

UOT: 504.32, 633.1

ORTA İLLİK TEMPERATUR GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TAXIL ƏKİNLƏRİNİN MƏHSULDARLIĞINA TƏSİRİNİN DƏYƏRLƏNDİRİLMƏSİ

Həmzə Ağakışi oğlu Xəlilov, i.e.d., prof.

Aqrar Tədqiqatlar Mərkəzi, direktorun müşaviri

e-mail: hamza_xelilov@mail.ru

Xülasə

Tədqiqat Azərbaycan ərazisində atmosfer temperaturlarının orta illik səviyyəsinin taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının dinamikasına təsirinin öyrənilməsinə yönəlib. Araşdırma 1992-2022-ci illərin məlumatları üzrə taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının dəyişilməsinin orta illik temperaturlardan asılılığının polinom əmsallı xətti reqressiya modelinin qurulması əsasında aparılıb. Müəyyən olunub ki, orta illik temperaturun taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının dəyişilməsinə təsirində hədd effekti özünü büruzə verir. Orta hava temperaturunun yüksəlməsi müəyyən səviyyəyədək taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına artma istiqamətində təsir göstərir və bu zaman temperaturların yüksəlməsinə uyğun olaraq məhsuldarlığın artımının miqyas etibarilə azalması meyli formalaşır. Müvafiq kritik həddi keçdikdən sonra isə temperatur səviyyəsinin yüksəlməsi məhsuldarlığa aşağı düşmə istiqamətində təsir göstərir və bu halda temperaturların yüksəlməsinə uyğun olaraq məhsuldarlığın azalması miqyasının böyüməsi meyli yaranır. Model əsasında orta illik temperatur göstəricilərində dəyişikliklərin taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının ixtisar olunması amilinə çevrilə bilməsi həddinə dair dəyərləndirmələr aparılır.

***Açar sözlər:** global iqlim dəyişiklikləri, orta illik temperatur, kənd təsərrüfatı, taxıl əkinlərinin məhsuldarlığı, temperatur göstəricilərinin təsirində hədd effekti.*

1. Giriş

Kənd təsərrüfatı global iqlim dəyişikliklərinin nisbətən güclü təsirinə məruz qalan sahələr arasında yer alır. Bu, illər üzrə aqrar istehsalın nəticələrinin formalaşmasında iqlim amillərinin nisbətən daha böyük rola malik olduğu inkişaf etməkdə olan ölkələrdə özünü xüsusilə aydın göstərir.

İqlim dəyişikliklərinə uyğunlaşma və təsirlərin yumşaldılması üçün effektiv strategiyaların reallaşdırılması ehtiyacları baş verən dəyişikliklərin kənd təsərrüfatı istehsalına çoxtərəfli təsirinin müxtəlif aspektləri üzrə araşdırmaların genişləndirilməsinə təkan vermişdir. Bununla bağlı kənd təsərrüfatı məhsullarının ayrı-ayrı növlərinin, o cümlədən taxılın məhsuldarlığına hava temperaturlarında baş verən dəyişikliklərin təsirlərinin aydınlaşdırılmasına yönələn araşdırmalar da

diqqəti cəlb edir. Qeyd etmək lazımdır ki, tədqiqatlarda ayrı-ayrı ölkələrdə və həm də əyalətlər üzrə taxılın məhsuldarlığına hava temperaturlarının təsirinin müxtəlif cəhətlərinə baxılmışdır. Bu istiqamətdə Ratna Raj Laxmi və Amrender Kumarın araşdırmasında Hindistanın Uttar-Pradeş əyalətində hava temperaturlarının minimum və maksimum səviyyələrində dəyişikliklərin kənd təsərrüfatı bitkilərinin, o cümlədən taxılın məhsuldarlığına təsiri öyrənilmişdir [16]. T. Heinzov və R.S.J. Tolun tədqiqatında süni neyroşəbəkə texnologiyalarından istifadə əsasında Almaniyanın müxtəlif iqlim zonalarında kənd rayonları və federal əyalətlər miqyasında gündəlik hava məlumatlarının (maksimum, orta və “şeh nöqtəsi” səviyyələri nəzərə alınmaqla) əsasında taxılın məhsuldarlığının proqnozlaşdırılması imkanları açıqlanır [13]. Sözügedən istiqamətdə elmi ədəbiyyatda, həmçinin Kanadanın Montereji əyalətində vegetasiya dövrünün ayları üzrə temperaturlarda baş verən dəyişikliklərin qarğıdalının məhsuldarlığına təsiri təhlil olunmuşdur [6]. Uyğun yönümlü digər bir tədqiqatda isə maşın təlimi modelləri vasitəsilə vegetasiya dövründə qərarlaşan iqlim göstəriciləri, o cümlədən temperatur səviyyəsi əsasında buğdanın məhsuldarlığının proqnozlaşdırılması məsələsinə baxılmışdır [9].

Eyni zamanda, qlobal iqlim dəyişmələri şəraitində aqrar sahənin inkişafına, o cümlədən taxılçılığın inkişafına dair səmərəli strategiyaların hazırlanması baxımından uzunmüddətli dövrdə hava temperaturunun orta illik səviyyəsində baş verən dəyişikliklərin taxıl əkinlərinin məhsuldarlıq göstəricilərinin dinamikasına təsiri ilə bağlı cəhət də diqqəti cəlb edir. Məsələnin araşdırılması iqlim göstəricilərinin aqrar sahədə məhsuldarlıq səviyyəsinə təsir mexanizmlərinin daha səhifəli açıqlanmasına imkanların genişləndirilməsi baxımından maraqlıdır.

2. Məlumat və metodologiya

Tədqiqat Azərbaycan Respublikası ərazisində 1950-2022-ci illəri əhatə edən orta illik iqlim göstəriciləri və taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına dair 1992-2022-ci illər üzrə göstəricilər əsasında aparılır. Orta illik temperatur, orta illik yağıntının miqdarı və adambaşına karbon emissiyasına dair məlumatlar Dünya Bankının müvafiq məlumat bazasından, habelə “OurWorldData” və “Worldometr” internet resurslarından əldə edilmişdir. Sonuncu mənbədən 1970-ci il üçün adambaşına karbon emissiyasına dair göstərici, habelə sözügedən göstəricinin 1992-ci il üçün kəmiyyəti götürülmüşdür.

Taxıl əkinlərinin məhsuldarlıq göstəricisinə (əkin sahəsinin hər hektarından məhsul yığımının sentnerlə həcmi) və hər hektar taxıl əkininə verilən mineral gübrələrə dair Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsinin müvafiq məlumatları istifadə olunmuşdur. Qeyd edilən məlumatlar Əlavədə verilmişdir.

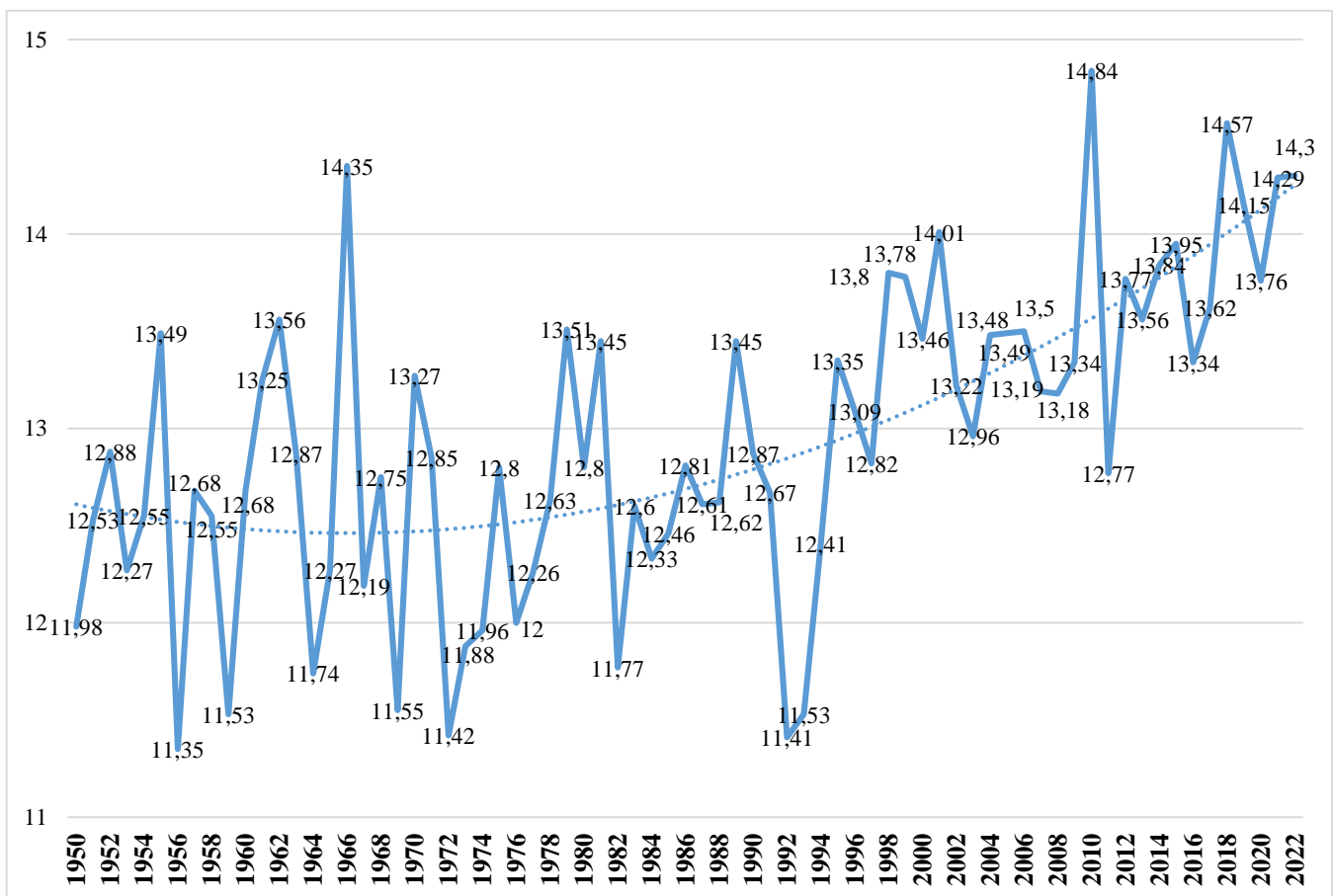
Taxıl əkinlərinin məhsuldarlığı və hava temperaturunun orta illik səviyyəsi arasında əlaqə sözügedən göstəricilərin dinamika sıraları üzrə reqressiya təhlilinin aparılması əsasında araşdırılır. Bu halda əvvəlcə orta iqlim göstəricilərinin uzunmüddətli dövrdə dəyişilməsi meyllərinin təhlili əsasında qlobal iqlim dəyişmələrinin aktiv təzahürü amili nəzərə alınmaqla araşdırmanın zaman sərhədləri müəyyən edilir.

İkinci mərhələdə orta illik temperatur və taxılın məhsuldarlıq göstəriciləri arasında əlaqənin xarakterinin müvafiq təhlillər aparılmaqla dəqiqləşdirilməsi əsasında modelin seçimi həyata keçirilir. Daha sonra isə empirik nəticələrin müzakirəsi əsasında dəyərləndirmələr aparılır.

3. Azərbaycan ərazisində orta illik iqlim göstəricilərinin dinamikası

1950-2022-ci illəri əhatə edən dövrdə Azərbaycan ərazisində orta illik temperaturların ümumi artım meyili müşahidə edilmişdir (*Diaqram 1*). Eyni zamanda, nəzərə almaq lazımdır ki, ölkə ərazisində orta temperatur göstəriciləri əslində 1990-cı illərdə, bir qədər də dəqiq deyilsə, 1990-cı illərin ikinci yarısından hissə ediləcək dərəcədə yüksəlməyə başlamış və bu proses XXI əsrin ikinci onilliyində xeyli sürətlənmişdir.

Diaqram 1. 1961-2021-ci illərdə Azərbaycan ərazisində atmosfer temperaturunun orta illik səviyyəsinin dinamikası (°C)



Mənbə: Əlavədə verilən məlumatlar əsasında qurulmuşdur.

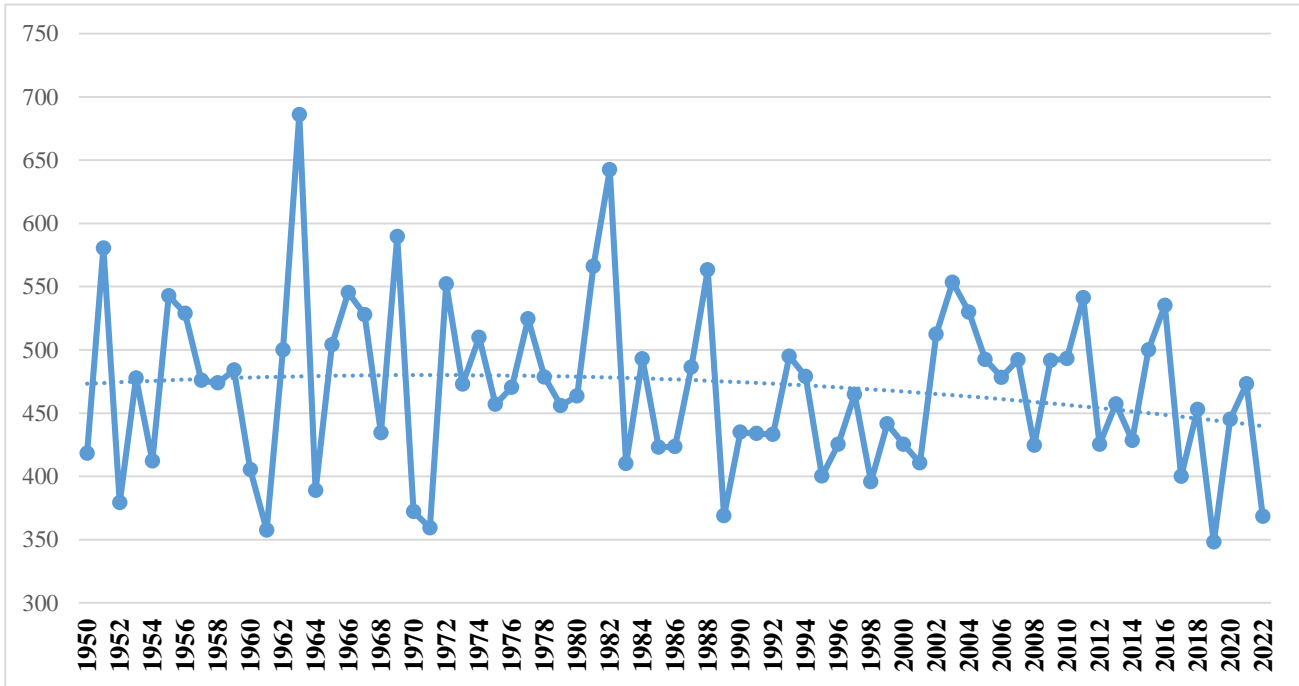
Temperaturların orta illik səviyyəsi 1950-1964-cü illərdə 12.53 °C, 1965-1979-cu illərdə 12.51 °C, 1980-1994-cü illərdə 12.52 °C, 1995-2009-cu illərdə 13.38 °C, 2010-2022-ci illərdə 13.90 °C təşkil etmişdir.

Atmosfer temperaturlarının dinamikasında diqqəti cəlb edən digər cəhət kimi ümumi səviyyənin yüksəlməsinin sürətləndiyi şəraitdə illər üzrə qalxıb-enmələrin nisbətən kiçik miqyaslar almasının müşahidə edildiyini demək mümkündür.

Araşdırılan dövrdə temperatur səviyyəsindən fərqli olaraq yağıntuların orta illik miqdarının dəyişməsində ümumi uzunmüddətli meyil özünü qabarıq şəkildə hiss etdirmir. Bununla belə, sözügedən göstəricinin dinamikasında hissə ediləcək dəyişikliklər baş vermişdir (*Diaqram 2*).

Yağıntuların miqdarının illər üzrə dəyişilməsi trendi forma etibarilə (zəif də olsa) 2-ci dərəcəli polinoma uyğun gəlir. 1980-ci illərə qədər müəyyən artım sonradan azalma ilə əvəz olunmuşdur.

Diaqram 2. 1950-2022-ci illərdə Azərbaycan ərazisində yağıntuların orta illik miqdarının dinamikası (mm)



Mənbə: Əlavədə verilən məlumatlar əsasında qurulmuşdur.

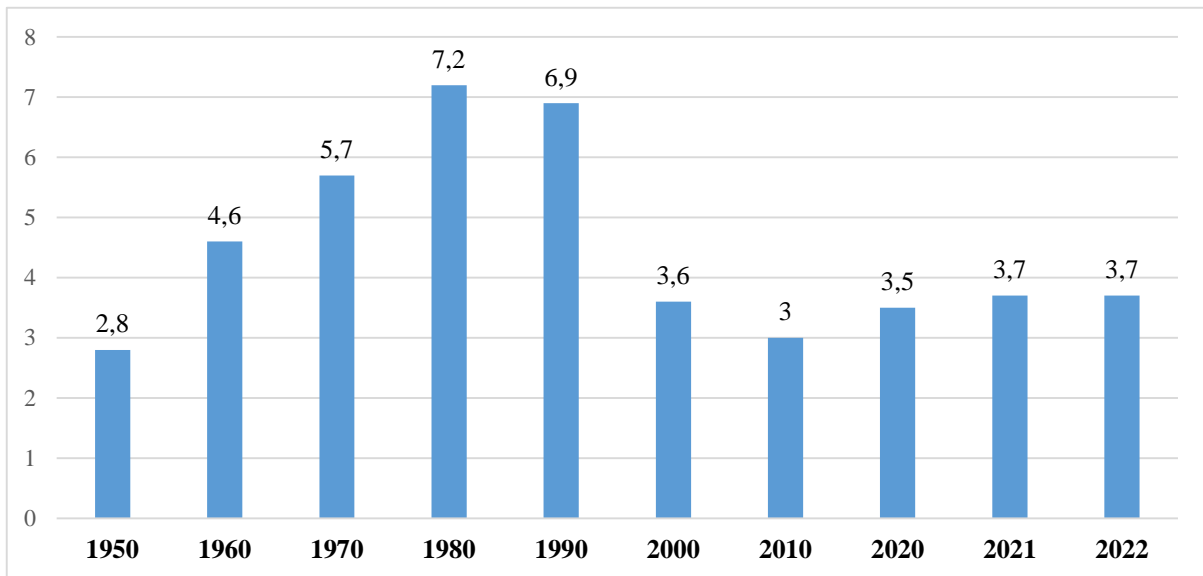
Yağıntuların miqdarının orta illik kəmiyyəti 1950-1964-cü illərdə 474.1 mm, 1965-1979-cü illərdə 483.59 mm, 1980-1994-cü illərdə 474.39 mm, 1995-2009-cü illərdə 462.57 mm, 2010-2022-ci illərdə isə 391.19 mm təşkil etmişdir.

Məlumatlardan aydın olduğu kimi, müvafiq dövrlər üzrə atmosfer temperaturlarının artması və yağıntuların miqdarının azalması arasında müəyyən sinxronluq müşahidə edilir.

Yağıntının orta illik göstəricisinin illər üzrə artıb-azalması (variasiyası) hədləri üçün zaman dəyişikliklərində də müəyyən bir uyğunluq müşahidə edilmir. Bununla yanaşı, yağıntının miqdarının ümumi orta səviyyədə (araşdırılan dövrdə bu göstərici 463 mm təşkil etmişdir) 100 mm - yəni çox aşağı olduğu (quraqlığın baş verdiyi) və 50 mm - yəni xeyli aşağı olduğu (az yağışlı) illərin say nisbətində ayrı-ayrı dövrlər üzrə fərqlər özünü göstərir. Bu cəhətdən, temperaturların nisbətən yüksək səviyyəsinin qərarlaşdığı 2017-2022-ci illərdə quraqlıq olması və az yağışlı illərin sayının artması diqqəti cəlb edir.

Tədqiq edilən dövrdə Azərbaycanda adambaşına karbon emissiyasının kəmiyyətində kəskin dəyişikliklər baş vermişdir. Həmin dövrün ortalarından sonra, daha doğrusu, 1990-cı illərdə Azərbaycanda iqtisadi sistemin dəyişilməsi ilə əlaqədar transformasiya enişi yaşanmış, sənaye istehsalının həcmi kəskin azalmışdır. Belə ki, rəsmi statistika məlumatlarına görə, 1990-2000-ci illərdə sənaye istehsalının həcmi fiziki ifadədə 3 dəfə azalmış, enerji məhsullarının əsas növlərinin istehlakı 1.5-3 dəfə ixtisar olunmuşdur [2]. Bununla əlaqədar olaraq adambaşına karbon emissiyası kəskin azalmışdır (*Diaqram 3*).

Diaqram 3. 1950-2022-ci illərdə Azərbaycanda karbon emissiyasının dinamikası (adambaşına, ton)



Mənbə: Əlavədə verilən məlumatlar əsasında qurulmuşdur.

Ölkədə yeni sənayeləşmənin həyata keçirilməsi ilə bağlı 2000-ci illərin ikinci onilliyindən karbon emissiyasının həcmi yüksəlməyə başlamış, 2022-ci ildə adambaşına orta illik karbon emissiyası 3.7 ton təşkil etmişdir.

Qeyd edilənlərlə əlaqədar olaraq karbon emissiyasının səviyyəsində uzunmüddətli trend temperatur səviyyəsi və yağıntının miqdarının orta illik göstəriciləri üzrə trendlərdən əsaslı surətdə fərqlənir. Bu sahədə ancaq son onillik üzrə temperatur və karbon emissiyasının səviyyələrinin dinamikasında müəyyən uyğunluğun olması istisnalıq təşkil edir.

Beləliklə, uzunmüddətli dövr üzrə iqlim göstəricilərinin dinamikalarına baxış orta temperaturların səviyyəsinin yüksəlməsinin ötən əsrin 90-cı illərindən ümumən ardıcıl xarakter aldığını və bu meyilin əsrimizin ikinci onilliyindən yağıntıların orta illik miqdarı və karbon emissiyasının həcmi ilə daha sıx əlaqəli şəkildə nisbətən gücləndiyini göstərir. Bununla əlaqədar olaraq qlobal iqlim dəyişikliklərinin gedişində Azərbaycan ərazisində atmosfer temperaturlarının orta illik səviyyəsinin taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına təsir xüsusiyyətlərinin daha ayrıntılı özünü büruzə verə biləcəyini nəzərə almaqla, sözügedən əlaqə 1992-2022-ci illərin məlumatları əsasında araşdırılmışdır.

4. Orta illik temperaturların səviyyəsinin taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına təsirinin ekonometrik təhlili

4.1. Modelin seçilməsi

Müvafiq regressiya modeli seçilərkən əvvəlcə araşdırmaya cəlb edilmiş sıraların 1992-2022-ci illər üzrə dəyişənlərinin stasionarlığı yoxlanılmışdır. Stasionarlıq testləri Genişləndirilmiş Diki Fuller (ADF) (The Dickey-Fuller test) meyarı əsasında “Stata” proqramı ilə aparılmışdır. Müvafiq testlərin nəticələri *Cədvəl 1*-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Dəyişənlərin stasionarlığına dair Diki-Fuller (ADF) testinin nəticələri

Sıra (Dəyişən)	Diki Fuller testinin nəticələri		Stasionarlığın tərtibi	Stasionarlıq səciyyəsi
	Test statistikasısı	Kritik həcm		
Orta illik temperatur, °C ³ (OİT)	-3.786	-3.716*	0	Stasionar
Taxıl əkinlərinin məhsuldarlığı, s/ha (TƏM)	-1.202	-3.716*	0	Qeyri-stasionar
ΔTƏM	-6.825	-3.723*	0	Stasionar

*1% səviyyəsində

Mənbə: Stasionarlıq testləri müəllif tərəfindən "Stata" proqramı ilə aparılmışdır.

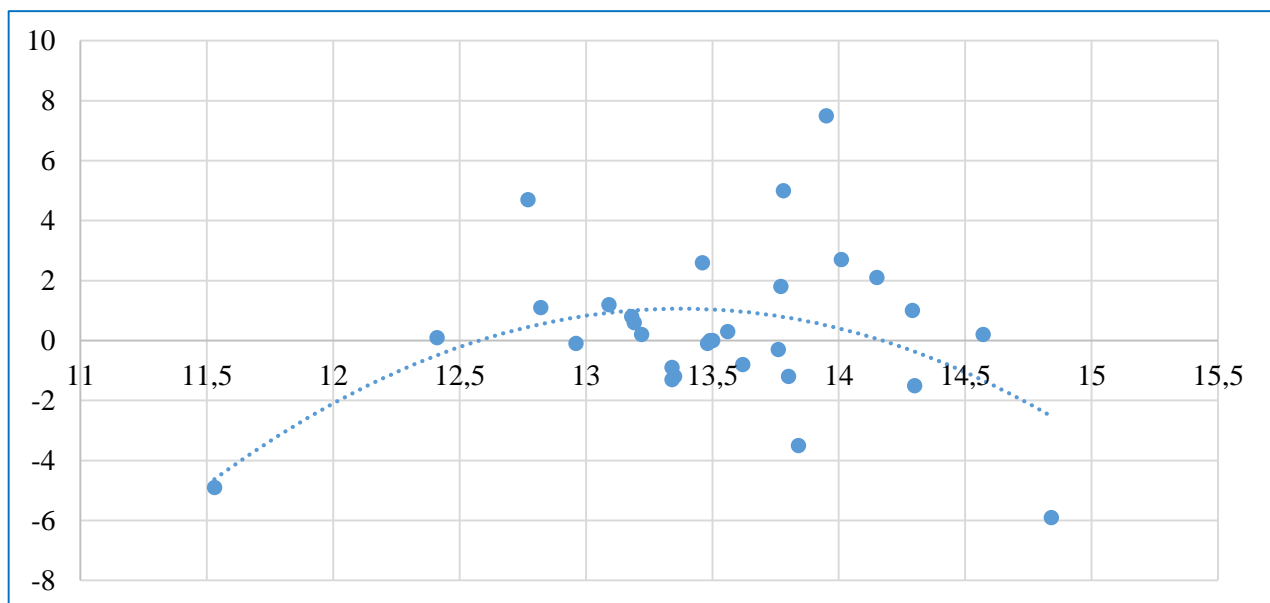
Cədvəldə verilən məlumatlardan da aydın olduğu kimi, orta illik temperatur göstəricilərinə dair ilkin məlumatlardan ibarət dəyişənlər stasionar, taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına dair dəyişənlər isə qeyri-stasionardır. Eyni zamanda, qeyri-stasionar dəyişənlərin göstəricilərinin birinci fərqiindən ibarət sıra stasionardır.

Göstərilənlər nəzərə alınmaqla taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına dair sıranın dəyişənləri birinci fərqlər səviyyəsində modelə daxil edilir. Bu zaman əvvəlcə məhsuldarlıq səviyyəsində dəyişikliklər və iqlim göstəriciləri arasında əlaqələrin forması (xətti və ya qeyri-xətti olması) yoxlanılır.

4.2. Məhsuldarlıq və iqlim göstəricilərinin dəyişməsi arasında əlaqələrin forması

Sözügedən əlaqənin səciyyəsi müvafiq trendin forması (*Diagram 4*) əsasında dəyərləndirilmişdir.

Diagram 4. Orta illik temperatur və taxıl əkinlərinin illər üzrə məhsuldarlıq göstəricilərinin fərqləri



Mənbə: müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Diaqramdan göründüyü kimi, temperaturun orta illik göstəriciləri və taxıl əkinlərinin məhsuldarlığı göstəricilərinin illər üzrə fərqləri arasında əlaqə qeyri-xətti olmuş və 2-ci dərəcəli polinoma uyğun gəlmişdir (həmin formada müvafiq əyri üzrə R^2 -nin qiyməti nisbətən daha yüksək olmuşdur). Bununla əlaqədar olaraq sözügedən qeyri-xətti əlaqə xətti formaya gətirilmişdir.¹

Yuxarıda göstərilənlər nəzərə alınmaqla taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının dəyişilməsinin orta illik temperaturlardan asılılığının polinom əmsallı xətti modeli qurulmuşdur². Bu zaman məhsuldarlıqla birbaşa əlaqəsi nəzərə alınmaqla modelə taxıl əkinlərinin hər hektarına verilən mineral gübrələrlə bağlı göstərici daxil edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, ölkədə həyata keçirilən sistem transformasiyalarının gedişində yaşanan dərin iqtisadi böhran nəticəsində 1993-cü ildən taxıl sahələrinə verilən mineral gübrələrin həcmi ardıcıl olaraq və kəskin aşağı düşmüşdür. Bu göstərici 1993-2000-ci illərdə 93 kq-dan 5 kq-dək azalmışdır. Sonrakı illərdə azalma meyili sona çatsa da, mineral gübrələrdən istifadə səviyyəsi ümumən aşağı olaraq qalmışdır. Yalnız 2016-cı ildən hər hektar taxıl əkininə verilən mineral gübrə həcmi 50-kq-ı üstələmişdir. Digər tərəfdən, rəsmi statistikada 2000-2006-cı illər üzrə taxıl sahələrinə verilən mineral gübrələrin həcminə dair məlumatlar verilmir [2]. Bununla əlaqədar olaraq taxıl əkinlərinin hər hektarına verilən mineral gübrələrin həcmi fiktiv göstərici kimi modelə daxil edilmişdir. Bu halda sözügedən göstəricinin kəmiyyəti 50 kq-dan çox olduğu 1993 və 2016-2022-ci illər üzrə qiymət 1, 1994-2015-ci illər üzrə 0 qəbul olunmuşdur. Model aşağıdakı formanı almışdır:

$$\Delta T\dot{M} = \alpha_0 + \alpha_1 O\dot{I}T + \alpha_2 O\dot{I}T^2 + \alpha_3 MGH + u$$

burada,

$\Delta T\dot{M}$ - taxıl əkinlərinin məhsuldarlığı göstəricisinin illər üzrə kəmiyyətinin birinci fərqləri;

$O\dot{I}T$ - orta illik temperaturun səviyyəsi;

$O\dot{I}T^2$ - orta illik temperaturun səviyyəsinin kvadrat ifadədə göstəricisi;

MGH - taxıl əkinlərinin hər hektarına verilən mineral gübrənin həcmi, fiktiv göstərici (1993, 2016-2022-ci illər üçün 1, 1994-2015-ci illər üçün 0);

α_0 - sərbəst hədd;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - sərbəst dəyişənlərin reqressiya əmsalı;

u - xəta payı.

1993-2022-ci illərin müvafiq məlumatları üzrə modelin parametrləri və adekvatlıq testlərinin nəticələri *Cədvəl 2*-də verilmişdir:

¹ Cində aparılmış araşdırmalarda fermer təsərrüfatlarının gəlirlərinin formalaşması amillərinə dair istifadə olunan modeldə də temperatur və yağıntı üzrə göstəricilər uyğun qaydada xətti formaya gətirilmişdir [18].

² Modelə araşdırdığımız dövr üçün Azərbaycan ərazisində yağıntıların orta illik miqdarı və karbon emissiyasının adambaşına həcmi göstəricilərinin birlikdə və ya ayrılıqda sərbəst dəyişənlər kimi daxil edilməsi nəticəsində həmin dəyişənlər üzrə reqressiya əmsalları statistik cəhətdən etibarlı qiymətlər almır. Eyni zamanda, qeyd edilən hallarda müvafiq modellər F-statistika meyarı üzrə zəruri etibarlılıq tələblərinə uyğun gəlmir.

Cədvəl 2. Modelin performans hesabatı

Göstəricilər	Regressiya əmsalının kəmiyyəti	t-statistika	p-dəyər
α_0	-285.336	-2.33154*	0.027745
α_1	-1.59792	-2.29989	0.029734
α_2	42.78804	2.320114	0.028449
α_3	-0.28806	-0.24941	0.805003
F-statistika	2.431614		

Mənbə: müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Model F-statistika meyarı üzrə etibarlı dəyərləndirilir. Fiktiv göstərici kimi daxil edilmiş taxıl əkinlərinin hər hektarına verilən mineral gübrənin həcmi (MGH) dəyişəni üzrə regressiya əmsalı etibarlı qiymət almayıb. Digər dəyişənlərin regressiya əmsallarının hər biri statistik cəhətdən etibarlıdır.

Adekvatlıq testləri

Modellərin adekvatlığı dəyərləndirilərkən qalıqlarda avtokorrelyasiyanın mövcudluğu Darbin-Vatson (Durbin-Watson) meyarı üzrə, qalıqlarda heteroskedastiklik Uait testi (White test) ilə, qalıqların normal paylanması Shapiro-Uilk testi (A formal normality test: Shapiro-Wilk test) yoxlanılmışdır. Testlərin hər birinin nəticəsi *Cədvəl 3*-dəki kimi olmuşdur:

Cədvəl 3. Adekvatlıq testlərinin nəticələri

Meyar					
Darbin-Vatson testi (Durbin-Watson test)		Uait testi (White test)		Shapiro-Uilk testi (Shapiro-Wilk test)	
Göstərici	d-statistika- d_l/d_u	Göstərici	Köməkçi regressiya üçün F-statistika kəmiyyəti	Göstərici	Test statistikası (W)
2.498638	1.352/1.489	1.476906	0.229979	0.1071	0.9426

Mənbə: müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Məlumatlardan aydın olduğu kimi, model üzrə qalıqlarda avtokorrelyasiya mövcud deyildir (Darbin-Vatson test göstəricisi kritik kəmiyyətlərdən böyükdür), qalıqlar homoskedastiklik (köməkçi regressiya üçün F-statistika kəmiyyəti etibarlı kəmiyyət almamışdır), habelə normal paylanmışdır (Shapiro-Uilk testi göstəricisi seçilmiş 0.05 etibarlılıq həddindən yüksəkdir və test statistikası üzrə göstərici 0.95-1 sərhədi xaricində yerləşir). Başqa sözlə, aparılmış testlərin nəticələri modelin zəruri adekvatlıq tələblərinə uyğun olduğunu göstərmişdir.

5. Empirik nəticələrin müzakirəsi

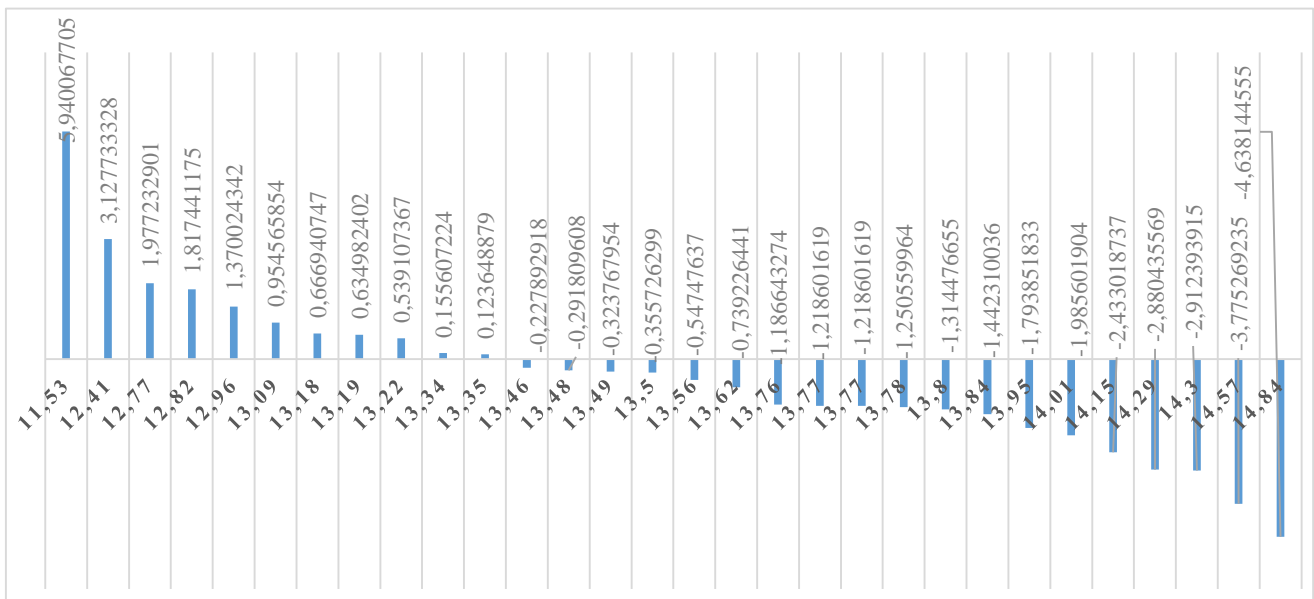
Modeldə orta illik temperaturların səviyyəsi göstəricisinin iki sərbəst dəyişənlə təmsil olunduğu nəzərə alınmaqla zəruri dəyərləndirmələr aparmaq üçün əvvəlcə həmin göstəricilər üzrə orta reqressiya əmsalının kəmiyyəti hesablanmalıdır. Asılı dəyişənin sözügedən sərbəst dəyişənlə əlaqəsi 2-ci dərəcəli polinomla ifadə olunduğu üçün model üzrə orta reqressiya əmsalı həmin dəyişənin adi ifadədə aldığı reqressiya əmsalı ilə kvadrat ifadədə aldığı reqressiya əmsalının iki mislinin dəyişənin verilən səviyyəsinə hasilinin cəmi kimi hesablanmışdır.¹

Müvafiq göstəricilərin modeldəki işarələrindən çıxış etsək orta reqressiya əmsalının kəmiyyəti orta illik temperaturlar üzrə ($2 * \alpha_2 * OIT + \alpha_1$) kimi hesablanır.

Həmin göstəricilər əslində müvafiq orta reqressiya əmsallarının “nöqtəvi” kəmiyyətləridir və temperaturun verilən konkret kəmiyyətinin 1 vahid ($1^{\circ}C$) dəyişildiyi halda 1 ha taxıl əkini sahəsindən alınan məhsulun neçə vahid (sentner) dəyişilməsini ifadə edir.

Göstərilənlər nəzərə alınmaqla modelin orta reqressiya əmsalının qiymətləri əsasında temperaturun araşdırılan dövrün illəri üzrə orta göstəricilərinin taxıl əkininin məhsuldarlığı göstəricisinin dəyişilməsinə təsiri qiymətləndirilir.

Diaqram 5. Orta illik temperatur səviyyələrinə görə taxılın məhsuldarlığının reqressiya əmsalının orta kəmiyyətinin dəyişməsi



Mənbə: müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Diaqram 5-in məlumatlarına əsasən, temperaturun $13.35^{\circ}C$ -yə uyğun və ondan kiçik olan bütün səviyyələrində orta reqressiya əmsalının qiymətləri müsbət işarəli kəmiyyətlərdir. Yəni, sözügedən bütün hallarda orta illik temperaturun hər $1^{\circ}C$ yüksək və ya aşağı qiymət alması taxıl əkininin sahəsinin hər hektarına görə məhsulun həcmində müvafiq surətdə artması və ya azalmasına səbəb olur. Belə ki, orta temperaturun $13^{\circ}C$ -dən 1 dərəcə yüksək, yəni 14 dərəcə kəmiyyətinə taxıl əkininin hər

¹ Sözügedən hal üçün orta reqressiya əmsalının hesablanması barədə bax: [26].

hektarından əldə olunan məhsulun kəmiyyətinin orta göstəricisinin kəmiyyətcə 1.2 sentner artması, 1⁰C aşağı, yəni 12⁰C kəmiyyətinə isə məhsuldarlıq göstəricisinin kəmiyyətinin müvafiq həcmdə azalması uyğun gəlir. Başqa sözlə, qeyd edilən səviyyəyədək bütün hallarda temperaturların kəmiyyətlərində və onların təsiri ilə məhsuldarlığın səviyyəsində dəyişikliklər eyni istiqamətlidir.

Bununla yanaşı, diaqramdan aydın olduğu kimi, orta temperaturların 13.35⁰C-dən yüksək kəmiyyətlərinə uyğun reqressiya əmsallarının qiymətləri mənfi işarə alır. Bu, həmin səviyyədən sonra temperaturların kəmiyyəti və bu amilin təsiri ilə taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının dəyişilməsinin əks istiqamətlər almasını ifadə edir. Temperatur göstəricisinin yüksək səviyyəsinə məhsuldarlıq göstəricilərinin kəmiyyətcə azalan qiymətləri, daha aşağı səviyyəsinə isə məhsuldarlığın nisbətən böyük kəmiyyətləri uyğun gəlir. Belə ki, müvafiq reqressiya əmsalının kəmiyyətinə əsasən temperaturun 13.5⁰C səviyyədən 1⁰ yüksək olması məhsuldarlığın orta göstəricisinin kəmiyyətində 0.3 sentner azalmaya, 1⁰C aşağı olması isə uyğun kəmiyyətdə artmaya səbəb olur.

Diaqram 5-də diqqəti cəlb edən digər cəhət temperaturların orta illik səviyyəsinin yüksəlməsi ilə taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının artma miqyaslarının ixtisar olunması meyilinin formalaşması və temperatur səviyyəsinin müəyyən həddi keçdikdən sonra məhsuldarlığın böyüyən miqyaslarda enməsi meyili ilə əvəz olunmasının baş verməsidir.

Qeyd edilənlər nəzərə alınmaqla, orta temperatur göstəricilərinin taxıl əkinlərinin məhsuldarlıq səviyyəsinin dəyişməsinə təsirində hədd effektinin özünü göstərdiyini deyə bilərik. Azərbaycanda orta illik atmosfer temperaturunun səviyyəsi 14.4⁰C-dək taxıl əkinlərinin məhsuldarlığının artım kəmiyyətinə müsbət təsir göstərir. Temperaturların daha yüksək səviyyələri isə məhsuldarlığın enməsi istiqamətində təsir göstərməyə başlayır.

Model üzrə qeyd etdiyimiz məlumatlardan çıxış etməklə Azərbaycanda araşdırdığımız dövrdə (1992-2022-ci illər) orta temperaturların dəyişilməsinə dair dəyərləndirmələr aparsaq, həmin dövrdə temperaturların yüksəlməsi meyilinin özlüyündə taxıl əkinlərinin hər hektarından məhsul yığımının kəmiyyətinə müsbət təsir göstərən amil kimi çıxış etdiyini demək mümkündür. Bununla belə, son dövrlərdə orta temperaturların yüksəlməsinin sürətlənməsi şəraitində sözügedən artımın miqyası əhəmiyyətli dərəcədə kiçilmişdir. Ayrı-ayrı illərdə (2010, 2018) isə yüksək hava temperaturu məhsuldarlıq səviyyəsinə enmə istiqamətində təsir göstərmişdir. Belə halları, məsələyə cari dövr çərçivəsində yanaşdırdıqda anomal hava şəraitinin nəticəsi kimi də dəyərləndirmək mümkündür. Eyni zamanda, qeyd edilən vəziyyət, mövcud meyl və müvafiq proqnozlar nəzərə alınmaqla, gələcəkdə adi hala çevrilə biləcəkdir.¹

Nəticə

Uzunmüddətli məlumatlar üzrə ekonometrik təhlil nəticəsində qlobal iqlim dəyişiklikləri gedişində Azərbaycan ərazisində hava temperaturlarının yüksəlməsinin taxıl əkinlərinin məhsuldarlıq göstəricisinə təsirində hədd effekti aşkar olunur. Atmosfer temperaturlarının artması müəyyən səviyyəyədək taxılçılıqda məhsuldarlığın artmasına müsbət təsir göstərir, bu sahədə kritik hədd

¹ 2040-2059-cu illərdə Azərbaycanda orta temperaturların RCP2.6 üzrə 1.3, RCP4.5 üzrə 1.7, RCP6.0 üzrə 1.6, RCP8.6 üzrə 2.3 dərəcə yüksəlməsi proqnozlaşdırılır (World Bank Group, ADB. Climate Risk Country. Profile Azerbaijan 2021). Qeyd edək ki, müvafiq yönümdə Cində aparılan tədqiqatın nəticəsi də bu ölkədə temperaturun XXI əsrin sonuna proqnozlaşdırılan 3⁰C-dən 4⁰C-dək yüksəlməsinin qarşısındakı 20-80 ildə əsas ərzaq bitkiləri olan düyü, qarğıdalı və buğdanın məhsuldarlığını 37%-dək azalda biləcəyini göstərmişdir [12].

keçildikdən sonra isə temperatur səviyyəsi məhsuldarlığın aşağı düşməsi amili kimi çıxış edir. Bu baxımdan Azərbaycanda müvafiq məlumatlarını araşdırmaya cəlb etdiyimiz ötən əsrin 90-cı illərinin ikinci yarısından orta temperaturların yüksəlməyə başlaması meyilinin özlüyündə taxıl əkinlərinin hər hektarından əldə olunan məhsul həcmində artmasına müsbət təsir göstərən amil kimi çıxış etdiyini demək mümkündür.

Eyni zamanda, 2000-ci illərin ötən dövründə orta temperaturların nisbətən daha yüksək səviyyələri ilə həmin amilin taxılın məhsuldarlığına müsbət təsiri xeyli zəifləmiş, bəzi illərdə yüksək temperatur hətta məhsuldarlığın səviyyəsinin aşağı düşməsi amili kimi çıxış etmişdir. Orta temperaturların yüksəlməsi meyilinin son dövrlərdə formalaşan templərinin davam etməsinin taxılın məhsuldarlığının dəyişilməsinə əlverişsiz təsir baxımından kritik səviyyənin keçilməsinin yaxın zamanlardan başlayaraq səciyyəvi hal alması və məhsuldarlıq səviyyəsinin enməsi ilə nəticələnə biləcəyi nəzərə alınmalıdır. Belə şəraitdə atmosfer temperaturlarının orta illik səviyyəsinin yüksəlməsi şəraitində taxılçılıq sahəsinin dayanıqlı inkişafı üzrə strategiyaların hazırlanması və həyata keçirilməsinə ehtiyac güclənir.

Qarşıdakı dövrlərdə orta temperaturların səviyyəsinin yüksəlməsinin zəifləməsi baxımından son zamanlar bu prosesə təsiri artan karbon emissiyasının sürətlə çoxalmasının qarşısının alınması istiqamətində Azərbaycanın beynəlxalq razılaşmalar çərçivəsində götürdüyü öhdəliklərin reallaşdırılması yönündə fəaliyyətin ardıcıl davam etdirilməsinin əhəmiyyəti yüksəlir. Bu istiqamətdə “Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər” strateji inkişaf sənədi çərçivəsində qəbul olunmuş təmiz ətraf mühit və “yaşıl artım” ölkəsinə çevrilməyə, o cümlədən ölkədə yaşıl energetika zonasının yaradılmasına dair prioritetin reallaşdırılması üzrə nəzərdə tutulan tədbirlərin ardıcıl və tam həcmdə reallaşdırılması mühüm rol oynayacaqdır.

Gələcək tədqiqatların istiqamətləri

Təqdim olunan araşdırmada Azərbaycan ərazisində atmosfer temperaturlarında dəyişmələrin taxıl əkinlərinin məhsuldarlığına təsirinin ancaq bir cəhəti (illik orta) əks olunur. Sonrakı tədqiqatlarda aylıq və günlük temperaturalarda, gecə və gündüz saatlarında temperatur səviyyəsində baş verən dəyişikliklərin ölkə və eləcə də bölgələr üzrə taxılın (o cümlədən, bu məhsulun ayrı-ayrı növləri üzrə) məhsuldarlığına, habelə dənin keyfiyyət göstəricilərinə təsirlərinə baxılması məqsədəuyğundur.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər <https://president.az/az/articles/view/50474>
2. Kənd təsərrüfatı, meşə təsərrüfatı və balıqçılıq; <https://www.stat.gov.az/source/agriculture/>
3. Musayev T.M. Kənd təsərrüfatı əlavə dəyərinə təsir edən iqtisadi və iqlim faktorlarının ekonometrik qiymətləndirilməsi. / “Kənd təsərrüfatının iqtisadiyyatı” elmi-praktik jurnalı, 2023, № 1 s. 27-39. <https://agroecconomics.az/az/article/2055/kend-teserrufati-elave-deyerine-tesir-eden-iqtisad/>

4. Abbas Ali Chandio, Yuansheng Jiang, Abdul Rauf, Fayyaz Ahmad, Waqas Amin and Khurram Shehzad. Assessment of Formal Credit and Climate Change Impact on Agricultural Production in Pakistan: A Time Series ARDL Modeling Approach Sustainability, 2020, vol. 12, issue 13, 21. https://econpapers.repec.org/article/gamjsusta/v_3a12_3ay_3a2020_3ai_3a13_3ap_3a5241-3ad_3a377389.htm
5. Aggarwal, P.K., Kumar, S.N., and Pathak, H. (2010). Impacts of Climate Change on Growth and Yield of Rice and Wheat in the Upper Ganga Basin. WWF-India Report. Autoregressive distributed lag (ARDL) approach to study the impact of climate change and other factors on rice production in South Korea. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.030>
6. Almaraz, J.J., Mabood, F., Zhou, X., Gregorich, E.G., and Smith, D.L. (2008). Climate Change, Weather Variability and Corn Yield at a Higher Latitude Locale: Southwestern Quebec, Climatic Change, 88, 187-197. [DOI:10.1007/s10584-008-9408-y](https://doi.org/10.1007/s10584-008-9408-y)
7. Amrender Kumar Weather based crop forecasting techniques. http://cabgrid.res.in/cabin/publication/smfa/Module%20II/3.%20Weather%20based%20crop%20forecasting%20techniques_Amrender%20Kumar.pdf
8. Auffhammer, M., Ramanathan, V., and Vincent, J.R. (2011). Climate Change, the Monsoon, and Rice Yield in India, Climatic Change, 111(2), 411-424. [DOI:10.1007/s10584-011-0208-4](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0208-4)
9. Climatic and genetic controls of yields of switchgrass, a model bioenergy species Prediction of Winter Wheat Yield Based on MultiSource Data and Machine Learning in China Received: 22 November 2019; Accepted: 5 January 2020; Published: 9 January 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.017>
10. Climate Change Impact on Rice Yield in India – Vector Autoregression Approach Received: 17, June 2014/ Revised: 26, September 2015/ Accepted: 09, October 2015. ISSN 2424-6271
11. Does Agricultural Credit Mitigate the Effect of Climate Change on Cereal Production? Evidence from Sichuan Province, China. <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/2/336>
12. Erda L, Wei X, Hui J, Yinlong X, Yue L, Liping B, et al. Climate change impacts on crop yield and quality with CO₂ fertilization in China. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2005. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1569568/>
13. Heinzow, T., & Tol, R.S.J. Prediction of crop yields across four climate zones in Germany: an artificial neural network approach. <https://www.researchgate.net/publication/24130143>
14. Holzman ME, Rivas R, Piccolo MC. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2014; 28:181-192;
15. Lobell, D.B.; Burke, M.B. On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. Agric. For. Meteorol. 2010, 150, 1443-1452.
16. Ratna Raj Laxmi and Amrender Kumar. Weather based forecasting model for crops yield using neural network approach. Statistics and Applications. Volume 9, Nos. 1&2, 2011 (New Series), pp. 55-69. <https://www.semanticscholar.org/paper/Weather-based-forecasting-model-for-crops-yield-Laxmi-Kumar/7c6e22b5a86ce83150af7ba913df9268075f372d>
17. Reshef, I.; Huang, Y.; Su, W.; Zhang, X.; Zhu, D.; Wu, W. Improving winter wheat yield estimation by assimilation of the leaf area index from Landsat TM and MODIS data into the WOFOST model. Agric. For. Meteorol. 2015, 204, 106-121. [DOI:10.1016/j.agrformet.2015.02.001](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.02.001)

18. Robert Mendelsohn. The Impact of Climate Change on Agriculture in Asia. *Journal of Integrative Agriculture*, 2014, 13(4): 660-665 April 2014.
https://www.researchgate.net/publication/261564256_The_Impact_of_Climate_Change_on_Agriculture_in_Asia
19. Tao, F.; Zhang, Z.; Liu, J.; Yokozawa, M. Modelling the impacts of weather and climate variability on crop productivity over a large area: A new super-ensemble-based probabilistic projection. *Agric. For. Meteorol.* 2009, 149, 1266-1278;
20. OurWorldData. CO₂ emissions. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
21. World Bank Group, ADB. Climate Risk Country, Profile Azerbaijan 2021.
22. World Bank Group. Azerbaijan Country Climate and Development Report, November 2023.
23. World Bank. Climaatik Data.
24. Zaied, Y.B. & Zouabi, O. 2015, "Climate change impacts on agriculture: A panel cointegration approach and application to Tunisia", MPRA Paper No. 64711
https://mpra.ub.uni-muenchen.de/64711/1/MPRA_paper_64711.pdf
25. Высшая школа экономики. Эконометрика, глава 7. Нелинейные модели регрессии
<https://www.hse.ru/data/2013/02/26/1307413212/%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B0%207.pdf>

Əlavə

Tədqiqatda istifadə olunan ilkin məlumatlar

	Orta illik temperatur, °C ² (OİT)	Orta illik yağıntının miqdarı, mm ² (OİY)	Adambaşına karbon emissiyası, ton ³ (AKE)	Taxıl sahələrinin məhsuldarlığı, s/ha ¹	Hər hektar taxıl əkininə verilən mineral gübrə, kq ¹
1950	11.98	418.23	2.8	7.1	...
1951	12.53	580.57	3
1952	12.88	379.22	3.1
1953	12.27	477.82	3.2	6.4	...
1954	12.55	412.18	3.4	9.4	...
1955	13.49	542.7	3.8	7.9	...
1956	11.35	528.96	4.1	8.8	...
1957	12.68	475.89	4.3	8.6	...
1958	12.55	473.91	4.5	8.2	...
1959	11.53	484.01	4.6	10.5	...
1960	12.68	405.22	4.66	10.4	...
1961	13.25	357.58	4.66	7.0	...
1962	13.56	500.05	4.76	9.8	...
1963	12.87	686.11	4.96	6.9	...
1964	11.74	388.98	5.06	9.9	...
1965	12.27	503.99	5.26	9.8	...
1966	14.35	545.19	5.36	11.5	...
1967	12.19	527.92	5.46	10.8	...

	Orta illik temperatur, °C² (OİT)	Orta illik yağıntının miqdarı, mm² (OİY)	Adambaşına karbon emissiyası, ton³ (AKE)	Taxıl sahələrinin məhsuldarlığı, s/ha¹	Hər hektar taxıl əkininə verilən mineral gübrə, kq¹
1968	12.75	434.37	5.56	11.2	...
1969	11.55	589.57	5.66	9.5	...
1970	13.27	372.1	5.76	11.6	...
1971	12.85	359.3	6.06	12.3	...
1972	11.42	552.2	6.40	13.3	...
1973	11.88	472.9	6.82	14.1	...
1974	11.96	509.9	7.22	14.6	...
1975	12.80	456.9	7.88	14.6	...
1976	12.00	470.4	8.10	18.9	...
1977	12.26	524.5	8.35	17.5	...
1978	12.63	478.6	8.62	20.2	...
1979	13.51	456.0	8.88	22.2	...
1980	12.80	463.4	9.25	23.2	...
1981	13.45	566.2	9.40	24.4	...
1982	11.77	642.4	9.47	23.6	...
1983	12.60	410.1	9.61	24.6	...
1984	12.33	492.9	9.71	25.9	...
1985	12.46	423.0	9.72	26.2	179
1986	12.81	423.6	9.95	25.9	..
1987	12.61	486.4	10.14	24.2	...
1988	12.62	563.2	10.12	26.3	...
1989	13.45	368.8	9.99	21.9	...
1990	12.87	434.9	7.45	24.2	92
1991	12.67	433.9	7.16	20.7	...
1992	11.41	433.2	6.61	21.1	73
1993	11.53	495.0	6.41	16.2	58
1994	12.41	478.9	4.41	16.3	32
1995	13.35	400.2	4.23	15.1	10
1996	13.09	425.3	3.50	16.3	11
1997	12.82	464.8	3.38	17.4	5
1998	13.80	395.7	3.35	16.2	3
1999	13.78	441.4	3.27	21.2	5
2000	13.46	425.4	3.44	23.8	...
2001	14.01	410.6	3.25	26.5	...
2002	13.22	512.4	3.20	26.7	...
2003	12.96	553.4	3.47	26.6	...
2004	13.48	529.9	3.41	26.5	...
2005	13.49	492.5	3.58	26.5	...
2006	13.50	478.3	3.59	26.5	...
2007	13.19	492.3	3.22	27.1	22.8
2008	13.18	424.6	3.47	27.9	22.8

	Orta illik temperatur, °C² (OİT)	Orta illik yağıntının miqdarı, mm² (OİY)	Adambaşına karbon emissiyası, ton³ (AKE)	Taxıl sahələrinin məhsuldarlığı, s/ha¹	Hər hektar taxıl əkininə verilən mineral gübrə, kq¹
2009	13.34	491.6	2.85	26.6	31.7
2010	14.84	493.1	2.68	20.7	20.4
2011	12.77	541.2	2.97	25.4	28.1
2012	13.77	425.3	3.24	27.2	29.3
2013	13.56	457.2	3.29	27.5	34.1
2014	13.84	428.4	3.38	24.0	40.6
2015	13.95	500.1	3.29	31.5	80.7
2016	13.34	535.2	3.30	30.6	118.7
2017	13.62	399.9	3.24	29.8	141.3
2018	14.57	453.0	3.29	30.0	159.3
2019	14.15	348.1	3.54	32.1	151.6
2020	13.76	445.0	3.50	31.8	88.0
2021	14.29	473.1	3.70	32.8	121.8
2022	14.30 ¹	368.3 ¹	3.80	31.3	78

Mənbələr:

1. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatları
2. Dünya Bankının məlumatları:
[https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/azerbaijan/climate-datahistorical#:~:text=In%20general%2C%20more%20mountainous%20parts,lowland%20areas\)%20and%20moderate%20winters](https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/azerbaijan/climate-datahistorical#:~:text=In%20general%2C%20more%20mountainous%20parts,lowland%20areas)%20and%20moderate%20winters)
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/azerbaijan/climate-datahistorical>
<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=AZ>
3. OurWorldData-nın (1960-1970-ci illər üzrə) məlumatları:
<https://ourworldindata.org/co2/country/azerbaijan>
4. Worldometr-in məlumatları:
https://www.worldometers.info/co2-emissions/azerbaijan-co2-emissions/#google_vignette

*Prof. Dr., H.A. Khalilov
 Agricultural Research Center, adviser to the director*

**Evaluation of the effect of average annual temperature indicators
 on the productivity of grain crops**

Abstract

The study is aimed at studying the influence of the average annual level of atmospheric temperatures on the dynamics of the productivity of grain crops in the territory of Azerbaijan. The

research was conducted based on the construction of a regression model with a polynomial coefficient of the dependence of the change in the productivity of grain crops on the average annual temperatures based on the data of 1992-2022. It was determined that the threshold effect manifests itself in the effect of the average annual temperature on the change in the productivity of grain crops. The increase in average air temperature up to a certain level affects the productivity of grain crops in the direction of increase, and at this time, is formed the tendency to decrease in scale of the increase in productivity in accordance with the increase in temperature. After passing the corresponding critical limit, the increase in temperature level affects productivity in the direction of decrease, and in this case, there is a tendency to increase the scale of decrease in productivity in accordance with the increase in temperatures. Based on the model, the extent to which changes in the average annual temperature indicators can become a factor in reducing the productivity of grain crops is evaluated.

Keywords: global climate changes, average annual temperatures, agriculture, productivity of grain crops, threshold effect in the influence of temperature indicators.

Д.э.н., проф., Г.А. Халилов

Центр аграрных исследований, советник директора

Оценка влияния показателей среднегодовой температуры на урожайность зерновых культур

Резюме

Целью исследования является изучение влияния среднегодовой уровень атмосферных температур на динамику урожайности зерновых культур на территории Азербайджана. Исследования проводились на основе построения регрессионной модели с полиномиальным коэффициентом зависимости изменения урожайности зерновых культур от среднегодовые температуры по данным 1992-2022 гг. Определено, что пороговый эффект проявляется во влиянии среднегодовой температуры на изменение урожайности зерновых культур. Повышение среднегодовой температуры воздуха до определенного уровня влияет на урожайность зерновых культур в сторону увеличения, и в это время формируется тенденция к уменьшению масштаба прироста производительности в соответствии с ростом температуры. После прохождения соответствующего критического предела, рост уровня температуры влияет на производительность в сторону уменьшения, и в этом случае, наблюдается тенденция к увеличению масштабов снижения урожайности в соответствии с ростом температур. На основе модели оценивается, в какой степени изменение среднегодовых температурных показателей может стать фактором снижения урожайности зерновых культур.

Ключевые слова: глобальные климатические изменения, среднегодовые температуры, сельское хозяйство, урожайность зерновых культур, пороговый эффект влияния температурных показателей.