

უკ 62.501.72:551.58

დ.არველაძე, ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ბ.ბერიტაშვილი

მსოფლიოს გლობალური განვითარება – კლიმატის ცვლილების წყარო

ცნობილია, რომ კლიმატის ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იქნას მზის სხივური ენერჯის ან ატმოსფეროს გაზური შემადგენლობისა და ქვეყნილი ზედაპირის ანთროპოგენური ცვლილებებით. რადგან უკანასკნელი რამდენიმე ასეული წლის მანძილზე მზის სხივური ენერჯის სერიოზულ ცვლილებას ადგილი არ, ქონია, უნდა ვიფიქროთ, რომ თანამედროვე კლიმატის ცვლილება განპირობებულია კაცობრიობის ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებისაკენ სწრაფვით, - მსოფლიოს გლობალური განვითარებით, - ადამიანის გარემოზე ზემოქმედებით.

კაცობრიობა ბუნებაზე გამარჯვებით ვერ დაიკვებინს. ყოველი ასეთი “გამარჯვებისათვის” ბუნება გვსჯის, შურს იძიებს. მართალია, ყოველ ასეთ “გამარჯვებას”, პირველ რიგში, ჩვენთვის სასურველი შედეგები მოყვება, მაგრამ, მეორე და მესამე რიგში მას მოყვება სრულიად სხვა, განუსაზღვრელი შედეგები, რომლებიც ძალზე ხშირად ანადგურებენ პირველი შედეგების მნიშვნელობას. ფაქტები ყოველ ნაბიჯზე გვახსენებენ, რომ ჩვენ ბუნებაზე ვერ ვბატონობთ, რომ ჩვენ, პირიქით-ჩვენი სისხლით, ხორცით და გონებით ვეკუთვნით ბუნებას და ვიმყოფებით მის შუაგულში, რომ ჩვენი ბუნებაზე ბატონობა მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ, სხვა სულიერი არსებებისაგან განსხვავებით, შეგვიძლია შევიცნოთ და სწორად გამოვიყენოთ მისი კანონები. სწორედ ამან განაპირობა ის, რომ XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან კაცობრიობა დააკვირდა თავისი განვითარების კოლოსალურ ნაბიჯებს, დაინახა გარემოზე ზემოქმედების საშიში შედეგები, რომლებიც განვითარების ახლანდელი ხასიათისა და ტენდენციების შენარჩუნების შემთხვევაში კატასტროფით ემუქრება მსოფლიოს და დაიწყო გზების ძებნა მოსალოდნელი ეკოლოგიური კრიზისის თავიდან ასაცილებლად.

გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის ძირითადი ასპექტებია: მოსახლეობის ზრდა, ბუნებრივი რესურსების ამოწურვა, ადამიანის გარემო პირობებზე ზემოქმედების უარყოფითი შედეგები და განვითარებად ქვეყნებში საკვები პროდუქტების ნაკლებობა.

მსოფლიო განვითარების გლობალური მოდელების შექმნა განსაკუთრებული აქტივობით დაიწყო 70-იანი წლებიდან [1]. კომპლექსური კვლევის პირველი ცდა იყო მასაჩუსეტის (აშშ) ტექნოლოგიური ინსტიტუტის (აშშ) პროფესორის ჯ.ფორესტერის მიერ გლობალური განვითარების მათემატიკური მოდელის (“მსოფლიო-2”) შემუშავება. გლობალური განვითარების მოდელზე მუშაობა განაგრძო მეცნიერთა ინტერნაციონალურმა ჯგუფმა დ. მიდოუზის ხელმძღვანელობით, რომელთაც კიდევ უფრო რთული მოდელი შექმნეს (“მსოფლიო-3”). ამ ავტორებმა ჩაატარეს გამოთვლები და მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ თუ საზოგადოებრივი განვითარების ახლანდელი ხასიათი და ტენდენციები იქნება შენარჩუნებული, მაშინ 50-70 წლის შემდეგ პლანეტის მოსახლეობა მიაღწევს 6.5 მლრდ. ადამიანს და სურსათ-სანოვარისა და ბუნებრივი რესურსების ნაკლებობის, აგრეთვე გარემოს უზომო გაჭუჭყიანების გამო დაიწყებს კატასტროფულ შემცირებას. მათი აზრით, საერთო კატასტროფის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია “გლობალური წონასწორობის” მდგომარეობაზე გადასვლა ანუ მოსახლეობის, მრეწველობისა და მოხმარების ზრდის შეჩერება.

მოგვიანებით მესაროვიჩმა (აშშ) და პესტელმა (გფრ) წარმოადგინეს გლობალური განვითარების მოდელი – “გადარჩენის სტრატეგია”, რომლის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ენერგეტიკული მოდელი “სანავთობო კრიზისი”. მოდელის დადებითი მხარეა ის, რომ მსოფლიო სისტემა იყოფა ურთიერთმოქმედ რეგიონებად, მასში ჩართულია მართვის შესაძლებლობები და ადამიანი მონაწილეობს გადაწყვეტილებების მიღების პროცესებში.

დაახლოებით იმავე პერიოდში არგენტინელმა მეცნიერებმა ერერას ხელმძღვანელობით შეიმუშავეს გლობალური განვითარების ლათინოამერიკული მოდელი. ერერას ჯგუფი თვლის, რომ კაცობრიობის, არმონიულ განვითარებას ხელს უშლის სხვადასხვა ქვეყნებს შორის სიმდიდრის არათანაბარი განაწილება. მოდელი მსოფლიოს განიხილავს, როგორც ოთხი ურთიერთმოქმედი რეგიონის სისტემას: 1) აფრიკა; 2) ლათინური ამერიკა; 3) აზია და ოკეანეთი; 4) განვითარებული ქვეყნები. ყოველი რეგიონის განვითარება აღიწერება ხუთი ერთმანეთთან დაკავშირებული ქვემოდელის სტანდარტულ განტოლებათა სისტემით: ეკონომიკა, მოსახლეობა, ურბანიზაცია და საცხოვრებელი მშენებლობა, განათლება, კვება. კვების ქვემოდელი შედგება სამი სექტორისაგან: მიწათმოქმედება, მეცხოველეობა და მეთევზეობა.

იაპონელმა მეცნიერებმა ტოკიოს უნივერსიტეტის პროფესორ კაიას ხელმძღვანელობით შეიმუშავეს გლობალური განვითარების მოდელი “ახალი შეხედულება განვითარებაზე”. ისინი გამოდიან იქიდან, რომ თანამედროვე მსოფლიოს პრობლემები დაკავშირებულია საკვები პროდუქტების ნაკლებობასთან, უმუშევრობასთან და განვითარებად ქვეყნებში წარმოების დაბალ დონესთან.

საინტერესო მოდელი შექმნა ნობელის პრემიის ლაურეატმა ტინბერგენმა. გლობალური განვითარების მოდელის “საერთაშორისო წესრიგის განახლება”-საფუძველზე ტინბერგენი იძლევა რეკომენდაციას, რომლის თანახმადაც, მსოფლიო კატასტროფის თავიდან აცილების მიზნით, უნდა შეიქმნას ზენაციონალური ორგანო,

$$\bar{C} = E_R (1 - X) K_P \quad (3)$$

$$R_0 = R(t_0);$$

$$R_R^0 = \frac{R_0}{R_{00}}; \quad (4)$$

$$E_R^0 = E_R(R_R^0)$$

$$C^0 = E_R^0 (1 - X^0);$$

$$C = \frac{\bar{C}}{C^0}. \quad (5)$$

$$X_P = \frac{K_P X}{X_0} \quad (6)$$

$$F_P = F_X V_P V_Z \quad (7)$$

$$X_2 = \frac{X_P (F_P) X_Q (Q)}{T_2}; \quad (8)$$

$$T_2 = const.$$

$$Q = \frac{Q_C (C)}{Q_F (F_P)} \quad (9)$$

$$X_1 = \frac{X}{T_x} \quad (10)$$

და ოცი არაწრფივი დამოკიდებულებით, რომლებიც გრაფიკების სახითაა მოცემული. ყველა ამ განტოლებითა და აგრეთვე საწყისი პირობებით განისაზღვრება ხუთი ცვლადი, როგორც დროის ფუნქცია. ეს ცვლადებია: P- მოსახლეობა(ადამიანთა რაოდენობა მსოფლიოში); K-კაპიტალი (ძირითადი ფონდები); X-სასოფლო-სამეურნეო კაპიტალის წილი კაპიტალის საერთო რაოდენობაში; R-არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები დედამიწაზე; Z-დაჭუჭყიანება.

ფორესტერი თვლის, რომ P, K, X, R და Z ცვლადების ურთიერთზემოქმედება ხდება ბუნებრივი პირობებისა და ისეთი ფაქტორების საშუალებით, როგორცაა: მოსახლეობის ფარდობითი რაოდენობა (P_P), წილობრივი კაპიტალი (K_P), ცხოვრების მატერიალური დონე (C), წილობრივი დაჭუჭყიანება (Z_P), და კვების დონე (F_P).

ზემოთ მოტანილ ფორმულებში (1)-(10) K_2 არის კაპიტალის ანუ ძირითადი ფონდების ნამატი, K_1 - კაპიტალის შემცირება, რაც დაკავშირებულია ძირითადი ფონდების ცვეთასა და მოძველებასთან, Z_2 - დაჭუჭყიანების ნამატი დროის ერთეულში, Z_1 - დაჭუჭყიანების გაწოვის სიჩქარე, X_2 - სასოფლო-სამეურნეო

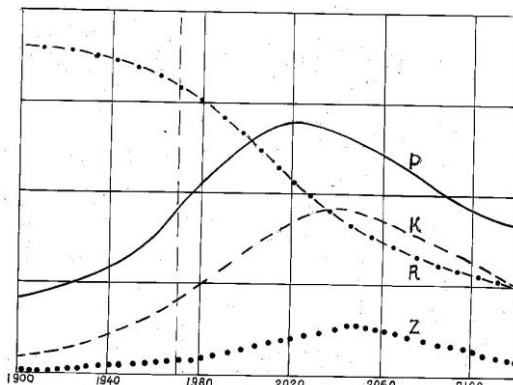
ფონდების წილის ნაზრდი, X_i - სასოფლო-სამეურნეო ფონდების წილის ცვეთა, D -სიკვდილიანობა, B - შობადობა, F_p - კვების დონე, V_z -დაჭუჭყიანების გავლენა, V_p -ურბანიზაციის გავლენა, B_i და D_i . ($i=C,P,F,Z$) უნიტარული თანამამრავლებია და გამოხატავენ შესაბამისი ფაქტორების გავლენას, T_k -ნორმალური ცვეთის მუდმივა, T_x - soflis meurneobaSi ZiriTadi fondebis arsebobis saSualo dro, Q -ე.წ. ცხოვრების ხარისხი.

მოდელის მოქმედება განხილული იქნა 1900-დან 2100 წლამდე პერიოდში. $t_0=1900$ წლის მომენტისათვის აღებული იქნა საწყისი მომენტები: $P_{00}=1.65 \cdot 10^9$; $K_{00}=0.4 \cdot 10^9$ (მიღებულია, რომ 1900 წელს ერთ ადამიანზე მოდიოდა 4-ჯერ ნაკლები კაპიტალი, ვიდრე 1970 წელს); $X_{00}=0.2$ $R_{00}=900 \cdot 10^9$ რესურსების ერთეული (დაშვებულია, რომ დაწყებული 1900 წლიდან რესურსები საკმარისი იქნებოდა 250 წლის განმავლობაში, ეს იმ შემთხვევაში თუ მათი გამოყენების სიჩქარე შენარჩუნებული იქნებოდა 1970 წლის დონეზე. $Z_{00}=0.2 \cdot 10^9$ - დაჭუჭყიანების ერთეული (ითვლება, რომ 1900 წელს ერთ სულ მოსახლეზე მოდიოდა 8-ჯერ ნაკლები დაჭუჭყიანება 1970 წელთან შედარებით).

ამრიგად, მოდელით გამოთვლისას 1900 წლიდან 1970 წლის ჩათვლით გამოყენებული იქნა ფაქტიური მონაცემები. ამის შემდეგ რიცხვითი ინტეგრირება გაგრძელებული იქნა ინტერვალზე $t_0 = 1970$ წ., $t_k=2100$ წ. ჩათვლით.

მოდელით ჩატარებული გამოთვლების შედეგები ნაჩვენებია $OAb.1$ -ზე. აღმოჩნდა, რომ მონოტონური ზრდის პერიოდის შემდეგ 2025 წლიდან მოსახლეობის რაოდენობა P იწყებს კლებას და 75 წლის განმავლობაში 1.5-ჯერ ანუ თითქმის 2 მლრდ. ადამიანით მცირდება. არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები (R) 2100 წლისათვის 1970 წლის დონის 1/3-ზე ნაკლები გახდება. დაჭუჭყიანების დონე (Z) 2050 წლისათვის რამდენჯერმე გადააჭარბებს 1970 წლის დონეს, რის შემდეგაც იწყებს ვარდნას, რაც გამოწვეულია მრეწველობის საერთო ვარდნითა და მოსახლეობის შემცირებით.

ამრიგად, გლობალური განვითარების თანამედროვე ტემპების შენარჩუნების პირობებში საზოგადოება ვერ აცდება სერიოზულ კრიზისს, რომელიც კატასტროფის ტოლფასია. ეს კრიზისი, ფორესტერის აზრით, გამოწვეულია წინააღმდეგობებით, რომელიც არსებობს ბუნებრივი რესურსების შეზღუდულობასა და კაპიტალის, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის წარმოების ზრდას შორის. სწორედ ეს ზრდა მოსახლეობის რაოდენობისა, მოთხოვნილების ზრდასთან ერთად, იწვევს გარემოს სწრაფ დაბინძურებას, რესურსების გამოლევას, სიკვდილიანობის ზრდას და წარმოების დაცემას.

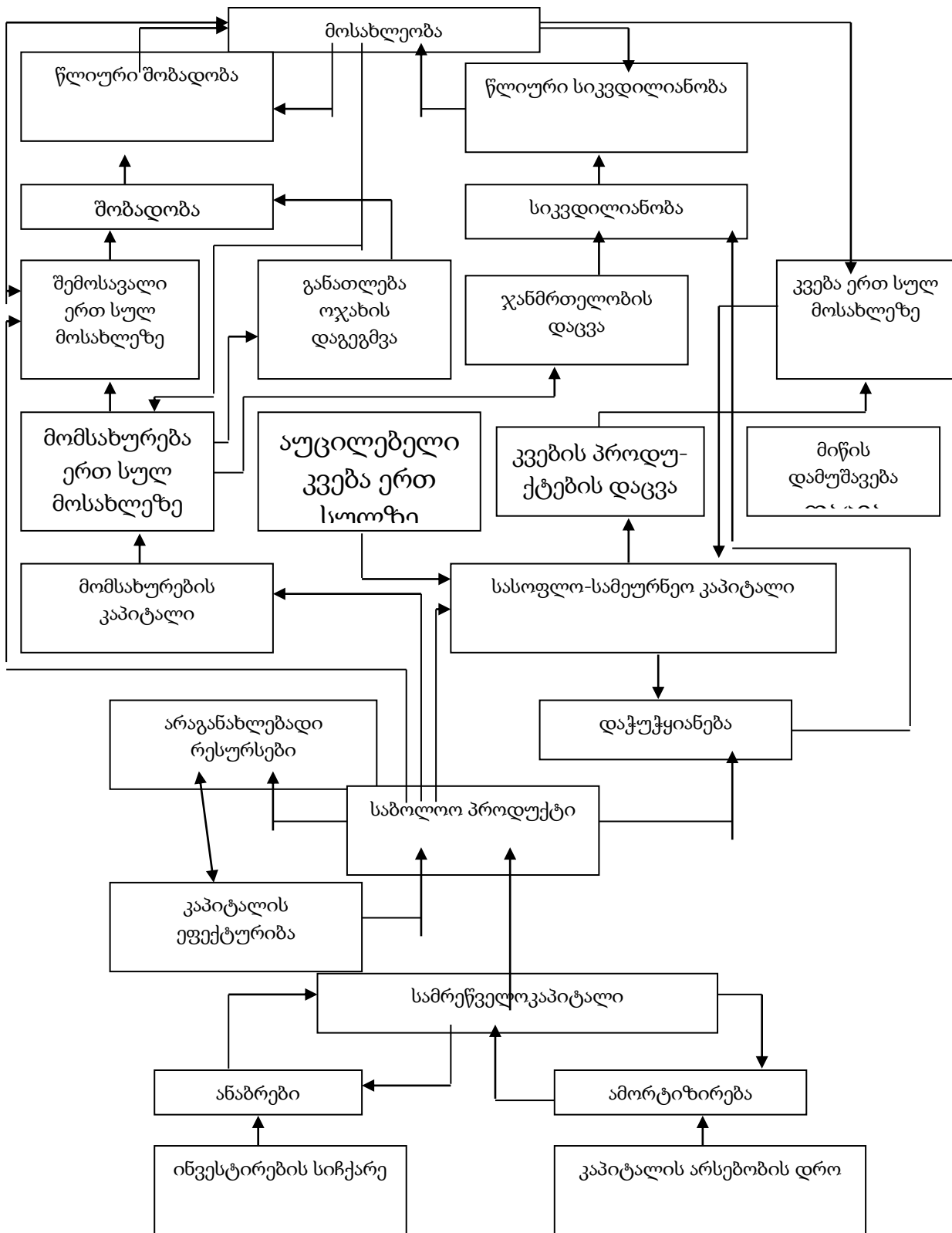


ნახ.1. გლობალური განვითარების ძირითადი მახასიათებლების ცვლილება დროში

მიდოუზის ჯგუფის გლობალურ დინამიურ მოდელში “მსოფლიო-3” ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთზემოქმედება (ისევე, როგორც ფორესტერის მოდელში “მსოფლიო-2”) აღიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებებით, რომლებიც განსაზღვრავენ დროის ფუნქციებს $P(t)$, $R(t)$ და $Z(t)$. მოდელში ძირითად ცვლადებად ითვლებიან აგრეთვე: A – დედამიწის მოსავლიანი ფართობები; y – ბუნებრივი ნაყოფიერება (მიწის მოსავლიანობა); K – კაპიტალდაბანდება (ძირითადი წარმოებითი ფონდები). ადამიანთა რაოდენობა დედამიწაზე P დაყოფილია 4 ასაკობრივ ჯგუფად $P=P_1+P_2+p_3+P_4$, სადაც P_i ($i=1,2,3,4$) – ადამიანთა რაოდენობა 0-დან 15 წლამდე, 15-დან 45 წლამდე, 45-დან 65 წლამდე, 65-დან და მეტი ხნის. დედამიწის მოსავლიანი ფართობები $A=A_T - A_p - A_U - A_3$, სადაც A_T დასამუშავებლად ვარგისი მიწების საერთო ფართობია, A_p – ჯერ კიდევ დაუმუშავებელი, მაგრამ პოტენციალურად გამოსადეგი მიწის ფართობი, A_U – ურბანიზირებული ფართობები, A_3 - ეროზიული ფართობები. ძირითადი წარმოებითი ფონდები $K=K_1 + K_s$, სადაც K_1 –სამრეწველო კაპიტალია, ხოლო K_s - სერვისული (ყოველგვარი მომსახურება, მათ შორის განათლება, ჯამრთელობის დაცვა და ა.შ.).

ამრიგად, მიდოუზის გლობალური მოდელი მოიცავს დემოგრაფიის, კაპიტალის, სოფლის მეურნეობის, არაგანახლებადი რესურსებისა და დედამიწის დაჭუჭყიანების სექტორებს. “მსოფლიო-3”-ის სტრუქტურული სქემა მოცემულია ნახ 2-ზე. ეს მოდელი გაცილებით ფართო და ღრმაა “მსოფლიო-2”-თან შედარებით. მისი ორიგინალური აღწერა 900 გვერდს მოიცავს. ნაკადური დიაგრამა 120-მდე ელემენტს შეიცავს (თითქმის 3-ჯერ მეტს ფორესტერის მოდელთან შედარებით). ცხრილების სახით მოცემული

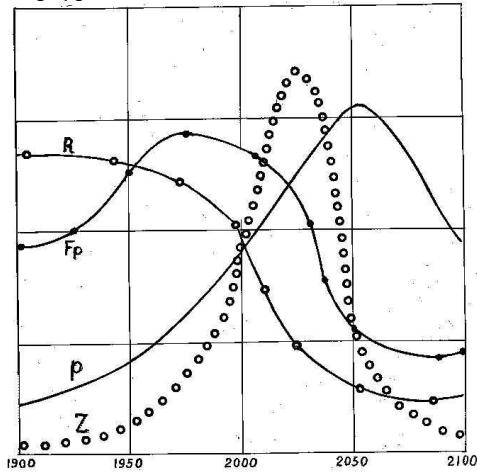
დამოკიდებულებების რაოდენობის მიხედვით “მსოფლიო-2” შეიცავს 20 დამოკიდებულებას, “მსოფლიო-3” კი – 37-ს.



ნახ.2.მიდოუსის გლობალური მოდელის სტრუქტურული სქემა

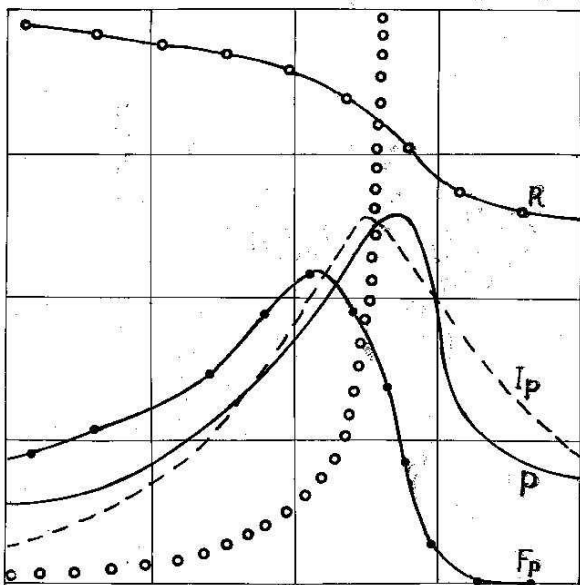
მიუხედავად მოდელების სტრუქტურების დიდი სხვაობისა “მსოფლიო-2” და “მსოფლიო-3” შედეგების მიხედვით ძალზე ახლოს არიან ერთმანეთთან. მიდოუსთან ინტეგრირება დაწყებული იქნა 1900 წლიდან და მიყვანილი იქნა 2100 წლამდე. 1970-დან 2100 წლამდე ამ მოდელებით მიღებული შედეგები ძალზე ახლოსაა ერთმანეთთან.

მიდოუზის მოდელზე ჩატარებული გამოთვლებით ცხადი გახდა, რომ 1970-იანი წლების ტენდენციების შენარჩუნებით მოსახლეობის, კაპიტალისა და ცხოვრების დონის ზრდას მოყვება კატასტროფა, რაც გამოიხატება დედამიწის უზომოდ დაბინძურებაში, ბუნებრივი რესურსების ამოწურვაში, სამრეწველო წარმოების შემცირებაში და მოსახლეობის კლებაში (ნახ.3).

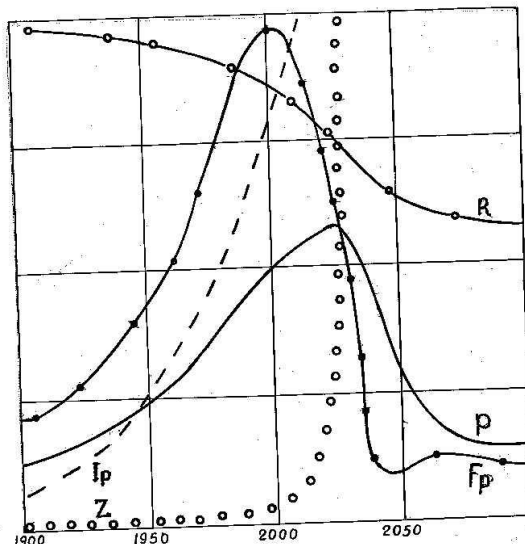


ნახ.3. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა თანამედროვე ტენდენციების შენარჩუნების პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)

მიდოუზის მოდელზე ჩატარებული მანქანური ექსპერიმენტების დროს განხილული იქნა შემთხვევა ბუნებრივი რესურსების პრაქტიკულად შეუზღუდავობის პირობებში. შესაბამისმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ კატასტროფას მაინც უნდა „ქონდა ადგილი, მაგრამ ის დგებოდა რამდენადმე გვიან გაჭუჭყიანების უზომოდ გაზრდის გამო (ნახ.4.). ამ სურათზე I_p – ინდუსტრიალიზაციის მაჩვენებელია. შემდეგ განხილული იქნა მოდელი დაჭუჭყიანებაზე სრული კონტროლით. აღმოჩნდა, რომ კატასტროფას მაინც ექნება ადგილი, ოღონდ მისი გამომწვევი მიზეზი იქნება მოსახლეობისათვის საკვები პროდუქტების ნაკლებობა. ამის შემდეგ განხილული იქნა მოდელი შეუზღუდავი ბუნებრივი რესურსებითა და სოფლის მეურნეობის გაორმაგებული პროდუქტიულობით. გამოთვლების შედეგები წარმოდგენილია ნახ.5-ზე. სურათიდან ჩანს, რომ მოსახლეობის ზრდასა და დედამიწის დაჭუჭყიანების უზომოდ გაზრდის გამო კატასტროფა ამ შემთხვევაშიც გარდაუვალია.



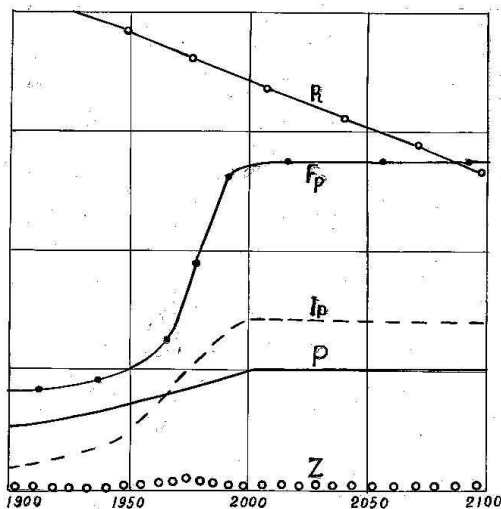
ნახ.4. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა ბუნებრივი რესურსების შეუზღუდავობის პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)



ნახ.5. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა შეუზღუდავი ბუნებრივი რესურსების და სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის გაორმაგების პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)

გარდა აღწერილი მოდელებისა განხილული იქნა მოდელი შობადობის კონტროლით (იგულისხმება ისეთი კონტროლიც, როცა შობადობა ტოლია სიკვდილიანობის). ამ შემთხვევაშიც კატასტროფის თავიდან აცილება არ ხერხდება-მის გამომწვევად გვევლინება წარმოების უზომო გაფართოება და ბუნებრივი რესურსების ამოწურვა.

ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ზემოთ აღწერილი ღონისძიებების ცალ-ცალკე გატარებით მსოფლიო განვითარების სტაბილიზაცია არ მიიღწევა და კატასტროფის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა გატარდეს კომპლექსური შეზღუდვები: 1) ინდუსტრიული კაპიტალი 1980 წლის შემდეგ აღარ უნდა გაზრდილიყო და მუდმივი უნდა დარჩენილიყო; 2) დაწყებული 1975 წლიდან, შობადობა ტოლი უნდა ყოფილიყო სიკვდილიანობის; 3) რესურსები ერთ სულ მოსახლეზე შემოსაზღვრული უნდა ყოფილიყო 1970 წლის დონის 1/8 სიდიდემდე; 4) კაპიტალის არსებობის დრო უნდა გაზრდილიყო 1,5 ჯერ; 5) დაჭუჭყიანების წილობრივი გენერაცია უნდა შემცირებულიყო 1970 წლის დონის 1/4 -მდე. ამ შემთხვევაში მიიღწეოდა ე.წ. "გლობალური წონასწორობა", რითაც თავიდან ავიცილებდით მსოფლიო კატასტროფას (ნახ6).



ნახ.6. მსოფლიო სისტემის განვითარების გლობალური წონასწორობა (მიდოუზის მიხედვით)

უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოს გლობალურ წონასწორობაზე გადასვლას კრიზისის თავიდან აცილების ერთადერთ საშუალებად მიიჩნევენ [2], მაგრამ როგორ მივაღწიოთ ამ წონასწორობას, როგორ გავატაროთ აუცილებელი ღონისძიებების კომპლექსი, ამის შესახებ მოდელში ვერ ვპოულობთ პასუხს.

მსოფლიო სისტემის განვითარების არსებულ მოდელში სხვა უაღრესად მნიშვნელოვან ცვლილებებთან ერთად მონაწილეობს დაჭუჭყიანება და ლანდშაფტი, როგორც დროის ფუნქცია. ეს სიდიდეები ცოცხალ სამყაროზე უშუალო ზემოქმედების გარდა იმითაც მოქმედებენ, რომ იწვევენ კლიმატის ელემენტების ცვლილებას, რაც შემდეგში საცხოვრებელი პირობებისა და დედამიწის ლანდშაფტის

ცვლილების მიზეზი ხდება; ლანდშაფტის ცვლილება ისევ კლიმატზე ზემოქმედებს და ა.შ. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კლიმატის ცვლილების კონკრეტული მოდელი მსოფლიო განვითარების მოდელის სტრუქტურაში თავსდება და, ამიტომ, კლიმატის ცვლილების შეფასებისას უსათუოდ უნდა გამოვიდეთ კაცობრიობის გლობალური განვითარების მოდელიდან. კლიმატის ცალკეული ელემენტების ცვლილების ემპირიული მოდელების შემუშავება და ანალიზი, მსოფლიო სისტემის განვითარების კანონზომიერებებისაგან მოწყვეტით, გაუმართლებელია. მათი ცვლილების ლოკალურ გარემოში შესწავლა და დროში პროგნოზირება დაკავშირებული უნდა იქნას ადამიანის გარემოზე ზემოქმედებასთან, რადგან კლიმატოლოგებისათვის კარგად ცნობილ ისტორიულ მონაკვეთში (უკანასკნელი 200-300 წელი) კლიმატის ცვლილების ძირითად წყაროს ატმოსფეროს გაზური შემადგენლობისა და ქვეფენილი ზედაპირის ანთროპოგენური ცვლილებები წარმოადგენს, რაც თავისთავად, კაცობრიობის განვითარებითაა განპირობებული.

დასასრულ, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფორესტერის ხუთი არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის მარჯვენა ნაწილი თითოეული განტოლებისათვის მუდმივ კოეფიციენტებთან ერთად შეიცავს როგორც მარეგულირებელ სიდიდეებს (სხვა განტოლებების ცვლადებს), ისე სამიხეობელ რეგულირებად სიდიდეს, რომელსაც შეიძლება „ქონდეს როგორც წრფივი, ასევე არაწრფივი (კვადრატული, კუბური და ა.შ.) ხასიათი. არაწრფივობის გამო თითოეული განტოლება, მარეგულირებელი სიდიდეების მოქმედების გარეშე, გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, “ივიწყებს” საწყისი პირობების გავლენას და რეგულირებადი სიდიდის სტაციონალურ მდგომარეობაზე გადასვლა მთლიანად დამოკიდებული ხდება იმ შიდა პროცესებზე, რომლებიც სამიხეობელი ფუნქციის არაწრფივობით არის გამოწვეული. ასე, მაგალითად, ფორესტერის ნებისმიერი განტოლება ზოგადი სახით ჩაიწერება შემდეგნაირად [1]:

$$\frac{dy_i}{dt} = V_i^+ - V_i^-; \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (11)$$

სადაც y_i რეგულირებადი სიდიდეა, ხოლო V_i^+ და V_i^- დადებითი და უარყოფითი წყაროებია, რომელთა ინტენსიობა დამოკიდებულია რეგულირებადი და მარეგულირებელი ცვლადების ხასიათზე. თუ (11) განტოლების მარჯვენა მხარე რეგულირებადი სიდიდის წრფივი ფუნქცია იქნება $V_i^+ - V_i^- = \Phi y_i$, სადაც Φ მარეგულირებელი ფუნქციების მოქმედების გასაშუალებლ მნიშვნელობას წარმოადგენს, მაშინ რეგულირებადი y_i ფუნქცია ექსპონენციალური კანონით გაიზრდება (OAB.7, უწყვეტი ხაზი)

$$y_i(t) = y_i(0) e^{\Phi t} \quad (12)$$

და მისი დროში პროგნოზირების სიზუსტე მთლიანად დამოკიდებული იქნება საწყისი პირობების $y_i(0)$ კორექტულად და ზუსტად მოცემაზე.

თუ დავუშვებთ, რომ რეგულირებადი ფუნქციის ზრდის კოეფიციენტი Φ ცხადი სახით წრფივად არის დამოკიდებული რეგულირებად ფუნქციაზე y_i , მაგალითად:

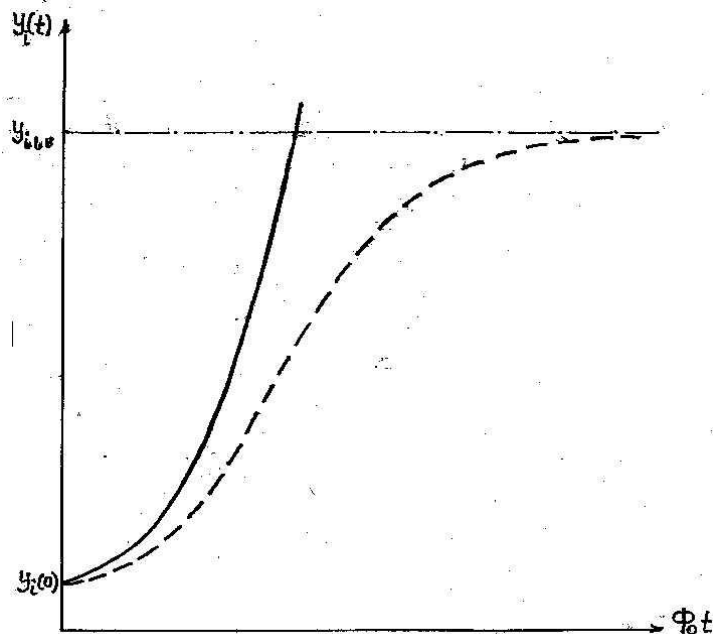
$$\Phi(y_i) = \Phi_0 \left(\frac{1 - y_i}{y_{i_{\text{სტ}}}} \right), \quad (13)$$

სადაც $y_{i_{\text{სტ}}}$ წარმოადგენს რეგულირებადი ფუნქციის სტაციონალურ მნიშვნელობას, განტოლება (11) მიიღებს არაწრფივ ხასიათს

$$\frac{dy_i}{dt} = \frac{(y_{i_{\text{სტ}}} - y_i) y_i \Phi_0}{y_{i_{\text{სტ}}}}, \quad (14)$$

რომლის ამოხსნას ექნება შემდეგი სახე (ნახ.7. პუნქტორი)

$$y_i(t) = \frac{y_{i\infty}}{1 - \left[\frac{1 - y_{i\infty}}{y_i(0)} \right] c^{-\Phi t}} \quad (15)$$



ნახაზი 7 რეგულირებადი ფუნქციის დინამიკა
 — ექსპონენციალური ზრდა
 ---- შინაგანი არაწრფივი პროცესით გამოწვეული ზრდა

როგორც (15) არაწრფივი ამოხსნიდან ჩანს, რეგულირებადი ფუნქციის $y_i(t)$ დროში სტაბილიზაცია შინაგანი არაწრფივი პროცესების ხარჯზე მიმდინარეობს და არ არის დამოკიდებული საწყის პირობებზე.

მართლაც, იმ დროის გასვლის შემდეგ, როდესაც შესრულდება პირობა $1 - C^{-\Phi t} \gg \frac{C^{-\Phi t} y_{i\infty}}{y_i(0)}$,

რეგულირებადი ფუნქცია $y_i(t)$ “დაივიწყებს” საწყისი პირობების $y_i(0)$ –ის მოქმედებას და სტაციონალურ მდგომარეობაზე გადასვლამდე მისი ცვლილება შინაგანი არაწრფივი პროცესის ხარჯზე მოხდება

$$y_i(t) \approx \left(\frac{y_{i\infty}}{1 - c^{-\Phi t}} \right)$$

ამგვარად, ფორესტერის მოდელის გაუმჯობესება უნდა ვეძიოთ არა საწყისი მონაცემების სიზუსტეში, არამედ შინაგანი არაწრფივი პროცესების რეალური მექანიზმების დაზუსტებასა და დადგენაში, რომლებიც ზოგადი სახით ფრაგმენტულად ფორესტერის განტოლებათა სისტემით არის წარმოდგენილი.

ჩვენი ძირითადი ამოცანა, რომელიც მომავალში საქართველოს მდგრადი განვითარების ეკონომიკური მოდელის შექმნის ცდას მიემდგვნება, უნდა გადაწყდეს ზემოთ აღნიშნული მნიშვნელოვანი შენიშვნის გათვალისწინებით, თვითრეგულაციის მათემატიკური თეორიის (სინერგეტიკა) ფართო გამოყენებით და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების (ეკონომისტები, ეკოლოგები, იურისტები, სოციოლოგები, ფიზიკოსები, მათემატიკოსები, სპეციალისტები მართვის თეორიაში და ა.შ.) ერთობლივი ძალისხმევით.

ლიტერატურა - Литература – References

1. Математические модели глобального развития. Л., Гидрометеоиздат, 1980, 192 с.
2. D.H.Meadows, D.L.Meadows, J. Randers, W.W.Behrens. The limits to growth, N.Y: Universe Books, Potomac Associated Book, 1972.
3. T. gziriSvili, m.SvangiraZe. XXI saukune. investirebis axali politika da saqarTvelo. gaeros klimatis cvlilebis CarCo konvenciis erovnuli biuleteni, 1999. N8, gv.7.

უკ 62.501.72:551.58

დ.არველაძე, ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ბ.ბერიტაშვილი

**მსოფლიოს გლობალური განვითარება – კლიმატის
ცვლილების წყარო**

განხილულია მსოფლიო განვითარების გლობალური მოდელები. ნაჩვენებია, რომ კლიმატის ცვლილების კონკრეტული მოდელი მსოფლიო განვითარების მოდელის სტრუქტურაში თავსდება და ამიტომ, კლიმატის ცვლილების შეფასებისას უსათუოდ უნდა გამოვიდეთ კაცობრიობის გლობალური განვითარების მოდელიდან.

UDC 62.501.72:551.58

G.Arveladze, A.Khantadze, T.Gzirishvili, B.Beritashvili

World global development as a source of climate change

The paper considers world development global models. It is demonstrated that a specific climate change model enters into the structure of world development, and that is why, while estimating climate change, it is necessary to proceed from the model of global development of the humanity.

УДК 62.501.72:551.58

Г.А. Арвеладзе, А.Г. Хантадзе,

Т.Г.Гзиришвили, Б.Ш.Бериташвили

Глобальное развитие мира как источник изменения климата

Рассмотрены глобальные модели мирового развития. Показано, что конкретная модель изменения климата вписывается в структуру модели мирового развития и поэтому, при оценке изменения климата необходимо исходить из модели глобального развития человечества.