

M.Gülaliev
i.e.d., professor, Azərbaycan Texnologiya Universiteti
R.Yusibov
doktorant, Gəncə Dövlət Universiteti

Məqalə redaksiyaya daxil olub 12.01.2026

The article was received by editorial board on 12.01.2026

Статья принята к печати 12.01.2026

QARABAĞ VƏ ŞƏRQİ ZƏNGƏZURDA YAŞIL İQTİSADİ MODELƏ KEÇİD: İNTEQRATİV SİSTEM DİNAMİKASI ÇƏRÇİVƏSİ

Xülasə

Bu məqalədə Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda münaqişədən sonrakı bərpa prosesinin yaşıl iqtisadi modelə keçidlə əlaqələndirilməsi Sistem Dinamikası yanaşması əsasında tədqiq edilir. Tədqiqatın əsas məqsədi regionda yenidənqurma, bərpa olunan enerji, təbii kapital, yaşıl həyat keyfiyyəti və institusional effektivlik arasında qarşılıqlı əlaqələri integrativ model çərçivəsində izah etməkdir. Məqalədə causal-loop və stock-flow strukturları qurulur, əsas yığım, axın və köməkçi dəyişənlər müəyyənləşdirilir, həmçinin Green Economy Transition Index əsasında alternativ ssenarilər təklif olunur. Nəticələr göstərir ki, yaşıl yenidənqurma yalnız infrastruktur bərpası deyil, uzunmüddətli dayanıqlı inkişaf, məskunlaşma sabitliyi və ekoloji tarazlıq üçün strateji siyasət alətidir.

Açar sözlər: *sistem dinamikası; yaşıl iqtisadiyyat; Qarabağ; Şərqi Zəngəzur; post-konflikt bərpa; dayanıqlı inkişaf*

1. GİRİŞ

Münaqişədən sonrakı bölgələr adətən ikiqat keçid problemi ilə üzləşirlər. Belə ki, onlar dağıdılmış və ya yararsız hala salınmış sosial-iqtisadi sistemləri bərpa etməli, həm də köhnə, resurs tələb edən inkişaf yolunu təkrarlamaqdan çəkinməlidirlər. Bu mənada, yenidənqurma sadəcə yolların, mənzil və kommunal xidmətlərin yenidən qurulmasının texniki bir işi deyil, həm də regionun istehsal strukturunu, enerji bazasını, ekoloji daşıma qabiliyyətini və institusional koordinasiya mexanizmlərini yenidən dizayn etmək üçün strateji bir fürsətdir. Yaşıl keçidlə bağlı son tədqiqatlar iddia edir ki, uzunmüddətli dayanıqlıq texnoloji dəyişikliklərdən, siyasət uyğunluğundan, resurs səmərəliliyindən və təcrid olunmuş sektorlardan daha çox rəylə zəngin sistemləri idarə etmək qabiliyyətindən asılıdır (Söderholm, 2020; Pérez-Pérez və digərləri, 2021).

Qarabağ və Şərqi Zəngəzur bu cür təhlil üçün xüsusilə vacib bir mühit təmin edir. Bu ərazilərdə bərpa prosesi onları yaşıl enerji zonasına çevirmək siyasəti ilə birlikdə inkişaf etdiyindən, region münaqişədən sonrakı yenidənqurma və yaşıl inkişafın ardıcıl olaraq deyil, paralel olaraq həyata keçirildiyi nadir bir haldır. Rəsmi və beynəlxalq mənbələr göstərir ki, yenidənqurma bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqi, dayanıqlı şəbəkə inkişafı, enerji səmərəliliyi və daha geniş davamlı infrastruktur planlaşdırması ilə əlaqələndirilir. Belə əlaqələndirmə regionu dar sektoral tədqiqatdan daha çox sistem əsaslı analitik çərçivə üçün uyğun edir.

Münaqişədən sonrakı bərpa mahiyyət etibarilə qeyri-xətti xarakter daşıyır. İnfrastrukturun bərpası investisiyaya təsir göstərir. Investisiya məşğulluğa və əhalinin gəlirliliyinə təsir göstərir. Əhalinin gəlirliliyi xidmət tələbatını, torpaqdan istifadə təzyiqini, tullantıların yaranmasını və elektrik enerjisi istehlakını artırır. Bunlar da öz növbəsində ekoloji keyfiyyəti, ictimai səhiyyəni, maliyyə ehtiyaclarını və regionun gələcək məskunlaşma və özəl kapital üçün cəlbediciliyini yenidən formalaşdırır. Belə

dairəvi səbəb-nəticə əlaqəsi Sistem Dinamikasını (SD) xüsusilə uyğun edir, çünki SD mürəkkəb sosial-iqtisadi sistemlərdə ehtiyatları, axınları, gecikmələri, gücləndirici dövrləri və balanslaşdırma mexanizmlərini sistem olaraq tədqiq etmək üçün yararlıdır (Pérez-Pérez və digərləri, 2021).

Buna görə də, bu tədqiqat Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda yaşıl iqtisadiyyata keçidi modelləşdirmək üçün inteqrasiya olunmuş SD çərçivəsi hazırlayır. Onun töhfəsi üçqatdır. Birincisi, o, münafiqədən sonrakı keçid ədəbiyyatını yaşıl iqtisadiyyat ədəbiyyatı ilə əlaqələndirir. İkincisi, o, beş yaşıl iqtisadiyyat ölçüsünü modelə hazır SD dəyişənlərinə çevirir. Üçüncüsü, o, sonradan alternativ inkişaf yollarının simulyasiyası üçün kalibrlənə bilən ssenari arxitekturası təklif edir. Bu mənada, tədqiqat göstəricilərin təsviri inventarı deyil. O, bərpa, ekoloji keyfiyyət, enerji keçidi və institusional koordinasiyanın zamanla necə qarşılıqlı təsir göstərdiyini anlamaq üçün dinamik siyasət çərçivəsidir.

2. ƏDƏBİYYAT İCMALI

Son zamanlar yaşıl iqtisadiyyat üzrə tədqiqatlar yaşıl artımı tək bir ətraf mühit hədəfi kimi görməkdən uzaqlaşmış və onu məhsuldarlıq, təbii kapital, sosial inteqrasiya, həmçinin institusional uyğunlaşmanı əhatə edən çoxölçülü transformasiya kimi qəbul edir. Yaşıl artım göstəriciləri üzrə tədqiqatlar göstərir ki, resurs məhsuldarlığı, ətraf mühitin səmərəliliyi və kompozit davamlılıq metrikləri keçid keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün əsas rol oynayır. Ölkələrarası geniş məlumat dəstləri isə birözlü proksilər əvəzinə çoxölçülü qiymətləndirməni getdikcə daha çox dəstəkləyir (Sarkodie və digərləri, 2023; Yamaguchi və digərləri, 2023). Bu dəyişiklik münafiqədən sonrakı bölgələr üçün vacibdir. Burada ÜDM-in bərpası təkbaşına ekoloji tükənməni, məkan bərabərsizliyini və dayanıqsız infrastruktura bağlılığı gizlədə bilər.

Ədəbiyyatın ikinci istiqaməti yaşıl keçidin siyasi iqtisadiyyatına yönəlib. Söderholm (2020) iddia edir ki, davamlı texnoloji dəyişiklik sadə bazar korreksiyası əvəzinə əlaqələndirilmiş dövlət fəaliyyəti, siyasət qarışıqları və institusional potensial tələb edir. Enerji keçidi ilə bağlı daha son işlər də göstərir ki, ətraf mühitin dayanıqlılığı texnoloji, maliyyə və idarəetmə sistemlərinin zamanla necə qarşılıqlı əlaqədə olmasından asılıdır (Radulescu və digərləri, 2024). Bu fikir Qarabağ və Şərqi Zəngəzur üçün olduqca aktualdır, çünki bu gün qəbul edilən yenidənqurma qərarları bölgənin aşağı karbonlu böyümə qütübünə çevrilib-çevrilmədiyini və ya yüksək xərcə, xətti, infrastruktur baxımından ağır inkişafdan asılı qalıb-qalmadığını müəyyən edə bilər.

Üçüncü istiqamət Sistem Dinamikasının dayanıqlılıq keçidləri üçün analitik dəyərini nümayiş etdirir. SD eko-innovasiya, rəqəmsal-ətraf mühit əlaqələri, enerji siyasəti, dairəvi iqtisadiyyat, tullantı sistemləri, yaşıl hidrogen, su-enerji-qida qarşılıqlı asılılığı və istehsal dayanıqlılığını araşdırmaq üçün istifadə edilmişdir. Bu tədqiqatlarda SD-nin gücü gecikmiş təsirləri, eşik davranışını, siyasət güzəştlərini və statik modellərin tez-tez qaçırdığı geri dönüş mexanizmlərini aşkar etməkdədir (Pérez-Pérez və digərləri, 2021; Castrillon-Gomez və digərləri, 2022; Castrillon-Ocampo və digərləri, 2025; Pratama & Setiawan, 2025; Khan və digərləri, 2026).

Münafiqədən sonrakı ədəbiyyat da dayanıqlılığa daha çox diqqət yetirir. Lakin əksər tədqiqatlar hələ də yenidənqurmanı biznesin bərpası, irsin bərpası, bina miqyaslı dayanıqlılıq və ya məkan planlaşdırması kimi daha dar linzalar vasitəsilə araşdırır. Bosniya, Hələb, Suriya və Ukrayna üzrə tədqiqatlar göstərir ki, davamlı bərpa yerli iştirakdan, qruplararası əməkdaşlıqdan, irsə həssas yenidənqurma işlərindən, ekoloji qorunmadan və uzunmüddətli institusional öyrənmədən asılıdır. Lakin bu tədqiqatlar nadir hallarda bütün bu elementləri vahid dinamik regional modelə inteqrasiya edir (Isakhan & Meskill, 2024; Hartmane və digərləri, 2024; Diomin və digərləri, 2024; Rezk və digərləri, 2025).

Müvafiq olaraq, əsas tədqiqat boşluğu yaşıl iqtisadiyyat göstəricilərinin olmaması və ya münafiqə sonrası tədqiqatların olmaması deyil. Əsl boşluq münafiqə sonrası yenidənqurmanın, ekoloji məhdudiyətlərin, enerji keçidinin, sosial gəlirin və institusional koordinasiyanın necə birgə inkişaf etdiyini izah edən inteqrasiya olunmuş dinamik çərçivənin olmamasıdır. Bu tədqiqat Qarabağ və Şərqi Zəngəzura uyğunlaşdırılmış regional səviyyəli SD arxitekturası təklif etməklə bu boşluğu aradan qaldırır.

3. Münaqişədən sonrakı regional keçid və yaşıl iqtisadiyyat çərçivəsi

Münaqişədən sonrakı ərazilər üçün regional keçid zədələnmiş, aşağı tutumlu tarazlıqdan dayanıqlı və ekoloji cəhətdən davamlı inkişaf rejiminə doğru hərəkət kimi qəbul edilməlidir. Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdə bu rejim dəyişikliyi təkcə fiziki aktivlərin yenidən qurulmasını deyil, həm də məkan məskunlaşmasının, enerji sistemlərinin, ictimai xidmətlərin, istehsal strukturunun, ətraf mühitin idarə olunmasının və yerli idarəetmənin yenidən qurulmasını əhatə edir. Azərbaycan siyasət çərçivəsi bu əraziləri açıq şəkildə yaşıl enerji inkişafı ilə əlaqələndirdiyindən, yaşıl iqtisadiyyat konsepsiyası yenidənqurmadan kənar deyil. O, yenidənqurma strategiyasının özünün bir hissəsidir.

Bu tədqiqatda yaşıl iqtisadiyyat çərçivəsi beş qarşılıqlı asılı ölçü ətrafında təşkil edilmişdir: 1) iqtisadi bərpa və yaşıl istehsal; 2) ekoloji və resurs səmərəliliyi; 3) təbii kapitalın bərpası; 4) yaşıl həyat keyfiyyəti və sosial gəlir; 5) siyasət və institusional potensial. Bu beş hissəli struktur, dayanıqlığı tək bir emissiya metrikasından daha çox məhsuldar səmərəliliyin, ətraf mühitin bütövlüyünün və institusional uyğunlaşmanın birgə nəticəsi kimi qəbul edən yaşıl artım və təbii kapital uçotunun müasir çoxölçülü anlayışları ilə uyğun gəlir.

Münaqişədən sonrakı şəraitdə bu ölçülər bir-biri ilə sıx bağlıdır. Məsələn, daha sürətli mənzil və infrastruktur təchizatı köçürülməni sürətləndirə bilər. Lakin enerji, tullantı, su və torpaqdan istifadə sistemləri davamlı şəkildə hazırlanmadığı təqdirdə, sürətli məskunlaşma ekoloji təzyiqləri artırır və uzunmüddətli yaşayış rahatlığını azaldır. Eynilə, bərpa olunan enerji investisiyaları regional rəqabəti gücləndirir və firmaları cəlb edə bilər. Lakin insan kapitalı, idarəetmə keyfiyyəti və tamamlayıcı logistika olmadan iqtisadi multiplikator məhdud olaraq qalır. Buna görə də Qarabağ və Şərqi Zəngəzur üçün keçid çərçivəsi yenidənqurmaya xətti kapital yığıcı prosesi deyil, birləşdirilmiş sosial-ekoloji sistem kimi yanaşmalıdır.

4. Metodologiya: inteqrasiya olunmuş SD memarlığı

Metodoloji cəhətdən tədqiqatda bir-biri ilə əlaqəli alt sistemlərdən ibarət konseptual Sistem Dinamikası modeli təklif olunur. Əsas dəyişənlər və ya “Yığım”-lar aşağıdakıları əhatə edir: “yenidən qurulmuş infrastruktur”, “bərpa olunan enerji tutumu”, “təbii kapitalın keyfiyyəti”, “əhalinin köçürülməsi”, “məhsuldar yaşıl capital”, “institusional effektivlik” və “yaşıl həyat keyfiyyəti”. Bu “Yığım”lar “dövlət investisiyaları”, “özəl investisiyalar”, “bərpa söyləri”, “bacarıqların toplanması” və “xidmət genişləndirilməsi” kimi “axınlar”la əlaqəli olur. “Yığım”larla əlaqəli olan “əks-axınlar” da sistemə daxil edilə bilər. Məsələn, “amortizasiya”, “ətraf mühitin deqradasiyası”, “miqrasiya itkisi”, “ekosistem təzyiqləri” və “institusional eroziya” əks axınlar ola bilər. Bu “Yığım”-“Axın” məntiqi dayanıqlılıq və enerji keçidi tədqiqatlarında mövcud SD təcrübəsini izləyir.

Model bir neçə gücləndirici “dövrə”dən ibarətdir. Yaşıl yenidənqurma dövrəsi infrastrukturun bərpasını məskunlaşma ilə, məskunlaşmanı işçi qüvvəsinin mövcudluğu ilə, işçi qüvvəsinin mövcudluğunu istehsal və gəlirlə, gəliri maliyyə və özəl investisiya tutumu ilə və investisiyanı infraqururura və xidmətlərə geri qaytarmaqla əlaqələndirir.

“Bərpa olunan rəqabət” dövrəsi “bərpa olunan güc”ü “enerji təhlükəsizliyi” və “xərc sabitliyi” ilə, həmçinin “biznes cəlbediciliyi”, “məhsuldar diversifikasiya” və “yaşıl investisiya” ilə əlaqələndirir. “Yaşayış” dövrəsi “mənzil”, “ictimai xidmətlər”, “ətraf mühitin keyfiyyəti” və “məşğulluğu” “qayıdış miqrasiyası” və “regional cəlbedicilik”lə əlaqələndirir.

Memarlıq həmçinin balanslaşdırma dövrlərini də əhatə edir. “Resurs təzyiqləri” dövrəsi əhali artımının və iqtisadi fəaliyyətin torpağa, suya və materiallara tələbatı necə artırdığını, bunun ekosistem bütövlüyünü azaldır və nəticədə böyüməni məhdudlaşdırır biləcəyini əks etdirir. “Maliyyə məhdudluğu” dövrəsi dövlət maliyyəsinin zamanla yüksək səviyyəli yenidənqurma xərclərini dəstəkləmək üçün məhdud imkanlarını əks etdirir. “Tutum gecikdirmə” dövrəsi qurumların, yerli bacarıqların və təchizat zəncirlərinin kapital xərclərindən daha yavaş uyğunlaşdığını və xərclərlə effektiv nəticələr arasında gecikmələr yaratdığını əks etdirir. Bu cür balanslaşdırma dövrləri SD-də mərkəzi yer tutur, çünki onlar qeyri-real monoton böyümə trayektoriyalarının qarşısını alır və ssenari müqayisələrini daha çox siyasətlə əlaqəli edir.

4.1. Causal-loop strukturu

Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda yaşıl iqtisadiyyata keçidin dinamikası bir-biri ilə bağlı bir neçə gücləndirici (R) və balanslaşdırıcı (B) dövrə vasitəsilə izah edilə bilər. Bu dövrlər post-conflict bərpa, yaşıl enerji, təbii kapital, həyat keyfiyyəti və institusional imkanlar arasında qarşılıqlı təsiri sistemli şəkildə göstərir.

Şəkil 2.1.1 Qarabağ və Şərqi Zəngəzur üçün inteqrasiya olunmuş causal-loop diaqramını təqdim edir. Diaqramda R1 yaşıl yenidənqurma dövrə, R2 bərpa olunan rəqabət dövrəsi, R3 isə sosial qayıdış dövrəsi kimi gücləndirici mexanizmləri ifadə edir. Eyni zamanda, B1 ekoloji təzyiqli, B2 maliyyə məhdudluğu və B3 institusional gecikmə kimi balanslaşdırıcı mexanizmlər sistemin qeyri-məhdud böyüməsini əks etdirir.

Gücləndirici dövrlərdən birincisi, yəni R1 dövrəsi “Green reconstruction loop” adlandırılacaq. Bu dövrənin strukturu belədir:

Reconstructed infrastructure (+) → Settlement capacity (+) → Return population (+) → Labor supply (+) → Regional output (+) → Public and private investment (+) → Reconstructed infrastructure

Bu dövrə göstərir ki, infrastrukturun bərpası məskunlaşma imkanlarını artırır, əhəlinin qayıdışını stimullaşdırır, işçi qüvvəsini genişləndirir, istehsalı və gəlirləri yüksəldir, nəticədə yeni investisiyalar üçün imkan yaradır və bu da öz növbəsində yenidən infraquruculuğa qayıdır.

İkinci gücləndirici dövrə, yəni R2 dövrəsi “Renewable competitiveness loop” adlanır. Bu dövrənin strukturu belədir:

Renewable energy capacity (+) → Energy reliability (+) → Investment attractiveness (+) → Green productive capital (+) → Regional income (+) → Green investment (+) → Renewable energy capacity

Bu dövrə yaşıl enerji quruculuğunun yalnız enerji təchizatı deyil, həm də regionun rəqabət qabiliyyəti üçün əsas olduğunu göstərir. Bərpa olunan enerjinin tutumu artdıqca enerji təminatı artır. Bu isə investisiya cəlbediciliyini gücləndirir. Investisiya cəlbediciliyi artdıqca yaşıl istehsal kapitalı da artır, regionun gəlirləri və yaşıl investisiya imkanları artır. Yaşıl investisiya imkanlarının artması isə yenidən bərpa olunan enerji tutumunu artırır.

Üçüncü gücləndirici dövrə, yəni R3 “Livability and social return loop” adlanır. Bu dövrənin strukturu aşağıdakı kimidir:

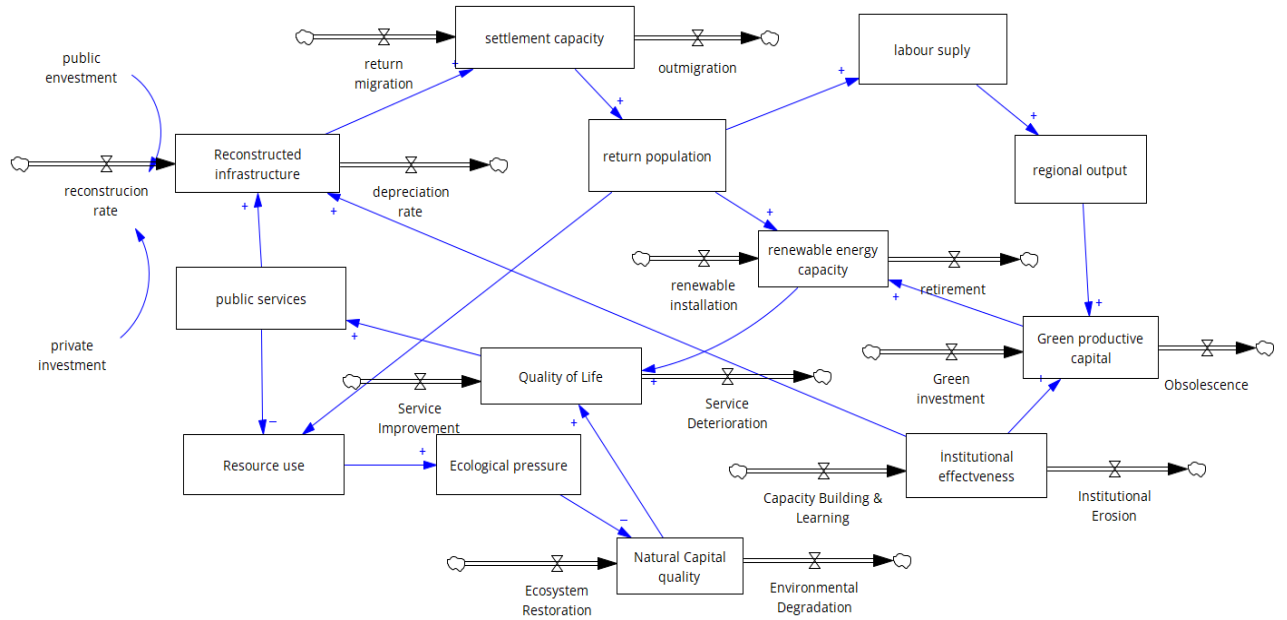
Quality of life (+) → Return migration (+) → Population stabilization (+) → Service demand (+) → Improvement in services and local markets (+) → Quality of life

Bu dövrə sosial qayıdışın və yaşıl həyat keyfiyyətinin qarşılıqlı olaraq bir-birini gücləndirdiyini izah edir. Ərazidəki həyat keyfiyyətinin səviyyəsi yüksəldikcə qayıdış miqrasiyası stimullaşır. Belə qayıdış isə ərazidə əhəli sayının stabilləşməsinə səbəb olur. Ərazidə əhəli sayı artdıqca xidmətlərə olan tələb artır. Tələbin artması xidmət keyfiyyətinin artmasına və yerli bazarların inkişafına dəstək verir. Bu isə yenidən həyat keyfiyyətini artırır.

Balanslaşdırıcı dövrlərdən birincisi, yəni B1 dövrəsi “Ecological pressure loop” adlanır və onun strukturu belədir:

Population return (+) → Resource use (+) → Ecological pressure (+) → Natural capital quality (-) → Quality of life (+) → Return migration

Bu dövrədə əhəlinin və iqtisadi fəaliyyətin artması resurs istifadəsini yüksəldir. Bu da ekoloji təzyiqli artıraraq təbii kapitalı zəiflədir. Təbii kapitalın zəifləməsi isə həyat keyfiyyətini aşağı salaraq qayıdış prosesini ləngidə bilər.



Sxem 2.1.2. İntegrasiya olunmuş stock-flow modeli

4.2. Modelin formal tənlik quruluşu

Modelin formal quruluşu ümumi olaraq aşağıdakı inteqral “yığıım” tənliyi ilə ifadə olunur:

$$Stock(t) = Stock(t-\Delta t) + [Inflow(t) - Outflow(t)] * \Delta t \quad (2.1.1)$$

Bu ümumi yazılış əsasında əsas ehtiyatlar üçün aşağıdakı spesifik tənliklər təklif olunur.

1. “Reconstructed infrastructure” yığıımı üçün

$$RI(t) = RI(t-\Delta t) + [RR(t) - RD(t)] * \Delta t \quad (2.1.2)$$

$$RR = \alpha_1 * PI + \alpha_2 * PRI + \alpha_3 * IE \quad (2.1.3)$$

$$RD = \delta_1 * RI \quad (2.1.4)$$

Burada RI - yenidən qurulmuş infrastruktur yığıımı; RR -yenidənqurma sürəti; RD -amortizasiya (sıradan çıxma) sürətidir. PI 0 dövlət investisiyası; PRI - özəl investisiya; IE - institusional effektivlik

2. Return population” və ya “resettlement” yığıımı üçün

$$POP(t) = POP(t-\Delta t) + [RM(t) - OM(t)] * \Delta t \quad (5)$$

$$RM = \beta_1 * ATTR * DRP \quad (6)$$

$$OM = \beta_2 * (1 - ATTR) * POP \quad (7)$$

$$ATTR = w_1 * HA + w_2 * EMP + w_3 * SA + w_4 * EQ + w_5 * SEC \quad (8)$$

Burada $ATTR$ - regionun cəlbədicilik səviyyəsi; DRP — geri qayıda biləcək qalan köçkün əhali; HA - mənzil mövcudluğu; EMP - məşğulluq imkanları; SA – xidmətə giriş; EQ - ətraf mühitin keyfiyyəti; SEC - təhlükəsizlik və sabitlik göstəriciləridir. Burada w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 bu göstəricilərin çəkirləridir. Bu çəkirlərin cəmi $\sum w_i = 1$ olur.

3. “Renewable energy capacity” (bərpa olunan enerjinin tutumu) yığıımı üçün

$$REC(t) = REC(t-\Delta t) + [RIren(t) - RET(t)] * \Delta t \quad (9)$$

$$RIren = \gamma_1 * GI + \gamma_2 * PS + \gamma_3 * IE \quad (10)$$

$$RET = \delta_2 * REC \quad (11)$$

Burada $RIren$ - quraşdırılmış qurğular; RET - sıradan çıxan qurğular; GI – yaşıl investisiya; PS – siyasət dəstəyidir. $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ əmsallardır.

4. Natural capital quality (Təbii kapitalın keyfiyyəti) axımı üçün

$$NCQ(t) = NCQ(t-\Delta t) + [ER(t) - ED(t)] * \Delta t \quad (12)$$

$$ER = \theta_1 * ERP + \theta_2 * PA + \theta_3 * WR \quad (13)$$

$$ED = \theta_4 * CP + \theta_5 * RU + \theta_6 * POL - \theta_7 * REG \quad (14)$$

Burada ERP - ekosistem bərpa proqramları; PA - qorunan ərazilərin idarə olunması; WR - su hövzəsinin bərpası; CP - tikinti təzyiqi; RU - resurs istifadəsi; POL - çirklənmə yükü; REG - ətraf mühitin tənzimlənməsi göstəriciləridir. $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7$ əmsallardır.

5. Green productive capital (Yaşıl məhsuldar capital) yığılımı üçün

$$GPK(t) = GPK(t-\Delta t) + [GIF(t) - OB(t)] * \Delta t \quad (15)$$

$$GIF = \lambda_1 * INV + \lambda_2 * TECH + \lambda_3 * SK \quad (16)$$

$$OB = \delta_3 * GPK \quad (17)$$

Burada NV-yaşıl biznes investisiyası; TECH- təmiz texnologiyanın tətbiqi; SK- yaşıl bacarıqların toplanması göstəriciləridir. Burada $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \delta_3$ əmsallardır.

6. Green quality of life (Həyatın yaşillıq keyfiyyəti) yığılımı üzrə

$$GQL(t) = GQL(t-\Delta t) + [SI(t) + EI(t) - SP(t) - CG(t)] * \Delta t \quad (18)$$

$$GQL = \varphi_1 * HE + \varphi_2 * EDU + \varphi_3 * CE + \varphi_4 * PT + \varphi_5 * EQ \quad (19)$$

Burada SI - xidmətin təkmilləşdirilməsi; EI - ətraf mühitin yaxşılaşdırılması; SP - xidmət təzyiqi; CG - tıxac; HE - səhiyyəyə çıxış; EDU - təhsilə çıxış; CE - təmiz enerjiyə çıxış; PT - ictimai nəqliyyatın mövcudluğu; EQ - ətraf mühitin keyfiyyəti göstəriciləridir. Burada $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ əmsallardır.

7. Institutional effectiveness (İnstitutların effektivliyi) axını üzrə

$$IE(t) = IE(t-\Delta t) + [CB(t) + LE(t) - EROS(t)] * \Delta t \quad (20)$$

$$CB = \mu_1 * TR + \mu_2 * DIG + \mu_3 * COOR \quad (21)$$

$$EROS = \mu_4 * AC + \mu_5 * DEL \quad (22)$$

Burada TR- təlim; DIG- rəqəmsal idarəetmə; COOR- qurumlararası koordinasiya; AC - inzibati mürəkkəblilik; DEL- tətbiq gecikmələri göstəriciləridir. $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ əmsallardır.

8. Resource use and ecological pressure (Resurs istifadəsi və ekoloji təzyiq) yığılımı üzrə

$$RU = \rho_1 * POP + \rho_2 * GPK + \rho_3 * INF \quad (23)$$

$$EP = \eta_1 * RU + \eta_2 * WST + \eta_3 * LANDP \quad (24)$$

Burada POP qayıdan əhalini, WST - tullantıların yaranması, LANDP-torpaqdan istifadə təzyiqi, GPK yaşıl məhsuldar kapitalıdır. $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \eta_1, \eta_2, \eta_3$ sabit əmsallardır.

9. Regional output (regional məhsul istehsalı) yığılımı üzrə

$$Y = \psi_1 * GPK + \psi_2 * RI + \psi_3 * POP + \psi_4 * REC \quad (25)$$

Burada RI yenidən qurulmuş infrastruktur ehtiyatını, REC bərpa olunan enerji tutumunu ifadə edir. Bu tənlük onu göstərir ki, regional iqtisadi hasilat yalnız fiziki infraqururtdan deyil, həm də yaşıl istehsal kapitalından, əhali bazasından və bərpa olunan enerji imkanlarından asılıdır. Burada $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ əmsallardır.

10. Composite Green Economy Transition Index (Yaşıl İqtisadiyyata Keçid Kompozit İndeksi)

$$GETI_t = \omega_1 * EGR_t + \omega_2 * ERE_t + \omega_3 * NCR_t + \omega_4 * GQL_t + \omega_5 * IEC_t \quad (26)$$

Burada EGR- İqtisadi bərpa ölçüsü; ERE- Ekoloji/resurs səmərəliliyi ölçüsü; NCR- Təbii kapitalın bərpa ölçüsü; GQL- Yaşıl həyat keyfiyyəti ölçüsü; IEC- İntitusalional effektivlik/tutum ölçüsü; GETI isə ümumi yaşıl iqtisadi keçid indeksidir və beş əsas ölçünün kompozit göstəricisi kimi çıxış edir. Burada $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$ sabit əmsallardır və $\sum w_i = 1$.

6. Ssenari dizaynı: mümkün ssenarilər

Təklif olunan modeldən üç əsas ssenari yaradıla bilər. Birincisi, infrastruktur və məskunlaşmanın davamlı olaraq genişləndiyi, lakin bərpa olunan yerləşdirmənin, ekoloji bərpanın və institusional öyrənmənin yalnız tədricən inkişaf etdiyi “Baza yenidənqurma ssenarisi”dir. Bu ssenari, orta müddətli resurs stresi və artan xidmət təzyiqi yaradaraq qısamüddətli məhsuldarlığı və əhalinin gəlirliliyini artırır bilər.

İkinci ssenari, bərpa olunan enerji istehsalı, enerjiyə qənaət edən mənzil, dairəvi tullantıların idarə olunması, ekosistem bərpası və inzibati koordinasiyanın erkən mərhələdə genişləndirildiyi “Yaşıl sürətləndirmə ssenarisi”dir. SD baxımından, bu ssenari yaşıl rəqabət və yaşam rahatlığı ilə əlaqəli

gücləndirici dövrləri gücləndirir, deqradasiya dövrlərini zəiflədir. Gözlənilən nəticə ilk illərdə daha yavaş, lakin daha davamlı bərpa, ardınca investisiya cəlbəediciliyi, ətraf mühitin keyfiyyəti və məskunlaşmanın davamlılığında daha güclü uzunmüddətli qazanlardır.

Üçüncü ssenari, maliyyə çətinliklərinin, daha yavaş əhalinin gəlirliliyi, iqlim stresi, tətbiq gecikmələri və ya ekoloji həddindən artıq istifadənin yenidənqurma prosesini zəiflətdiyi “Məhdudiyət və ya şok ssenarisi”dir. Bu ssenari analitik cəhətdən vacibdir, çünki münaqişədən sonrakı keçidlər gecikmələrə, ardıcılıq uğursuzluqlarına və institusional həddindən artıq yüklənməyə həssasdır.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat:

1. Castrillon-Gomez, J. A., Olivar-Tost, G., & Valencia-Calvo, J. (2022). Systems dynamics and the analytical network process for the evaluation and prioritization of green projects: Proposal that involves participative integration. *Sustainability*, 14(18), 11519. <https://doi.org/10.3390/su141811519>
2. Castrillon-Ocampo, J., Jaén, S., & Maya-Duque, P. (2025). A system dynamics prospective analysis of extended producer responsibility policies: A business for a few. *Circular Economy and Sustainability*, 5, 3317–3342. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00547-x>
3. Diomin, M., Habrel, M., Habrel, M., & Kovalchuk, I. (2024). Ergatic approach to reconstruction and modeling of the spatial future of Ukraine. *Urban, Planning and Transport Research*, 12(1), Article 2374719. <https://doi.org/10.1080/21650020.2024.2374719>
4. Hartmane, I., Biyashev, B., Getman, A. P., Yaroshenko, O. M., & Anisimova, H. V. (2024). Impacts of war on Ukrainian nature. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 455–462. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314856>
5. Isakhan, B., & Meskill, L. (2024). Local perspectives on heritage reconstruction after conflict: A public opinion survey of Aleppo. *International Journal of Heritage Studies*, 30(7), 821–839. <https://doi.org/10.1080/13527258.2024.2342288>
6. Kaur, G., & Kander, R. (2025). System dynamics for manufacturing: Supply chain simulation of hemp-reinforced polymer composite manufacturing for sustainability. *Sustainability*, 17(2), 765. <https://doi.org/10.3390/su17020765>
7. Khan, N., Khan, K. I. A., & Khan, H. (2026). System dynamics modeling of social sustainability in circular construction transitions: Causal loop analysis of stakeholder engagement mechanisms from selected developing countries' perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, 117, 108197. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.108197>
8. Mushtaha, A. W., & Alaloul, W. S. (2025). Sustainability factors influencing post-disaster reconstruction projects: Critical review and bibliometric analysis. *Sustainable Futures*, 10, 100930. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100930>
9. Pérez-Pérez, J. F., Parra, J. F., & Serrano-García, J. (2021). A system dynamics model: Transition to sustainable processes. *Technology in Society*, 65, 101579. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101579>
10. Pérez Pérez, S., Ramos-Diez, I., & López Fernández, R. (2025). Transboundary water–energy–food nexus management in major rivers of the Aral Sea basin through system dynamics modelling. *Water*, 17(15), 2270. <https://doi.org/10.3390/w17152270>
11. Pratama, D. R. C., & Setiawan, A. D. (2025). A conceptual system dynamics model of green hydrogen development in Indonesia's energy transition. *South African Journal of Industrial Engineering*, 36(4). <https://doi.org/10.7166/36-4-3239>
12. Radulescu, M., Si Mohammed, K., Kumar, P., Baldan, C., & Dascalu, N. M. (2024). Dynamic effects of energy transition on environmental sustainability: Fresh findings from the BRICS+1. *Energy Reports*, 12, 2441–2451. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.08.052>

13. Reed, J., Wills, J., Willett, J., Treloar, G., Bateman, I., & Osborne, J. (2025). Nature recovery and regional development: An emerging agenda for England's rural-periphery and regional studies. *Regional Studies*, 59(1), Article 2582636. <https://doi.org/10.1080/00343404.2025.2582636>
14. Rezk, J., Pons-Valladares, O., & Muñoz-Blanc, C. (2025). Evaluating sustainability in post-conflict reconstruction: A case study of blast-damaged buildings without structural collapse risk in Syria. *Buildings*, 15(3), 369. <https://doi.org/10.3390/buildings15030369>
15. Sarkodie, S. A., Owusu, P. A., & Taden, J. (2023). Comprehensive green growth indicators across countries and territories. *Scientific Data*, 10, 413. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02319-4>.
16. Shbool, M. A., Al-Bazi, A., Jebri, L. S., et al. (2026). Promoting sustainability in urban waste management in Amman for a circular economy. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 28, 176–198. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02405-2>
17. Söderholm, P. (2020). The green economy transition: The challenges of technological change for sustainability. *Sustainability in Earth Systems*, 3, 6. <https://doi.org/10.1186/s42055-020-00029-y>
18. Tu, H., & Zhou, Z. (2023). Resilience and sustainability: Harnessing efficiency in the natural resources markets for recovery. *Resources Policy*, 86(Part B), 104254. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104254>
19. Yamaguchi, R., Islam, M., & Managi, S. (2023). Natural capital and wealth accounting for sustainability assessment: A global perspective. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 16(3–4), 431–465. <https://doi.org/10.1561/101.00000148>

M.Gulaliyev

*doctor of economic sciences, professor,
Azerbaijan Technological University*

R.Yusibov,

PhD Candidate, Ganja State University

Transition to a green economic model in Karabakh and Eastern Zangezur: an integrated system dynamics framework

Abstract

This article examines the transition to a green economic model in Karabakh and Eastern Zangezur through an integrated System Dynamics framework. The main purpose of the study is to explain the dynamic interactions among post-conflict reconstruction, renewable energy development, natural capital restoration, green quality of life, and institutional effectiveness. The article develops causal-loop and stock-flow structures, identifies key stocks, flows, auxiliary variables, and formulates a composite Green Economy Transition Index for scenario-based analysis. The proposed framework shows that green reconstruction should not be treated merely as physical infrastructure recovery, but as a strategic pathway for sustainable regional development. The findings emphasize that coordinated investment, ecological restoration, renewable energy expansion, and institutional learning are essential for ensuring long-term resilience, settlement stability, and environmental sustainability.

Keywords: *system dynamics; green economy; Karabakh; Eastern Zangezur; post-conflict reconstruction; sustainable development*