107. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,3x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, \quad x_2(0) = 1000$$

$$108. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,4x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, \quad x_2(0) = 1500$$

$$109. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,15x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, \quad x_2(0) = 900$$

$$110. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,25x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,035x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 500, \quad x_2(0) = 1200$$

$$111. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, \quad x_2(0) = 200$$

$$112. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 400, \quad x_2(0) = 100$$

$$113. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 200$$

$$114. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 300$$

$$115. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 60, \quad x_2(0) = 400$$

$$116. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 400$$

$$117. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 60, \quad x_2(0) = 450$$

$$118. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 45, \quad x_2(0) = 500$$

$$119. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 400$$

$$120. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 60, \quad x_2(0) = 500$$

$$121. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 500$$

$$122. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 600$$

$$123. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 800$$

$$124. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,035x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 900$$

$$125. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 700$$

$$126. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,045x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 30, \quad x_2(0) = 600$$

$$127. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 60, \quad x_2(0) = 1000$$

$$128. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 800$$

$$129. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 55, \quad x_2(0) = 700$$

$$130. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,7x_1 \end{cases} \quad x_1(0) = 35, \quad x_2(0) = 600$$

განსაზღვრეთ ორი პარტიზანული შენაერთის შეიარაღებული ბრძოლის შედეგი და $x_1(t), x_2(t)$ ლანჩესტერის მოდელში, თუ

$$131. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,45x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 900$$

$$132. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 800$$

$$133. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,8x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 150, \quad x_2(0) = 600$$

$$134. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 150$$

$$135. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,15x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,6x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 160$$

$$136. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,2x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,3x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 20, \quad x_2(0) = 30$$

$$137. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,3x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,9x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 120$$

$$138. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,11x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,44x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 20, \quad x_2(0) = 80$$

$$139. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,12x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,36x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 35, \quad x_2(0) = 105$$

$$140. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,13x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,52x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 45, \quad x_2(0) = 180$$

$$141. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,15x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,75x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 1200$$

$$142. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,15x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,9x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 30, \quad x_2(0) = 180$$

$$143. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,25x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,5x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 81, \quad x_2(0) = 162$$

$$144. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,04x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 800$$

$$145. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,1x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,4x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 11, \quad x_2(0) = 44$$

$$146. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,12x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,24x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 19, \quad x_2(0) = 38$$

$$147. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 15, \quad x_2(0) = 40$$

$$148. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 15, \quad x_2(0) = 50$$

$$149. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,06x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,04x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 40$$

$$150. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 55, \quad x_2(0) = 40$$

$$151. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 45$$

$$152. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 90, \quad x_2(0) = 40$$

$$153. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 40$$

$$154. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,05x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 35, \quad x_2(0) = 40$$

$$155. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,025x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 65, \quad x_2(0) = 40$$

$$156. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,013x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,025x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 25, \quad x_2(0) = 40$$

$$157. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,015x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,025x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 25, \quad x_2(0) = 40$$

$$158. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 30, \quad x_2(0) = 40$$

$$159. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 35, \quad x_2(0) = 50$$

$$160. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,05x_2x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 100$$

$$161. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,05x_2x_1 + 5 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 + 6 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 60$$

$$162. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 4 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,09x_1x_2 + 9 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 90$$

$$163. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,01x_2x_1 + 1 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,09x_1x_2 + 9 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 450$$

$$164. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02x_2x_1 + 2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 + 6 \end{cases} \quad x_1(0) = 50, \quad x_2(0) = 150$$

$$165. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,07x_2x_1 + 7 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 5 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 50$$

$$166. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 + 25 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,066x_1x_2 + 66 \end{cases} \quad x_1(0) = 25, \quad x_2(0) = 66$$

$$167. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 50$$

$$168. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,07x_2x_1 + 70 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,08x_1x_2 + 80 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 80$$

$$169. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,09x_2x_1 + 90 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 + 60 \end{cases} \quad x_1(0) = 90, \quad x_2(0) = 60$$

$$170. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,08x_2x_1 + 80 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1x_2 + 30 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 30$$

$$171. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,045x_2x_1 + 45 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 45, \quad x_2(0) = 50$$

$$172. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 30, \quad x_2(0) = 50$$

$$173. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 50$$

$$174. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,08x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 25 \end{cases} \quad x_1(0) = 30, \quad x_2(0) = 50$$

$$175. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 55$$

$$176. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,07x_2x_1 + 70 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,03x_1x_2 + 30 \end{cases} \quad x_1(0) = 40, \quad x_2(0) = 50$$

$$177. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 100, \quad x_2(0) = 100$$

$$178. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,05x_2x_1 + 50 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,06x_1x_2 + 60 \end{cases} \quad x_1(0) = 90, \quad x_2(0) = 90$$

$$179. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 70$$

$$180. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,07x_1x_2 + 70 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 100$$

$$181. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,045x_1x_2 + 45 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 100$$

$$182. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,07x_2x_1 + 70 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 70, \quad x_2(0) = 80$$

$$183. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,04x_2x_1 + 40 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,05x_1x_2 + 50 \end{cases} \quad x_1(0) = 130, \quad x_2(0) = 100$$

$$184. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,03x_2x_1 + 30 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,065x_1x_2 + 65 \end{cases} \quad x_1(0) = 120, \quad x_2(0) = 140$$

$$185. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,045x_2x_1 + 45 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,055x_1x_2 + 55 \end{cases} \quad x_1(0) = 120, \quad x_2(0) = 110$$

$$186. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,035x_2x_1 + 35 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,085x_1x_2 + 85 \end{cases} \quad x_1(0) = 200, \quad x_2(0) = 150$$

$$187. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,025x_2x_1 + 25 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,075x_1x_2 + 75 \end{cases} \quad x_1(0) = 300, \quad x_2(0) = 400$$

$$188. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,065x_2x_1 + 65 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,055x_1x_2 + 55 \end{cases} \quad x_1(0) = 180, \quad x_2(0) = 150$$

$$189. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,033x_2x_1 + 33 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,051x_1x_2 + 51 \end{cases} \quad x_1(0) = 170, \quad x_2(0) = 170$$

$$190. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,032x_2x_1 + 32 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,052x_1x_2 + 52 \end{cases} \quad x_1(0) = 170, \quad x_2(0) = 180$$

$$191. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,023x_2x_1 + 23 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,061x_1x_2 + 61 \end{cases} \quad x_1(0) = 140, \quad x_2(0) = 130$$

$$192. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,012x_2x_1 + 12 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,023x_1x_2 + 23 \end{cases} \quad x_1(0) = 180, \quad x_2(0) = 190$$

$$193. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,071x_2x_1 + 71 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,059x_1x_2 + 59 \end{cases} \quad x_1(0) = 160, \quad x_2(0) = 150$$

$$194. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,043x_2x_1 + 43 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,056x_1x_2 + 56 \end{cases} \quad x_1(0) = 18, \quad x_2(0) = 19$$

$$195. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,045x_2x_1 + 45 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,076x_1x_2 + 76 \end{cases} \quad x_1(0) = 80, \quad x_2(0) = 100$$

$$196. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,039x_2x_1 + 39 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,057x_1x_2 + 57 \end{cases} \quad x_1(0) = 160, \quad x_2(0) = 180$$

$$197. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,023x_2x_1 + 23 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,025x_1x_2 + 25 \end{cases} \quad x_1(0) = 1000, \quad x_2(0) = 1000$$

$$198. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,02016x_2x_1 + 2016 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,02017x_1x_2 + 2017 \end{cases} \quad x_1(0) = 90, \quad x_2(0) = 100$$

$$199. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,036x_2x_1 + 36 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,055x_1x_2 + 55 \end{cases} \quad x_1(0) = 2016, \quad x_2(0) = 2017$$

$$200. \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -0,033x_2x_1 + 33 \\ \frac{dx_2}{dt} = -0,034x_1x_2 + 34 \end{cases} \quad x_1(0) = 2016, \quad x_2(0) = 2017$$

ლიტერატურა

1. თ. ჩილაჩავა, ც. ძიძიგური მათემატიკური მოდელირება, ინოვაცია, თბილისი, 2008, 440 გვ.
2. თ. ჩილაჩავა, ც. ძიძიგური მათემატიკური მოდელები ეკოლოგიასა და მედიცინაში, ინოვაცია, თბილისი, 2011, 336 გვ.
3. ა.სამარსკი, ა. მიჰაილოვი მათემატიკური მოდელირება, ფიზმატლიტ, 2005, 320 გვ.
4. ჯ. სმიტი მათემატიკური იდეები ბიოლოგიაში, მოსკოვი, 2005, 180 გვ.
5. ი. გილდერმანი ბიოლოგიის მათემატიზაცია, თსუ, თბილისი, 1974, 59 გვ.
6. ჰ. მელაძე, ნ. სხირტლაძე გამოყენებითი მათემატიკის საწყისები. თსუ, თბილისი, 2000, 261 გვ.