

ბიზნეს-ინჟინერინგი მუშაბელობასა და არქიტექტურაში

ქალაქის კომპლექსური განვითარების სისტემური ანალიზი
და მოდელირების ამოცანები

სულხან ხუციშვილი
ლევან ხუციშვილი

რეზიუმე

შესავალი

ნაშრომში წარმოდგენილია ქალაქის თვითმმართველობის ორგანოების, კომპლექსური საქმიანობის ძირითადი მიმართულებები. აქცენტი კეთდება სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების, როგორც მთლიანი სისტემის შემადგენელი ქვესისტემის პრობლემებზე. ასევე მათ ფუნქციებზე და მახასიათებლებზე, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იყოს სოციალურ-ეკონომიკური ქვესისტემების და მათი საქმიანობის ანალიზის და მოდელირების პროცესში.

ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური მოდელების მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს სისტემური ანალიზი, ხოლო მოდელირების მეთოდის რანგში შემოთავაზებულია სისტემური დინამიკის მეთოდი. განხილული დინამიკური სისტემების ანალიზისა და მოდელირებისთვის შესაძლებელია პროგრამული პაკეტის VENSIM გამოყენება, აღწერილია პაკეტის ძირითადი მახასიათებლები და შესაძლებლობები.

საკვანძო სიტყვები: ქალაქი; სისტემური დინამიკა; სისტემური მიდგომა; დონე; ნაკადი; ტემპი. სისტემური დიაგრამა.

Summary

Article describes main directions of city self-government body's activities and focuses on sub-systems of socio-economic development, underlines its functions and features, which must be considered while analyzing and modeling socio-economic sub-systems and their activities.

Methodological basis for the city's socio-economic models is system analysis, and in the frames of modeling method is offered systemic dynamics method. Article examines possibilities of using software package VENSIM for analyzing and modeling dynamic systems and describes important features and potential of software.

Keywords: city; systemic dynamics; systemic method; level; stream; rate

ქალაქის განვითარების პრობლემებს მთელ მსოფლიოში დიდი ყურადღება ეთმობა. საქმიანობაში ჩართული არიან არა მარტო ქალაქის მერები და მუნიციპალიტეტების თანამშრომლები, არამედ პოლიტიკური და სამეურნეო ხელმძღვანელები, ფილოსოფოსები და სოციოლოგები, ეკონომისტები და მათემატიკოსები, სხვადასხვა სპეციალობის მეცნიერები, ხელოვნების მუშაკები. ურბანიზაცია არ არის მხოლოდ “მოდული” ან ობიექტი სამეცნიერო კვლევებში, ან უბრალოდ განსჯის შედეგი. ის არის საუკუნის ერთ-ერთი პრობლემა, კაცობრიობის პრობლემა. ეს არის ერთ-ერთი იმ ცხოვრებისეული პრობლემიდან, რომლის გადაწყვეტაშიც როგორც წესი ყველა კომპეტენტურად თვლის თავს, თუმცა სამწუხაროდ ეს ასე არ არის. არ არის აუცილებელი იყო სპეციალისტი, რომ გაიგო ასეთი პრობლემის მნიშვნელობა, მაგრამ არაა საკმარისი იყო მხოლოდ სპეციალისტი, რომ მაგვარი პრობლემები გადაწყვიტო [1].

დღევანდელი ქალაქის ეკონომიკა მოითხოვს საქმიანობის სხვადასხვა სფეროების განვითარების ეფექტური სცენარების ძიებას. ქალაქის მართვის მრავალგვერდიანი ამოცანები, სტრატეგიული დაგეგმვის ვერტიკალი, გულისხმობს კომპიუტერული ინტეგრალური კვლევითი ფრეიმის შექმნას, ახალი პარადიგმების და მოდელირების თანამედროვე ტექნოლოგიების საფუძველზე. ასევე იმიტაციური მოდელების რეალიზაციას ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების, ბიუჯეტის, საბინაო ფონდის, სოციალური სფეროს, ბუნებრივი რესურსების და განსხვავებული სახის პროექტების მართვაში გადანაცვების მიზნების მხარდასაჭერად.

თანამედროვე არასტაციონალური ეკონომიკური პირობებში, პროგნოზირების და მათემატიკური მოდელირების ტრადიციული მეთოდების გამოყენება არ არის ეფექტური. ამის მიზეზია ზეგავლენის ფაქტორების დიდი რაოდენობა და მათ შორის ურთიერთკავშირების სირთულე, გარემოს მოულოდნელი ცვლილებების შესაძლებლობა, სტრუქტურული ცვლილებები, ახალი ეკონომიკური პირობები და ა.შ.. განუსაზღვრელობები გარემოში და მისი დინამიკა აუცილებელს ხდის, მოვიძიოთ კვლევის და

გადანყვეტილებების მიღების ახალი მეთოდები, სოციალურ-ეკონომიკური სისტემების იმიტაციური მოდელების საფუძვლებზე. ისინი საშუალებას იძლევიან განვახორციელოთ პრობლემური სიტუაციების კონცეპტუალიზაცია და დეტალურად აღვწეროთ მოდელირებადი პროცესები, სისტემური ანალიზის გამოყენებით. [2].

ქალაქის განვითარების ძირითადი მიმართულებები და მახასიათებლები.

თანამედროვე პირობებში ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარება წარმოადგენს მუნიციპალური მართვის მნიშვნელოვან სტრატეგიულ შემადგენელს, ადმინისტრაციულ-სამართლებრივ რეგულირებასთან და საბიუჯეტო (ფინანსური და საინვესტიციო) პოლიტიკასთან ერთად. სოციალურ-ეკონომიკური სტრატეგიის დამუშავება, პრაქტიკაში უკავშირდება ქალაქის განვითარების მოკლევადიანი და გრძელვადიანი გეგმების შედგენას. გამომუშავებული სტრატეგია დიდწილად განსაზღვრავს ადგილობრივი თვითმართელობის ორგანოების საქმიანობის ძირითად მიმართულებებს [1], კერძოდ:

- სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მართვა;
- ბიუჯეტის და მენარმოების მართვა;
- მიგრაციული პროცესების მართვა;
- ქონების და მინათსარგებლობის მართვა;
- საგარეო ეკონომიკური ურთიერთობების მართვა;
- გარემოს დაცვა და ა.შ.

თითოეული ეს მიმართულება თვითონ წარმოადგენს გარკვეული სტრუქტურის სისტემას თავისი ქვესისტემებით და მისთვის დამახასიათებელი ფუნქციებით.

მაგალითად გამოსაკვლევ სოციალურ-ეკონომიკურ სისტემას გააჩნია რთული შიდა სტრუქტურა, რომელიც შეიძლება დავყოთ შემდეგ ქვესისტემებად: მოსახლეობა, წარმოება, არანარმოებადი სფერო, ეკოლოგია. ტერიტორიული განვითარება, ფინანსები, საგარეო ეკონომიკური სფერო. ქალაქი ხასიათდება მართვის იერარქიულობით და მისი ცალკეული ქვესისტემების აქტიურობით, ელემენტების ურთიერთქმედებით, რომელიც ითვალისწინებს გარემო ფაქტორების ზემოქმედებას შიდა სტრუქტურაზე. აღნიშნული სისტემის შესაბამისი ქვესისტემების ძირითად ფუნქციებს წარმოადგენს ქალაქის კომპლექსური განვითარების პროგნოზირება და ანალიზი, განვითარების მიმდინარე გეგმის ფორმირება, სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მართვა და მართვის ორგანოებისთვის რეკომენდაციების მიცემა.

სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიის დამუშავება, მართვის მუნიციპალურ დონეზე გადანყვეტილებების მიღება, გულისხმობს საინფორმაციო ანალიტიკურ მხარდაჭერას — ე.ი. გადანყვეტილებების მიღების ინფორმაციულ სისტემების შექმნას, რომლის ძირითად შემადგენელს წარმოადგენს ქალაქის სისტემის (ქვესისტემების) სისტემური

მოდელირება. ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური ქვესისტემების ანალიზის და მოდელირების პროცესში გადვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები [2]:

1. ქალაქი განიხილება როგორც რთული, ცუდად სტრუქტურირებული სისტემა, რომლის კვლევის მეთოდოლოგიასაც წარმოადგენს სისტემური ანალიზი. ყველა შესაბამისი შედეგით. მაგალითად: დიდი რაოდენობა ურთიერთ-დაკავშირებული მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების არსებობა სისტემის მახასიათებელ ფაქტორებს შორის, რომელთა ქმედებების შედეგები ხშირად ცხადი არ არის გადანყვეტილებების მიღების დროს.

2. ქალაქი არის სოციალური სისტემა. ამიტომ გადანყვეტილებების მიღების დროს აუცილებელია საზოგადოების გრძელვადიანი ინტერესების გათვალისწინება. ქალაქის განვითარება მოწოდებულია პირველ რიგში უზრუნველყოს ადამიანის სიცოცხლის დაცვა და მომავალი თაობის არსებობა.

3. ქალაქი დინამიკური სისტემაა. აუცილებელია ქალაქის სისტემის დინამიკის შესწავლა და კვლევა, ქალაქის და მისი შემადგენლების ზოგადი სასიცოცხლო ციკლის ბაზაზე.

4. ქალაქი არის თვითრეგულირებადი (თვითმართვადი) სისტემა. ნორმალური განვითარების პირობებს წარმოადგენს სისტემაში ეკონომიკური წონასწორობის და რესურსების ბალანსის შენარჩუნება.

5. ქალაქის მართვის პროცესში ხშირია კონფლიქტები დაგეგმვის გრძელვადიან მიზნებს და მოკლევადიან გადანყვეტილებებს შორის. ცხოვრების კარგი, მოკლევა-დიანი პირობები, შეიძლება გახდეს ჩავარდნის მიზეზი გრძელვადიან პერიოდში.

6. ქალაქი არის მიზანმიმართული და მრავალმიზნიანი სისტემა, რომელსაც აქვს არაერთგვაროვანი შიდა და გარე მიზნები, ცალკეული ქვესისტემებისთვის დამოუკიდებელი ქვემიზნები, მიზნების შეფასების მაჩვენებელთა სისტემა, მათი მიღწევის მრავალგვარი სტრატეგია და ა.შ. განვითარების ამა თუ იმ ვარიანტის არჩევისას გვინებს ისეთი შეთანხმებული გადანყვეტილებების ფორმირება, რომლებიც იძლევიან კომპრომისების საშუალებას, ქალაქის და სახელმწიფოს მიზნებს შორის ერთი მხრივ და ცალკეული საწარმოს და სამეურნეო სუბიექტებს შორის მეორე მხრივ.

7. ქალაქი რთული და არანაწილადი სისტემაა

ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური მოდელების მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს სისტემური ანალიზი, რომლის ცენტრალური პროცედურაც არის განზოგადებული (ერთიანი) მოდელის აგება. ასეთი მოდელი უნდა ასახავდეს რეალური სისტემის მნიშვნელოვან ფაქტორებს და ურთიერთკავშირებს. პრაქტიკაში ეს ნიშნავს მოდელების კომპლექსის შექმნას. განვითარებული დინამიკური და ინფორმაციული კავშირებით, ყველა დონის მოდელებს შორის.

ქალაქის განვითარების კვლევის დინამიკური მოდელი.

ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების

ამოცანებში სისტემის წარმომ-ქმნელი მეთოდების რანგში ძირითადად განიხილება იმიტაციური მოდელირების მეთოდები [3].

უნდა აღინიშნოს, რომ ქალაქის ეკონომიკა წარმოადგენს, რთულ არანრფივ დინამიკურ სისტემას, დიდი რაოდენობა ურთიერთკავშირებით და ურთიერთ-ქმედებებით. ქალაქის მართვის სისტემის ეფექტური ფუნქციონირებისთვის, მოითხოვება გადანყვეტილებების მიღება, მისი შედეგების გაკონტროლება, გრძელვადიანი პროგრამების და ანტიკრიზისული სცენარების დამუშავება, გარემოს ზემოქმედების გათვალისწინება, ქალაქის განვითარების ძირითადი პროექტების მასშტაბური სცენარების დასაბუთება. იმიტაციური მოდელები წარმოადგენს ასეთი სირთულის და ზომების ამოცანების გადანყვეტის ერთადერთ საშუალებას [1,3].

ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების განზოგადებული იმიტაციური მოდელის შესაქმნელად გამოიყენება სისტემური დინამიკის მოდელები და მეთოდები [3,4]. სისტემური დინამიკის კონცეფცია საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ დინამიკური პროცესების მოდელირება აგრეგირების მაღალ დონეზე. მის საფუძველში ჩადებულია დინამიკური პროცესების წარმოდგენა გარკვეული ნაკადების (ფულადი, ადამიანური, პროდუქციის, რესურსების და ა.შ.) ერთობლიობის სახით.

სისტემური დინამიკის მოდელების ზოგად სქემაში გამოყოფენ ორ ძირითად ნაწილს: ნაკადების ქსელი და ინფორმაციული ქსელი. ქალაქის განვითარების მოდელები კი წარმოადგენენ ნაკადური ტიპის მოდელებს, რესურსები (შრომითი, ფინანსური, ბუნებრივი და ა. შ.) იხარჯება — ხდება რესურსების შევსება. მათი აღწერა შეიძლება როგორც ერთგვაროვანი ნაკადების ქსელი. სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა აღინერება “ფაზური” ცვლადებით (სხვადასხვა კატეგორიის მოსახლეობის რაოდენობა, საწარმოო ფონდები, ფინანსური რესურსები და ა. შ.). მათ უწოდებენ — დონეებს, რეზერვუარებს. ზემოქმედება გარედან და მმართველი გადანყვეტილება განსაზღვრავს მოდელირებადი სისტემის დინამიკას (რესურსების მიწოდების და ხარჯვის სისწრაფე). ისინი წარმოადგენენ ნაკადების ტემპს. მთავარი დონეები, ნაკადების ტემპების და ინფორმაციული ქსელის (შესაბამისი უკუკავშირებით) სწორი ექსპერტული არჩევანი განაპირობებს მოდელირების ეფექტურ შედეგებს [3,4]. შედეგებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს, ინფორმაციული “შეფერხებების” და გარემოდან გამაძლიერებელი (პოზიტიური) ფაქტორების არსებობა.

ექსპერტული მონაცემების დამუშავების საფუძველზე, ხდება იმ ფაქტორების და მათ შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გამოვლენა, რომლებიც მოქმედებენ განსახილველ სისტემაზე. მოდელირების თანამედროვე სისტემების (think, VENSIM, DYNAMO და სხვა) საშუალებით ხდება მოდელის ფორმირება სისტემური დიაგრამების დონეზე. ასეთი ნაკადური დიაგრამები წარმოადგენს ექსპერტების ცოდნის

სტრუქტურირებულ ფორმას. გადანყვეტილების მიღების ბლოკებში ამ ინფორმაციის საფუძველზე ხდება სხვადასხვა სახის მმართველი ზემოქმედება. ძირითად მიზნობრივ ამოცანას წარმოადგენს სისტემაში რესურსების გამოყენების ბალანსის დადგენა.

სისტემური დინამიკის მოდელებში გამოიყენება ბალანსის ტიპის დიფერენციალური განტოლებები. ისინი თანადობაში უნდა მოვიდეს ლოგისტიკის პრინციპებთან და მეთოდებთან, რომლებიც განსაზღვრავს რთულ სისტემებში ნაკადების ოპტიმიზაციას, მართვას, ინტეგრაციას.

სისტემური დინამიკის მეთოდი გულისხმობს, რომ ძირითადი ფაზური ცვლადებისთვის (ე.წ. სისტემური დონეები) ინერება ერთი და იგივე ტიპის დიფერენციალური განტოლებები

$$\frac{dy}{dt} = y^+ - y^-$$

სადაც - არის ცვლადის სიჩქარის დადებითი ტემპი. ის მოიცავს ყველა ფაქტორს რომელიც იწვევს ცვლადის ზრდას;

- სიჩქარის უარყოფითი ტემპია და მოიცავს ყველა ფაქტორს რომელიც იწვევს ცვლადის კლებას (შემცირებას).

$$y^{\pm} = g(y_1, y_2, \dots, y_n) = f(F_1, F_2, \dots, F_k) = f_1(F_1) \cdot f_2(F_2) \dots f_k(F_k)$$

$$\text{სადაც } F_j = g_j(y_1, y_2, \dots, y_n) \text{ არის ფაქტორები, თანაც } m = m(j) < n; \quad k = k(j) < n$$

იგულისხმება რომ ეს ტემპები იხლიჩება ფუნქციების ნამრავლად, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ ფაქტორებზე (ძირითადი ცვლადების კომბინაცია) ანუ თავის წილად, თვითონ წარმოადგენენ სისტემური დონეების ფუნქციებს,

n — დონეების რიცხვია. ეს ნიშნავს, რომ ფაქტორები ნაკლებია ძირითად ცვლადებზე და ყოველი ფაქტორი დამოკიდებულია არა ყველა სისტემურ დონეზე, არამედ მათ რაღაც ნაწილზე. ეს საშუალებას იძლევა გავამარტივოთ მოდელირების ამოცანა.

დინამიკური სისტემის ანალიზის და მოდელირების პროგრამული უზრუნ-ველყოფა

ნაკადურ დიაგრამებში მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების ანალიზისთვის და დინამიკური სისტემების მოდელირებისთვის გამოიყენება პროგრამული პაკეტი VENSIM. ის შედარებით მარტივია ასათვისებლად და საკმაოდ ეფექტურია; ის ასევე შეიცავს მოსახერხებელი ინსტრუმენტების ნაკრებს მოდელების ასაგებად; აქვს ბევრი ჩაშენებული ფუნქცია, ლოგიკური ოპერატორების ჩათვლით; შემთხვევითი რიცხვების გენერატორები, უწვეტი და დისკრეტული შემკავებლები, ფუნქციები სამეცნიერო კვლევებისთვის.

პაკეტში გათვალისწინებულია მონაცემების

უზარმაზარი ერთობლიობის (ნაკრების) შენახვის შესაძლებლობა და სანყისი (შემავალი) ცვლადების ცვლილების შესაძლებლობა მოდელირების დაწყების დროს. შეიძლება შევქმნათ გარე მონაცემები ტექსტურ რედაქტორებში, ან მოვახდინოთ ფართო მასშტაბით ცხრილების და მონაცემთა ბაზების მნიშვნელობების იმპორტირება (ექსპორტირება). ამ პაკეტით შესაძლებელია: მიზეზ-შედეგობრივი დიაგრამების აგება; ხის მაგვარი დამოკიდებულების აგება; მოდელის შესახებ დოკუმენტაციის შექმნა; ურთიერთკავშირების ციკლების გამოვლენა; გამოსახულების რედაქტირება; ჩამენებული ფუნქციების გამოყენება; ზომის ერთეულების შემოწმება, პირობების ტრანსირება; დიაგრამის შემოწმება; ექსპერიმენტის ჩატარების შესაძლებლობა; გრაფიკების აგება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ცვლადი პარამეტრების მგრძნობიარობა; ცხრილური ანგარიშების გენერაცია; ექსპერიმენტის შედარების შესაძლებლობა.

დასკვნა

როგორც წესი ქალაქის ტიპის სისტემების კვლევები მიზანშეწონილია დავიწყოთ სისტემის ანალიზით. სისტემურად, მთლიანობაში შევხედოთ დინამიკური პრობლემების მთლიან კომპლექსს. თუმცა სანყის ეტაპზე კვლევები უნდა შემოიფარგლოს პრინციპული სქემის და მისი მნიშვნელოვანი გამოვლინებების შესწავლით. სხვანაირად ნაკლებად მნიშვნელოვანმა მომენტებმა (დეტალებმა) შეიძლება გადაფაროს ის მთავარი შედეგები, რომელიც შეიძლება მიღებული იქნას სისტემური ანალიზის შედეგად. სისტემის საზღვრების გაფართოვება, მისი გართულება ახალი შიდა მახასიათებლების დამატებით შესაძლებელია მოხდეს თანდათან, მას შემდეგ, როცა შევძლებთ შედარებით რთულ სიტუაციებში ორიენტირებას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Прангишвили И.В - Системный подход и общесистемные закономерности, М.: СИНТЕГ 2000 - 528 с
2. Имитационное моделирование Экономических процессов. Учебное пособие: М: ИНФРА – М.: 2011, 254 с
3. Дж.Форрестер- Динамика развития города. Москва. изд. «прогрес» 1974.
4. Дж.Форрестер - Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика), М.: «Прогрес» 1971