

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://doi.org/10.48081/YBCY7199>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/QSWV9292>

**\*А. Б. Мименбаева<sup>1</sup>, А. Х. Нұрбекова<sup>2</sup>,  
Г. К. Бекмағанбетова<sup>3</sup>, Н. Н. Никамбаева<sup>4</sup>,  
Г. Н. Турсынғалиева<sup>5</sup>**

<sup>1,2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ;

<sup>3</sup>Қазақ технология және бизнес университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ;

<sup>4,5</sup>Академик Е. А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті  
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

e-mail: [Aigulka79\\_79@mail.ru](mailto:Aigulka79_79@mail.ru)

## **STATISTICA ЖҮЙЕСІНДЕ DAҚЫЛДАРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БОЛЖАУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ**

*Мақалада ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжауға арналған модельдері мен әдістері қарастырылған. Зерттеу барысында осы бағыттағы соңғы жылдардағы Web of Science, Scopus деректер қорындағы отандық және шетел ғылыми еңбектер зерделенген. Сонымен қатар, 2012-2022 жылдар аралығындағы «Солтүстік Қазақстан ауыл-шаруашылығы тәжірибелік станциясы» ЖШС-інде өсірілетін жаздық бидайдың өнімділігі мысалында Statistica жүйесін қолданып, болжау әдістеріне тоқталған. Қарастырылған жылдардағы жаздық бидай өнімділігінің экономикалық-математикалық моделі дәрежелік функция түрінде құрылған. Корреляциялық талдау әдісі арқылы осы жылдардағы вегетациялық кезеңдегі ауа температурасы мен жаздық бидай өнімділігінің арасындағы байланыс зерттеліп, нақты және болжамдық мәндер шашыранды диаграмма арқылы көрсетілген. Жасанды перцептрон нейрондық желісі арқылы болжамдық моделдер құрылып, ең жақсы нәтиже беретін болжамдау моделі таңдалып алынған.*

*Сонымен қатар, қарастырылған экономикалық-математикалық талдау, сараптау, статистикалық талдау және жасанды нейрондық әдістеріне терең тоқталып, нәтижесінде әр әдіске байланысты нақты тұжырымдар ұсынылған.*

*Мақала авторлардың осы бағытта соңғы жылдары жүргізіліп жатқан ғылыми зерттеу жұмыстарының жалғасы болып табылады және аталған серіктестіктің ғылыми-зерттеу бөлімінің қызметкерлеріне, осы салада зерттеу жүргізетін мамандарға, докторанттарға бағыт беруге көмектеседі.*

*Кілтті сөздер. Астық өнімділігі, математикалық модель, жасанды нейрондық желі, болжау әдістері, статистикалық болжау*

## Кіріспе

Ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділік болжамдары әртүрлі мүдделі тараптар үшін маңызды ақпарат көзі болып табылады. Қазіргі уақытта болжау әдістерінің бірнеше түрі болғанымен, олардың жалпы қабылданған нақты жіктелуі және негізгі әдістердің мазмұнын анықтауда бірыңғай пікір жоқ. Осы орайда, бұл зерттеудің мақсаты ауылшаруашылығы дақылдарының шығымын болжауға арналған әдістерге шолу жасау және жүйелеу ретінде айқындалды. Зерттеу барысында, отандық және шетел басылымдарына шолу жасай отырып, ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау әдістері төмендегі кластарға жіктелді (1 кесте):



Сурет 2 – Ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау әдістерінің жіктелуі

## Материалдар мен әдістер

Аталған бағытта шолу жүргізу үшін, «Солтүстік Қазақстан ауылшаруашылығы тәжірибелік станциясы (АШТС)» ЖШС-нің 2013-2023 жж. аралығындағы температура, жаздық бидай өнімділігі жайлы деректері «Шағалалы» метеостанциясынан және аталған серіктестіктің ғылым бөлімінен алынды. Statistica жүйесінде математикалық модельдеу, регрессия,

жасанды нейрондық желі әдістері арқылы зерттеулер жасалып, талдау және салыстыру әдістері қолданылды.

Кесте 1 – «Солтүстік Қазақстан ауылшаруашылығы тәжірибелік станциясы» ЖШС-нің 2013-2023 жж. арасындағы жаздық бидай өнімділігі

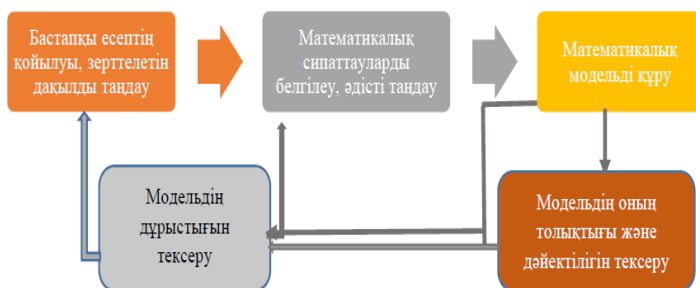
№	Ауыл шаруашылығы жылдары	$C_{\text{North-Kaz}}$ , ц/га	$T_v$ , °C
1	2012-2013	18,0	18
2	2013-2014	17	18
3	2014-2015	18	18,5
4	2015-2016	18	19,3
5	2016-2017	16,1	19,2
6	2017-2018	17	18,2
7	2018-2019	17,2	18,1
8	2019-2020	16,1	19,1
9	2020-2021	20,1	19,5
10	2021-2022	20,2	19,3

### Әдеби шолу

Зерттеу барысында ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау бағытында отандық және шетелдік басылымдарға шолу жасалды. Атап айтқанда: М. А. Саденова, Н.А. Бейсекенова және т.с.с. авторлардың [1] еңбегінде Қазақстанның агроэкожүйелерінің дақыл-дарын қашықтықтан зерттеу арқылы математикалық модельді қолданып, салыстырмалы талдау және тарихи аналогтар жасау арқылы дақылдардың өнімділік көрсеткішін анықтаған. В. Basso, D. Sammarano және E. Carfagna авторлары [2] еңбегінде өнімділікті болжау және әлем бойынша ауылшаруашылық стратегиясын жақсарту мәселелері қарастырылған. Бұл мақалада статистикалық модельдер қолдануға жеңіл және параметрді аз қажет ететіні, алайда олар берілген мәндер ауқымынан тыс ақпаратпен шектелетіні тұжырымдалған. [3] мақалада 2018 жылдан бері жарыққа шыққан Web of Science деректер қорында жарық көрген 250-ден астам еңбектер талқыланды. Барлық қарастырылған еңбектердің ішінде агрометеорологиялық болжаулар 3-тен бір бөлігінде, процеске негізделген модельдер 15%-інде кездескен. [4], [5] жұмыстарда дәнді дақылдар өнімділігіне жасанды нейрондық желілер арқылы болжау жасалған.

Математикалық модельдеу және болжамдық экстрополяция әдістері

Бұл әдіс ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділіктеріне әсер ететін факторларының уақыт бойынша қатарларының заңдылықтарын модельдеуге және математикалық статистика аппараты негізінде зерттелетін экономикалық процестердің даму тенденцияларын анықтауға негізделген [6].



Сурет 3 – Математикалық модель құру процесі

Уақыт қатарларларын экстраполяциялау барысында зерттелетін көрсеткіштердің уақыт бойынша өзгеруі кейбір аналитикалық функция түрінде модельденеді [6]. Уақыт бойынша тренд экстраполяциясына негізделген болжау кезеңдері төмендегі кестеде келтірілген:



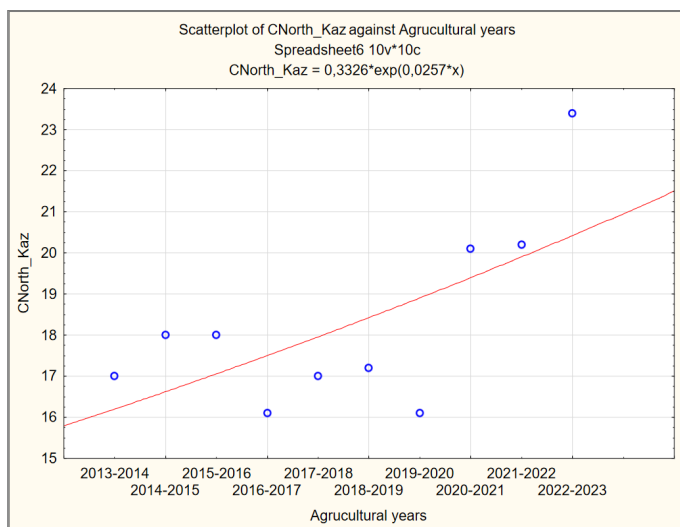
Сурет 4 – Экстраполяцияға негізделген болжау кезеңдері

Тәжірибелік бекіту

$X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  айнымалысын өнімділікке әсер ететін кез-келген (агрометеорологиялық, техникалық, т.б.) фактор болсын. Онда  $C_{NorthKaz}$  «Солтүстік Қазақстан АШТС» ЖШС-нің 2013-2023 жж. арасындағы жаздық бидай өнімділігінің математикалық моделін дәрежелік функция арқылы төмендегідей өрнектеуге болады:

$$C_{North\_Kaz_i} = 0,33 * e^{0,0257X_i} \quad (2)$$

мұндағы  $i = (1, \dots, 10)$ . Осы функция арқылы аталған дақыл өнімділігінің шашыранды диаграммасы Statistica жүйесінде құрылды:



Сурет 5 – «Солтүстік Қазақстан АТС» ЖШС-нің 2013-2023 жж. жаздық бидай өнімділігінің шашыраңқы диаграммасы

### Экономика-математикалық модельдеу әдістері

Экономикалық - математикалық модельдеу әдістері статистикалық материалды ескере отырып жасалатын классикалық математикалық модельдеудің аналитикалық аппаратына негізделген. Мұндай модельдер дақыл өнімділігіне маңызды факторлардың әсерін сипаттайтын аналитикалық теңдеулермен сипатталады [7].

Дәстүрлі математикалық-статистикалық талдау әдістері жоғарыдағы суретте көрсетілген негізгі 6 негізгі топтарға бөлінеді (6-сурет).



Сурет 6 – Математикалық статистикалық талдау әдістері

Аталған статистикалық болжау әдістерінің ішінде кең таралған корреляциялық және регрессиялық талдау әдістеріне тоқталайық.

Корреляциялық талдау – бұл бірнеше тәуелсіз айнымалылар арасында байланыс орнатуға, сондай-ақ осы айнымалылар арасындағы байланыстың күшін бағалауға мүмкіндік беретін статистикалық құрал. Егер  $X$  және  $Y$  айнымалыларының мәндері берілетін болса, онда осы екі айнымалылардың арасындағы байланыс төмендегі формула арқылы берілетін корреляциялық коэффициент арқылы сипатталады:

$$R_{X,Y} = \frac{\sum (X - \bar{X}) * (Y - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_X \cdot \sigma_Y} = \frac{\overline{X \cdot Y} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (3)$$

мұндағы  $n$  – бақылаулар саны,  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  – сәйкес квадраттық ауытқулар. Корреляция коэффициенті  $-1$ -ден  $+1$ -ге дейінгі аралықтағы мәндерді қабылдайды. Егер  $R < 0,3$  жағдайында, онда байланыс әлсіз,  $|R| \leq 0,7$  – орташа;  $|R| > 0,70$  – тығыз болып саналады.

#### Тәжірибелік бекіту

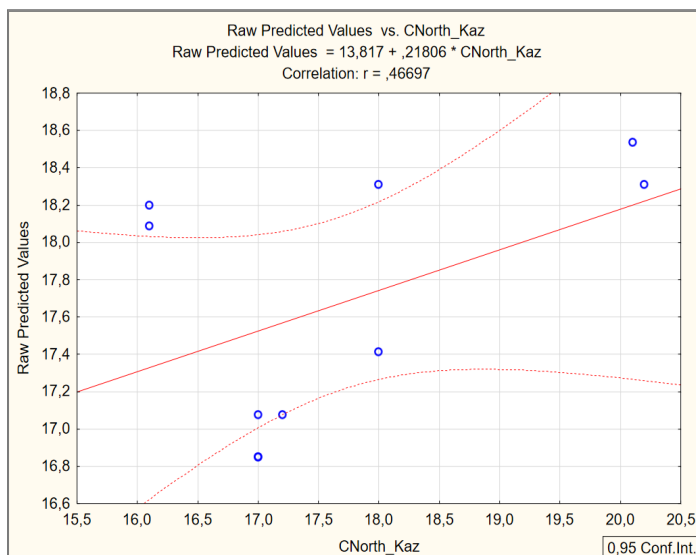
Төмендегі кестеде 2012-2022 жылдар арасындағы «Солтүстік Қазақстан АТС» ЖШС-нің вегетациялық кезеңдегі ауа температурасына байланысты жаздық бидай өнімділігіне жасалған статистикалық талдау нәтижесі көрсетілген.



## Кесте 3 – Жаздық бидай өнімділігі мен ауа-райы температурасына жасалған Statistica жүйесінде регрессиялық талдау нәтижесі

N=10	CNorthKaz (2012-2022) R= 0,46696988, R <sup>2</sup> = 0,21806087, F(1,8)=2,2310					
Intercept	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(8)	p-value
			-3,38912	14,10574	-0,240265	0,816167
Tv	0,466970	0,312638	1,12435	0,75276	1,493645	0,173621

Бұл кестедегі  $C_{Northkaz}$  – жаздық бидай өнімділігі, Tv – вегетациялық кезеңдегі ауа температурасы, R - корреляция коэффициенті, R<sup>2</sup>- детерминация коэффициенті, b және b\* – стандарттық ауытқулар, p – маңыздылық шамасы. (3) теңдеуге сүйеніп жасалған есептеулер нәтижесінде  $R = 0,46696988 < 0,7$  екенін байқаймыз. Демек, қарастырылған жылдар арасында «Солтүстік Қазақстан ауылшаруашылығы ТЖС» ЖШС-ның жаздық бидай өнімділігі вегетациялық кезеңдегі ауа температурасынан басқа да факторларға көбірек тәуелді екені анықталды.



Сурет 7 – Жаздық бидайдың нақты және болжамды мәндерінің диаграммасы

Әрі қарай

$$C_{North\_Kaz}^{Pred} = 13,817 + 0,21806 \cdot C_{North\_Kaz} \quad (4)$$

болжау моделі құрылып, жаздық бидай өнімділігінің нақты және болжамдық мәндерінің шашыранды диаграммасы алынды.

### Сараптамалық бағалау әдістері

Бұл әдіс бойынша болжау кәсіби, практикалық және ғылыми тәжірибеге негізделген бір маманның немесе мамандар тобының пікіріне негізделіп жасалады [5, 6]. Сараптамалық бағалау әдістері төмендегідей жіктеледі:



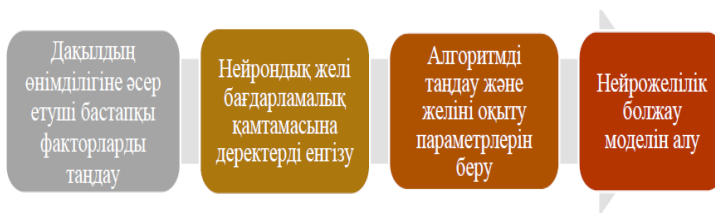
Сурет 8 – Сараптамалық бағалау әдістері

Сараптамалық әдістер негізінен келесі жағдайларда қолданылады:

- 1) объект немесе экономикалық құбылыс математикалық сипат-тамаға бағынбаған кезде;
- 2) ресімделген әдістер аппаратын пайдалануға мүмкіндік беретін ақпараттық база болмаса;
- 3) тез шешім қабылдауды талап ететін төтенше жағдайларда;
- 4) ресімделген зерттеулер жүргізу үшін қаржы ресурстары, бағдарламалық қамтамасыз ету, білікті кадрлар болмаған жағдайда [8].

### Нейрондық желі әдістері

Нейрондық желілер (Neural Networks) – бұл мидың биологиялық нейрондық желілерінің жасанды нейрон модельдері болып табылады [7]. Әр қабатта орналасқан нейрондар бір-бірімен ешқандай байланыссыз, алайда алдыңғы және келесі қабаттардағы нейрондармен байланысты болады. Астық өндірісінде өнімділікке алдын-ала нейрондық желі арқылы болжам жасау төмендегі алгоритм бойынша жүзеге асады.



Сурет 9 – Ауылшаруашылығы дақылының өнімділігін болжауда жасанды нейрондық желі қолдану алгоритмі  
Нейрондар желісінің жұмысын келесі теңдеумен сипаттауға болады:

$$Net_j = \sum x_i * w_{ij}, \quad (5)$$

мұндағы  $Net_j$  айнымалысы  $j$ -ші нейрон үшін барлық кіріс сигналдарын біріктірудің нәтижесі,  $n$ -шығыс сигналдарын сигнал кірісіне жіберетін элементтер саны,  $w_{ij}$ — $i$ -ші нейронды  $j$ -ші нейронмен байланыстыратын байланыстың салмағы болып табылады [7, 8].

#### Тәжірибелік бекіту

«Солтүстік Қазақстан АШТС» ЖШС-нің 2013-2023 жж. арасындағы жаздық бидай өнімділігін болжауға Statistica жүйесінде жасанды нейрондық желілерін құрайық. Вегетациялық кезеңдегі  $T_v$  – ауа температурасы алынды, шығыс айнымалысы ретінде  $C_{North\_Kaz}$  жаздық бидай өнімділігі алынды. Желі түрі – көпқабатты персептрон, оқытылатын желі саны – 20, сақталатын нейрон саны – 5, минималды жасырын нейрондар саны – 3, максималды жасырын нейрондар саны-10 болып тағайындалды.

Кесте 3 – «Солтүстік Қазақстан АТС» ЖШС-нің 2013-2023 жж. арасындағы жаздық бидай өнімділігін болжауға жасанды нейрондық желілері

№	Желі атауы	Оқыту нәтижесі	Оқыту қатесі	Тест қатесі	Тексеру қатесі	Оқыту алгоритмі
1	MLP 1-2-1	0,383160	0,110974	0,217109	0,064423	BFGS 5
2	MLP 1-4-1	0,750502	0,054373	0,005004	0,080018	BFGS 51
3	MLP 1-7-1	0,381874	0,111071	0,217486	0,064629	BFGS 0
4	MLP 1-8-1	0,543691	0,094172	0,025511	0,002747	BFGS 12
5	MLP 1-3-1	0,546316	0,091483	0,059628	0,001028	BFGS 0

Нәтижесінде минималды қателікпен MLP-1-4-1 желісі максималды 0,75 оқыту нәтижесіне ие болды. Осы нейрондық желіні әрі қарай жетілдіріп,

жаздық бидайдың болашақтағы бірнеше егін маусымдарына болжам жасауға болады.

### **Қорытынды**

Ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін дәл болжау өнімділік пен факторлар арасындағы функционалдық байланысты түбегейлі түсінуді және қуатты алгоритмдер мен оңтайлы әдістерді қажет етеді.

Бұл Мақалада ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау әдістеріне шолу жасалып, Statistica жүйесін пайдаланып, «Солтүстік Қазақстан АШТС» ЖШС-нің мәліметтері бойынша, жаздық бидай өнімділігі зерттелді. Зерттеу барысында келесі тұжырымдамалар жасалды:

Ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау әдісін таңдау қарастырылатын дақылдың түріне байланысты болады.

Дәнді дақылдардың өнімділігін қысқа мерзімді болжауды сызықтық регрессия модельдері бойынша, ал орта мерзімді және ұзақ мерзімді болжау сараптамалық болжамдар негізінде жасау тиімді болады.

Нейрожелілік модель әдісі көбінесе қысқа және орта мерзімді болжам жасауға қолданылады.

Ұзақ мерзімді болжамды жүзеге асыру кезінде зерттелетін аймақтағы астық түрінің орташа көпжылдық өнімділігі мен жеміс беру заңдылықтары қолданылады, сондықтан болжаудың бұл түрі ауылшаруашылығында көп таралмаған.

Статистикалық модельдер қолдануға қарапайым болғанымен, тыңайтқыштың уақыты мен мөлшері, дақылды себу, суару уақыттарын бақылау тәрізді агротехникалық кеңестерді қамти алмайды.

Астық өнімділігін модельдеу егіншілік жүйесін басқаруда, қорларды қалыптастыруда, коммерцияландыруда және ауылшаруашылық қызметінің басқа салаларында кеңінен қолданылатындықтан, мақалада талданған мәселе аталған сала мамандары және зерттеушілер үшін пайдалы болады.

### **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ**

1 **Sadenova, M. A., Beisekenova, N. A., Rakhymberdina M., Varbanov, P. S., Klemeš, J. J.** Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yield // Chemical engineering transactions. – 2021. – V. 88. – P. 1225–1228.

2 **Basso, B., Cammarano, D., Carfagna, E.** [Review of crop yield forecasting methods and early warning systems](#) // In Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics (Rome, 13 august 2013).

3 **Basso, B., Liu, I.** Seasonal crop yield forecast Methods, applications, and accuracies // Advances in Agronomy. – 2019. – V. 154. – P. 201–255.

4 **Alvarez, R.** Predicting average regional yield and production of wheat in the argentine pampas by an artificial neural network approach // *European Journal of Agronomy*. – 2009. – № 30. – P. 70–77.

5 **Ayoubi, S., Sahrawat, K.L.** Comparing multivariate regression and artificial neural network to predict barley production from soil characteristics in northern Iran // *Archives on Agronomy and Soil Science*. – 2011. – №57. – С. 549–565.

6 **Tokarev, K. E., Rogachev, A. F., Pleschenko T. V., Rudenko A. Y., Kuzmin, V. A.** Economic and mathematical modelling of regional market of grain crops // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (Kurgan, 18–19 April 2019).

7 **Sadenova, M. A., Beisekenova, N. A., Rakhymberdina M., Varbanov P. S., Klemeš J. J.** Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yields. *Chemical engineering transactions*. – 2021. – V. 88. –P. 1225–1231.

8 **Звягин Л. С.** Применение системно-аналитических методов в области экспертного прогнозирования // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2017. – № 6. – С. 145–148.

9 **Meroni, M., Waldner, F., Seguni, L., Kerdiles, H., Rembold, F.** Yield forecasting with machine learning and small data: What gains for grains? *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2021. – V. 308–309.

10 **Khaki, S., Wang, L.** Crop Yield Prediction Using Deep Neural Networks // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. –V. 10.

## REFERENCES

1 **Sadenova, M. A., Beisekenova, N. A., Rakhymberdina M., Varbanov, P. S., Klemeš, J. J.** Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yield // *Chemical engineering transactions*. – 2021. – V. 88. – P. 1225–1228.

2 **Basso, B., Cammarano, D., Carfagna, E.** [Review of crop yield forecasting methods and early warning systems](#) // In Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics (Rome, 13 august 2013).

3 **Basso, B., Liu, I.** Seasonal crop yield forecast Methods, applications, and accuracies // *Advances in Agronomy*. – 2019. – V. 154. – P. 201–255.

4 **Alvarez, R.** Predicting average regional yield and production of wheat in the argentine pampas by an artificial neural network approach // *European Journal of Agronomy*. – 2009. – № 30. –P. 70–77.

5 **Ayoubi, S., Sahrawat, K. L.** Comparing multivariate regression and artificial neural network to predict barley production from soil characteristics in

northern Iran // Archives on Agronomy and Soil Science. – 2011. – № 57. – P. 549–565.

6 Tokarev, K. E., Rogachev, A. F., Pleschenko T. V., Rudenko A. Y., Kuzmin, V. A. Economic and mathematical modelling of regional market of grain crops // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (Kurgan, 18–19 April 2019).

7 Sadenova, M. A., Beisekenova, N. A., Rakhymberdina M., Varbanov, P. S., Klemeš, J. J. Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yields. *Chemical engineering transactions*. – 2021. – V. 88. – P. 1225–1231.

8 Zvyagin L.S. Primenenie sistemno-analiticheskix metodov v oblasti e`kspertnogo prognozirovaniya [Application of system-analytical methods in the field of expert forecasting] *E`konomika i upravlenie: problemy`, resheniya*. – 2017. – № 6. – P. 145–148.

9 Meroni, M., Waldner, F., Seguini, L., Kerdiles, H., Rembold, F. Yield forecasting with machine learning and small data: What gains for grains? *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2021. – V. 308–309.

10 Khaki, S., Wang, L. Crop Yield Prediction Using Deep Neural Networks // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. –V. 10.

Басып шығаруға 18.09.23 қабылданды.

\*А. Б. Мименбаева<sup>1</sup>, А. Х. Нурбекова<sup>2</sup>, Г. К. Бекмаганбетова<sup>3</sup>,  
Н. Н. Никамбаева<sup>4</sup>, Г. Н. Турсынғалиева<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Казахский сельскохозяйственный исследовательский университет имени К. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

<sup>3</sup>Казахский университет технологий и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>4,5</sup>Карагандинский университет имени академика Е. А. Букетова, Республика Казахстан, г. Караганда.

Принято к изданию 18.09.23.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ В СИСТЕМЕ STATISTICA

*В статье рассмотрены модели и методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. В ходе исследования были изучены отечественные и зарубежные научные работы опубликованные за последние годы в базе данных Web of Science, Scopus Кроме того, рассмотрены методы прогнозирования основанные на статистическом анализе и нейронных сетей на примере*

*урожайности яровой пшеницы выращиваемой в ТОО «Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции» с 2012 по 2022 годы в системе Statistica. Экономико-математическая модель урожайности яровой пшеницы построена в виде степенной функции. С помощью метода корреляционного анализа была исследована взаимосвязь между температурой воздуха и урожайностью яровой пшеницы в течение вегетационного периода и продемонстрированы фактические и прогнозные значения на диаграмме рассеяния. С помощью искусственной нейронной сети перцептрона были созданы прогностические модели, из которых была выбрана наилучшая модель прогнозирования.*

*Также рассмотрены экономико-математические методы, статистический анализ и метод искусственных нейронных сетей.*

*Статья является продолжением научно-исследовательской работы авторов в данном направлении, проводимой в последние годы и может быть полезна для сотрудников научно-исследовательского отдела данной СХОС и для докторантов, а также для специалистов, проводящих исследования в данной области.*

*Ключевые слова. Урожайность зерна, математическая модель, искусственная нейронная сеть, методы прогнозирования, статистическое прогнозирование*

*\*A. B. Mimenbaeva<sup>1</sup>, A. Kh. Nurbekova<sup>2</sup>, G. K. Bekmaganbetova<sup>3</sup>,  
N. N. Nikambaeva<sup>4</sup>, G. N. Tursyngaliev<sup>5</sup>*

*<sup>1,2</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,  
Republic of Kazakhstan, Astana*

*<sup>3</sup>Kazakh University of Technology and Business,  
Republic of Kazakhstan, Astana*

*<sup>4,5</sup>Karaganda Buketov University, Republic of Kazakhstan, Karaganda*

*Accepted for publication on 18.09.23*

## **DEVELOPMENT OF MODELS FOR PREDICTION OF YIELD OF CROPS IN STATISTICA SYSTEM**

*The article discusses models and methods of forecasting crop yields. In the course of the study domestic and foreign scientific papers published in recent years in the database Web of Science, Scopus. In addition, the methods of forecasting based on statistical analysis and neural networks on the example of spring wheat growing in the «North Kazakhstan*

*Agricultural Research Station» LLP from 2012 to 2022 years were studied. The economic-mathematical model of spring wheat yield is built in the form of a power function. Using the method of correlation analysis, the relationship between air temperature and yield of spring wheat during the growing season was investigated and actual and predicted values were shown on the scatter diagram. Predictive models were created with the help of perceptron artificial neural network, from which the best predictive model was selected.*

*Economic and mathematical methods, statistical analysis and artificial neural network method were also considered. The article is a continuation of the authors' research work in this direction carried out in recent years and may be useful for the staff of the research department of this ARS and for doctoral students, as well as for specialists conducting research in this area.*

*Keywords. Grain yield, mathematical model, artificial neural network, forecasting methods, statistical forecasting*



Теруге 18.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4140

Сдано в набор 18.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4140

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)