

ОӘЖ 619:616.98:578

## ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУМАҒЫНДА ЖАНУАРЛАР ҚҰТЫРЫҒЫ ТУЫНДАУ ҚАУІПТІЛІГІНІҢ ДӘРЕЖЕСІ БОЙЫНША АЙМАҚТАНДЫРУ

С.Қ. Әбдірахманов., в.ғ.д., профессор

Г.Н. Есембекова, PhD,

Е.Е. Муханбеткалиев, в.ғ.к.

«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» КеАҚ

Нұр-Сұлтан қ., Жеңіс даңғылы, 62,

010011, Қазақстан, s\_abdrakhmanov@mail.ru

### Аңдатпа

Құтырық сияқты табиғи-ошақтық аурулар, адамның қатысуынсыз ландшафтық-климаттық факторлардың белгілі бір үйлесімі бар аумақтарда тұрақтану қабілетімен сипатталады. Қазақстан Республикасының аумағында құтырық жыл сайын спорадикалық тұтанулар түрінде, шектеулі аумақтарда тіркеліп, аумақтағы індеттік жағдай ветеринариялық қызметтің қатаң қадағалауында болып, үй, ауыл шаруашылығы және жабайы жануарлар популяцияларына қатысты кешенді дауалау шаралары атқарылып отырылады.

Бұл жұмыста экологиялық тауашаны моделдеу әдісін қолдана отырып, аумақтың, аурудың туындауына ұшырағыштығына қатысты, аймақтарға бөлу мүмкіндігі ұсынылған. Табиғи-климаттық жағдайларды сипаттайтын факторлар ретінде: 1) BIOCLIM айнымалы жиынтығы; 2) теңіз деңгейінен биіктігі; 3) жер жамылғысының типі; 4) Жасыл биомассаның максималды мөлшері пайдаланылды.

Моделдеу нәтижелері, құтырыққа қатысты ҚР солтүстік және оңтүстік-шығыс шекараларының бойында жоғары қауіптілікті көрсетіп отыр, бұл, аурудың осы аймақтарда тек тарихи тіркелуін ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаның ықтимал қолайлы жағдайларын да ескереді. Еліміздегі ветеринариялық қызметтің талаптарына сәйкес, торлы қауіптілік карталары, әкімшілік аудандардағы қауіптілік мәндерін орташалау және төрт санат бойынша саралау арқылы, категориялық карталарға айналдырылды: төмен, орташа, жоғары және өте жоғары. Алынған карталар, аймақтық індетке қарсы іс-шараларды әзірлеу үшін негіз ретінде ветеринариялық қызметке ұсыныстар ретінде пайдаланылуы мүмкін.

**Кілттік сөздер:** құтырық, аймақтандыру, Қазақстан, жарамдылығын модельдеу, Maxent, қауіптілікті анықтау, максималды энтропия.

### Кіріспе

Зооноздық инфекцияларды алдын алу және жою, ветеринариялық ғылым мен тәжірибенің басымдығы және жауапты міндеттері болып қала береді. Бүгінгі таңда құтырық, әлемнің көптеген елдері мен өңірлерінің, оның ішінде Қазақстан Республикасының (ҚР) індеттік және эпидемиялық мәртебесін қалыптастыратын, аса маңызды зооноздар қатарына жатады. ҚР эпидемиялық қауіптілік деңгейі және аумақтағы ошақтардың белсенділік дәрежесі бойынша, бұл індеттің эпидемиологиялық және індеттік жағдайы бір қалыпты емес [1].

Құтырық – барлық жылы қанды жануарлар мен адамдар үшін аса қауіпті, жіті өтетін, вирустық зооноздардың бірі. Бұл індет жіті

ағымымен, полиэнцефаломиелит белгілерімен, ал уақтылы емделмеген кезде абсолютті өлім-жітіммен сипатталады. Осының салдарынан жыл сайын әлемде 55 мыңнан астам адам және 1 миллионнан астам жануар өледі. Бүгінгі таңда құтырық әлемнің 113 елінде тіркелген [2, 3]. Әлемде құтырықтан туындайтын тікелей шығын жылына шамамен 4 млрд. еуроны құрайды [4].

Соңғы жылдары ҚР көптеген аймақтарында құтырық бойынша індеттік жағдай өте күрделі және шиеленісіп тұр – әртүрлі жануарлар арасында ауру оқиғаларының саны артып, адамдардың індетке шалдығып өліммен аяқталынуы тіркелуде. Жануарлар

құтырығының (түлкілер, жанат тәрізді иттер, қасқырлар, мысықтар және ірі қара мал арасында) жыл сайын орташа есеппен 7%-ға өсу үрдісі байқалады. Жыл сайын ҚР құтырықтан 700-ге дейін ауыл шаруашылығы жануарлары, оның ішінде 50%-дан астамы – ірі қара мал, 25%-ға дейін – қой мен ешкі өледі [5].

Жүргізіліп жатқан іс-шараларға қарамастан, республикада құтырық инфекциясының таралуын шектеу және оны толығымен жою әзірге мүмкін емес. Бұл факт көптеген факторлармен, атап айтқанда, инфекцияның табиғи ошақтарының болуымен байланысты [6]. ҚР Ветеринариялық заңдылығы мен қабылданған Ветеринариялық (ветеринариялық-санитариялық) қағидаларға сәйкес, құтырық кезінде індеттік жағдайды бақылауға қатысты, келесі негізгі іс-шаралар жүргізіледі: 1) індет ошақтарында және инфекция таралуы мүмкін аймақтарда жабайы жануарларды ауыз арқылы (оралды) вакциналау; 2) сезімтал келетін өнімді және етқоректі үй жануарларын ылажсыз және дауалау мақсатта вакциналау. Соңғыларына вакциналау жұмыстарын, адамдар арасында құтырықтың таралуын бақылаудың қажетті шарасы ретінде жүргізеді. Бұдан басқа, үй және бұралқы етқоректілердің санын қатаң

есепке алып, бақылауда ұстау және халық арасында ақпараттық-түсіндіру жұмыстарын жүргізу шаралары атқарылады.

Ғылыми зерттеулер мен қолданбалы әзірлемелер, зерттелетін инфекцияға қатысты, елдің биологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды және қажетті құралдарын ұсынып отыр. Бұл құралдар, аурудың қайталану қаупін визуалдауға, аудандастыруға, математикалық модельдеуге және болжауға мүмкіндік береді. Осыған орай, географияға негізделген әдістердің ішінде ең ақпараттысы болып аудандастыру табылады, ол дегеніміз, мемлекетті, індеттік жағдайдың қарқындылығына және аурудың қайта пайда болу қаупіне сәйкес категориялау немесе аймақтандыру. Аймақтандырудың үлкен тәжірибелік маңызы бар, себебі аймақтық ветеринариялық қызметтердің басты назарын, зооноздық ластанудың максималды деңгейі бар және қолайлы ландшафтық-климаттық факторлар мен аурудың тарихи тіркелген ошақтарының болуымен негізделген, қайта өршулер үшін үлкен потенциалы бар аумақтарға (облыстарда, аудандарда, елді мекендерде) шоғырландыруға мүмкіндік береді [7].

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

#### *Індет туралы деректер*

2007-2018 жж. аралығында ҚР аумағында құтырықтың тіркелуі туралы негізгі деректер, әкімшілік аумақтардың (облыс, аудандар) ветеринариялық қызметінен алынса, қалған мәліметтер, зерттеу аумақтарына экспедициялық іссапарлар кезеңінде жинады. Деректер базасында жануарлар арасында, олардың ішінде: мысықтар, иттер, сиырлар, түлкілер, түйелер, қойлар, жылқылар және қасқырлар құтырығының 718 оқиғасы тіркелген:

Қазақстан Республикасының аумағындағы жануарлар құтырығының індеттік үдерісінің әрі қарай дамуын моделдеу мақсатында, жануарлардың барлық түрлері үш санатқа бөлінеді: үй, жабайы және ауыл шаруашылық жануарлары. Үй жануарлары санатына мысықтар мен иттер; жабайы жануарлар санатына – қасқырлар мен түлкілер; ауылшаруашылық жануарлар санатына – сиырлар, қойлар жылқылар, мен түйелер жатқызылды.

Құтырықтың әрбір тіркелуі бойынша моделдеу үшін маңызды болып саналатын келесі деректер қарастырылды: географиялық координаттары (ендік, бойлық); тұтанудың пайда болған күні; жұқтырған жануарлардың саны мен түрі; елді мекеннің, ауданның және облыстың атауы.

#### Климаттық және ландшафтық деректер

Моделдеуге қажетті геокеңістіктік айнымалылар ретінде келесілер алынды: 1) Жер бетіндегі температура мен жауын-шашын деңгейін көрсететін спутниктік суреттердің туындысы болып табылатын BIO1 – BIO19 (бұдан әрі – bioclim) биоклиматтық айнымалы жиынтығы. Деректер bioclim.org сайтында қол жетімді [8]; 2) Теңіз деңгейінен биіктігі туралы деректер ALT [9]; 3) Өсімдік жамылғысының болуы мен қарқындылығын көрсететін MGVF максималды жасыл вегетативті фракция туралы мәліметтер [10]; 4) LANDCOVER жер жамылғысының типі туралы деректер, жер беткейінің пайдалану санатын бейнелейді [11].

Барлық геокеңістіктік айнымалылар растрлық форматта ұсынылып, жалпы ажыратымдылығы 1x1 шақырымға теңетілген, ҚР шекарасының контуры бойынша кесілген және MaxEnt әдісі бойынша модельдеу кезінде талап етілетін ASCII бірыңғай форматына келтірілген.

Қауіптілікті анықтау әдістемесі

Ландшафты-климаттық жағдайлардың белгілі бір комбинациясы бар аумақтарда, жануарларда құтырықтың пайда болуының басым тенденциясын анықтау үшін, максималды энтропия (MaxEnt) әдісі бойынша модельдеу қолданылды [12]. Бұл әдіс, тек «қатысу деректерін», яғни зерттелетін құбылыс нақты тіркелген жерлерді (біздің жағдайда – аурудың тұтануы) талап ететін, пуассондық кеңістіктік регрессиялық әдістер класына жатады.

Модельдеу барысында 10 репликацияда жүргізілді, әр репликацияда модель ең оңтайлы үлестірімді таңдау үшін 500 итерацияға дейін жұмыс істеді. Әрбір итерацияда барлық тұтанулардың 75%-ы моделдің «жаттығуы» үшін кездейсоқ таңдалса (яғни, қажетті үлестірімді анықтау үшін), ал қалған 25%-ы валидация және алынған үлестірімді тестілеу үшін қажет болды.

Құтырықты модельдеу кезінде елді мекендерге жақын жерлерде біркелкі емес балаудан туындаған деректердің мүмкін болатын ығысуын толықтыру үшін ҚР магистралдық жолдарының тығыздық гриды пайдаланылды. Себебі, ауру жағдайлары көбінесе елді мекен-

### Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Қазақстан Республикасы аумағында құтырықтың індеттік жағдайына қатысты жиналған деректерге талдау жүргізіп, экологиялық тауашаны модельдеу әдісін қолдана барысында, «ауыл шаруашылығы жануарлар», «үй жануарлары» және «жабайы жануарлар» санаттарының әрқайсысы үшін көрсетілген аумақтың орташа «жарамдылығы» үлестірілімі алынды, ол деректер карталар түрінде төменде келтірілген (1-3 суреттер).

Қарастырылып отырған геокеңістіктік айнымалыларды ескере отырып, ҚР аумағында

дер мен жолдарға жақын жерде тіркелген деген болжам бар. Жол тығыздығының гридін құрастыру үшін ESRI деректер жиынтығы мен автокөлік жолдарының деректерін қолдандық (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/карталау> / Esri компаниясы-мәліметтер-карталар/).

Тығыздық гриды, Spatial Analyst, ArcGIS бағдарламалық құралдарынан Kernel Density процедурасын қолдану арқылы жасалды.

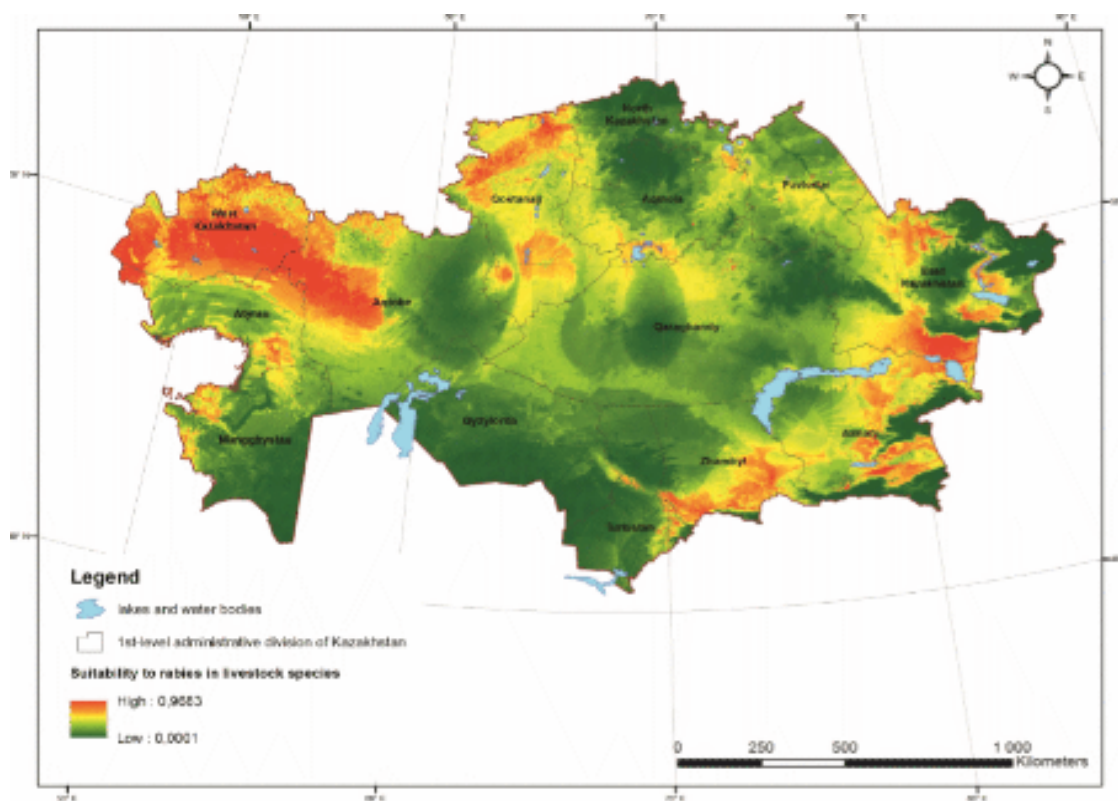
MaxEnt моделінің болжамды қабілеті, әдетте, ROC қисығының астындағы аудан бойынша бағаланады (AUC мәні), бұл кездейсоқ таңдалған қатысу нүктесін, модель «жарамсыз» немес «қолайлы» деп бағалайды. Әдетте AUC = 0,5 мәні модельдің болжамдық қабілетінің жоқтығын көрсетеді; AUC > 0,7 жақсы көрсеткіш болып саналады, ал AUC > 0,8-керемет көрсеткіш [13].

Бағдарламалық жасақтама

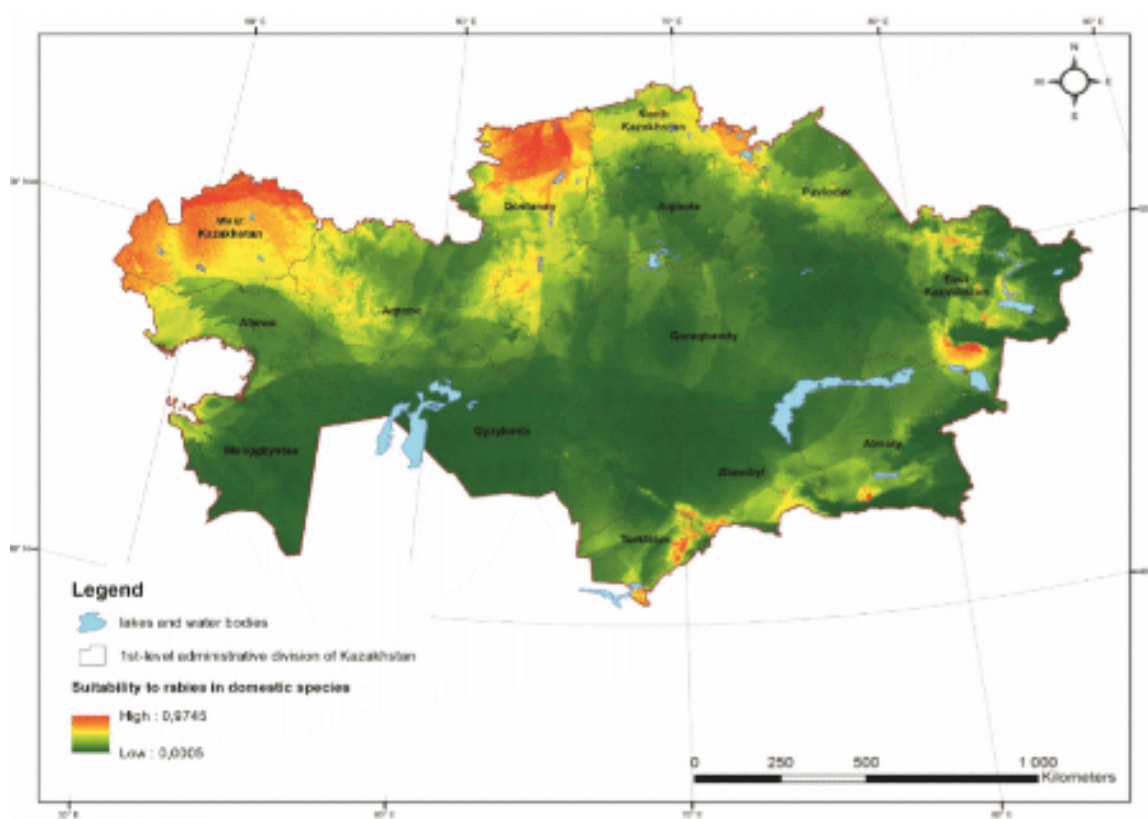
Деректерді геоөңдеу және визуализациялау, SDM Toolbox [14] деректерін өңдеуге байланысты экологиялық тауашаларды модельдеуге арналған арнайы қондырмасы бар ArcGIS 10.6 нұсқасының (ESRI, АҚШ) геоақпараттық жүйесін қолдану арқылы жүргізілді. Максималды энтропия бойынша модельдеу, Maxent бағдарламалық жасақтамасын қолдану арқылы іске асырылды [15]. Деректерді қосымша статистикалық өңдеу және файлдарды түрлендіру Microsoft Office Excel (Microsoft, АҚШ) көмегімен жасалды.

құтырықтың пайда болу ықтималдығын үздіксіз таратуды білдіретін қауіптілік карталарын алғаннан кейін, ҚР ветеринарлық қызметінің тәжірибесіне сәйкес әкімшілік аудандар деңгейінде аймақтарға бөлу мақсатында карта деректерін жинақтау жүргізілді.

Ол үшін, әр аудан ішіндегі орташа мәнді анықтау арқылы, аудандар бойынша қауіптілік мәндері біріктірілді (1 кесте). Осыдан кейін көрсеткіштерге сәйкес алынған мәндерге саралау жүргізіліп, аймақтандыру нәтижесі індеттің қауіп-қатер картасы түрінде әзірленді.



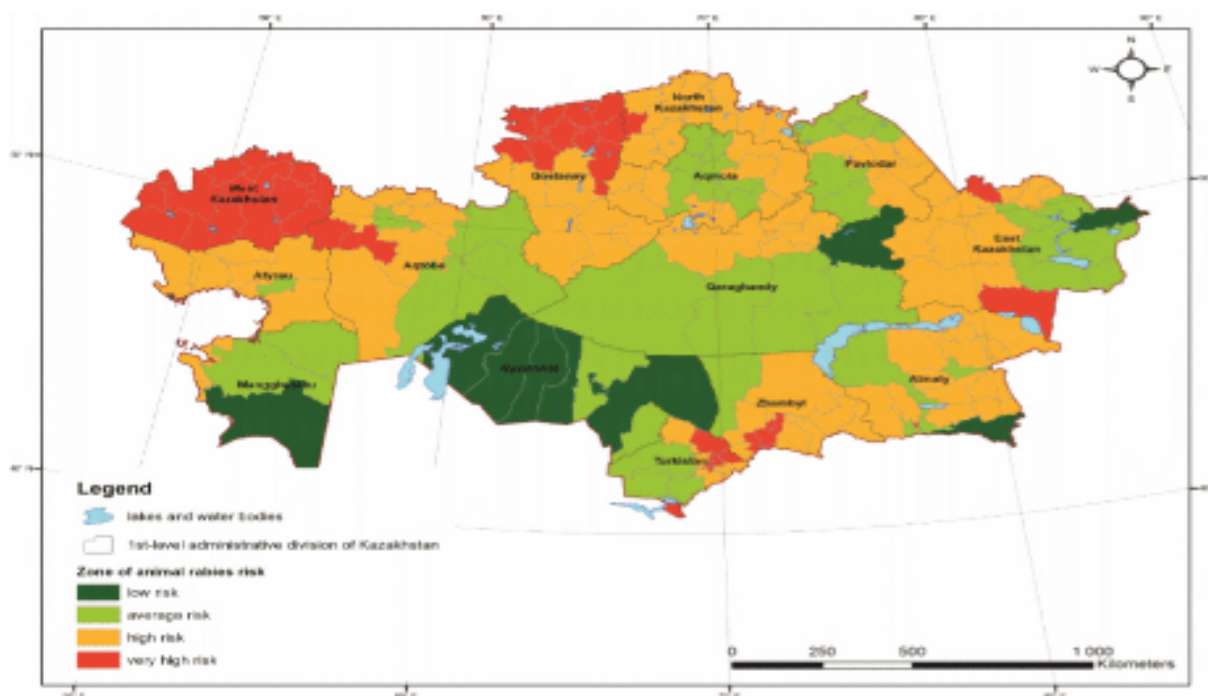
1-сурет. Ауыл шаруашылық жануарлардың арасында індеттің пайда болу ықтималдығының таратылымы



2-сурет. Үй жануарлардың арасында індеттің пайда болу ықтималдығының таратылымы







4-сурет. Құтырықтың қауіптілік деңгейі бойынша ҚР аумағын аймақтандырудың интегралды картасы

Бұл жұмыста біз аймақтандыруды қазіргі заманғы математикалық және картографиялық әдістер негізінде жүргіздік, және бұл әдімтемелер, белгілі бір аумақта індет тұтануының болуы немесе болмауына ғана емес, сонымен қатар экологиялық және географиялық ерекшеліктердің жиынтығына негізделі отыра, келешекте сол аймақта індеттің туындау мүмкіндігін қарастырады.

Максималды энтропия әдісі көбінесе белгілі бір биологиялық түрлердің тіршілік ету ортасын моделдеу үшін қолданылады. Әдетте ол: 1) олардың қатысуы анықталған нақты белгілі жерлер және 2) осы аумақтағы экологиялық айналыстардың «түсіндіретін» жиынтығы негізінде іске асырылады [16].

Алайда, кейбір зерттеулерде максималды энтропия әдісі бұрын тіркелген жағдайларға сүйене отырып, аурудың кейбір жағдайлары туындауы мүмкін қауіп аймағын моделдеу үшін де қолданылды [17].

Біздің жұмысымызға қатысты бұл әдіс, жануарлар арасында аса қауіпті жұқпалы аурудың пайда болу қаупі бар аумақтарды анықтау үшін де қолданылды. Ауру оқиғалары тіркелген орындар, анықталған «қатысу орны» ретінде пайдаланылды.

Аймақтандырудың бұндай әдісі аурудың аумақтық ұштасуына негізделген және оның табиғи ошақтарының стационарлығын

білдіреді, ол індеттің табиғатымен, сондай-ақ зерттеушілердің көптеген еңбектерімен расталады [18, 19]. Осыған ұқсас зерттеулерді бірқатар авторлар, осы типтегі әдістерді қолдана отырып жүргізгені мәлім. Біз қолданған максималды энтропия әдісі пуассондық регрессиялық модельдің баламасы болып табылады және сонымен бірге нәтижелерді ұсынудың және олардың статистикалық маңыздылығын бағалаудың ыңғайлы және көрнекі формасы ретінде қарастырылады [20].

Бұл зерттеулердің, басқа авторлардың зерттеулерінен айырмашылығы, біз жұмысымызда екінші деңгейдегі әкімшілік бірліктер бойынша қауіптілікті орташалау арқылы ықтималдылықты бөлудің үздіксіз көрінісін біріктіруді қолдандық. Мұндай жалпылау, мемлекеттің ветеринариялық қызметінің дәстүрлі тәжірибесіне жақсы сәйкес келеді және оларды тәжірибелік қолдану тұрғысынан нақты нәтижелерге қол жеткізеді. Яғни, қауіптілік деңгейлерін әкімшілік аудандар бойынша бөлу, мемлекеттің ветеринариялық қызметіне, әрбір аумақтық бірлік шеңберінде өзінің әкімшілік ресурстарын тиімді пайдалануға және қалыптасқан індеттік жағдайға байланысты тиісті шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Бірақта, қауіпкердің көрінісін осындай түрде жалпылау, жергілікті қауіптіліктің таратылымы мен

мәні жоғарылаған нақты орындар туралы егжей-тегжейлі ақпараттың жоғалуына әкеліп соқтыруы мүмкін. Алайда ондай ақпараттар әр уақытта мамандарға қол жетімді болып қала береді және оны оңай көрсетуге болады.

Максималды энтропия әдісін қолданудың негізгі және маңызды сатысы болып зерттелетін аурудың өршу ықтималдығына әсер ететін геокеңістіктік айнымалыларды таңдау болып табылады. Әдетте, қарастырылатын факторлар аурудың эпидемиологиясына байланысты бірнеше негізгі топтарға бөлінеді. Біз факторлардың үш негізгі тобын бөлдік: 1) географиялық факторлар; 2) әлеуметтік-экономикалық факторлар; 3) климаттық факторлар.

Құтырықтың айқын табиғи-ошақтық ауруларға жататынын білетұра [1,4,4], аурудың пайда болу орындарының, климаттық және географиялық факторлардың жиынтығына өте тәуелді екенін болжауға болады. Сонымен қатар, жұқтырған жануарларда инфекциялық

процестің өте тез жүруіне байланысты бұл індет, әдетте тұтанған орнында оқшауланған күйеде қала беріп, ұзақ қашықтыққа таралмайды.

Бұл әдістің ықтимал кемшіліктері ретінде, деректердің орташалануы нәтижесінде пайда болатын айтарлықтай вариацияларға байланысты жекелеген аудандардағы қауіптілік деңгейін дұрыс бағаламау ықтималдығын көрсетуге болады. Яғни шекаралық көрсеткіштері бар жекелеген аумақтар, инфекцияның пайда болу қаупінің неғұрлым төмен санатына жатқызылуы мүмкін. Және ондай аймақта, қауіптіліктің неғұрлым жоғары санаты бар аумақтарға қарағанда өзге іс-шаралар қабылданатыны айқын. Сондықтан, аумақты неғұрлым егжей-тегжейлі індеттанулық талдау үшін әрбір әкімшілік бірліктің (ауданның) ішінде қауіптілік мәндерінің шашыраңқылығына бағалау жүргізу өте маңызды.

### Қорытынды

Ұсынылған зерттеуде, экологиялық тауашаны моделдеу әдісін қолдану негізінде, дер кезінде, әкімшілік бөлімшелердегі қауіптілік мәндерін орташалай отыра, Қазақстан Республикасының аумағын құтырықтың пайда болу қаупі бойынша аймақтандыру мүмкіндігі қарастырылған. Бұндай әдістеме бүкіл зерттел-

ген аумақта аурудың тарихи жағдайларының болуын немесе болмауын ескеруге ғана емес, сонымен қатар қоршаған орта факторларының белгілі бір жиынтығына байланысты, аурудың қоздырушысы үнемі айналымда бола алатын ықтимал қолайлы аудандарды болжамдап, анықтауға мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Сансызбаев Е.Б. Современные особенности природного типа бешенства // Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы, 2003. – №10. – С.201-203.
2. Hampson, K., Abela-Ridder, B., Bharti, O., 2018. Modelling to inform prophylaxis regimens to prevent human rabies. *Vaccine*. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.11.10>
3. R.Mindekem, Monique S. Lechenne, Kemdongarti S. Naissengar, A. Oussiguéré, B. Kebkiba, Daugla D. Moto, Idriss O. Alfaroukh, Laurent T. Ouedraogo, S. Salifou and J. Zinsstag. Cost Description and Comparative Cost Efficiency of Post-Exposure Prophylaxis and Canine Mass Vaccination against Rabies in N'Djamena, Chad // *Front. Vet. Sci.*, 03 April 2017 | <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00038>.
4. Nouvellet P., Donnelly C.A., De Nardi M., Rhodes C.J., De Benedictis P., Citterio C., Obber F., Lorenzetto M., Pozza M.D., Cauchemez S., Cattoli G. Rabies and canine distemper virus epidemics in the red fox population of northern Italy (2006-2010) // *PLoS One*. – 2013 Apr 22;8(4):e61588.
5. Norström M. Geographical Information System (GIS) as a Tool in Surveillance and Monitoring of Animal Diseases // *Acta vet. scand.*, 2001. – №95. – P.79-85.
6. WorldClim – Global Climate Data. [Электрон. ресурс]. URL: <http://worldclim.org/> (22.07.2020).
7. The USGS Land Cover Institute. [Электрон. ресурс]. URL: <http://landcover.usgs.gov/> (22.07.2020)
8. Broxton P.D., Zeng X., Sulla-Menashe D. and Troch P.A. A global land cover climatology using MODIS data // *J. Appl. Meteorol. Climatol.* – 2014. DOI:10.1175/JAMC-D-13-0270.1.

9. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. – 2006. – Vol. 190. – P. 231-259.
10. Brown J.L. SDM toolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2014. DOI: 10.1111/2041-210X.12200.
11. Maxent software for modelling species niches and distributions. [Электрон. ресурс]. URL: [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)

## References

1. Sansyzbaev E B Sovremennye osobennosti prirodnogo tipa beshen-stva Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Almaty, 2003. - 10 S.201-203.
2. Hampson, K., Abela-Ridder, B., Bharti, O., 2018. Modelling to inform prophylaxis regimens to prevent human rabies. *Vaccine*. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.11.10>
3. R.Mindekem, Monique S. Lechenne, Kemdongarti S. Naissengar, A. Oussiguéré, B. Kebkiba, Daugla D. Moto, Idriss O. Alfaroukh, Laurent T. Ouedraogo, S. Salifou and J. Zinsstag. Cost Description and Comparative Cost Efficiency of Post-Exposure Prophylaxis and Canine Mass Vaccination against Rabies in N'Djamena, Chad // *Front. Vet. Sci.*, 03 April 2017 | <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00038>.
4. Nouvellet P., Donnelly C.A., De Nardi M., Rhodes C.J., De Benedictis P., Citterio C., Obber F., Lorenzetto M., Pozza M.D., Cauchemez S., Cattoli G. Rabies and canine distemper virus epidemics in the red fox population of northern Italy (2006-2010) // *PLoS One*. – 2013 Apr 22;8(4):e61588.
5. Norström M. Geographical Information System (GIS) as a Tool in Surveillance and Monitoring of Animal Diseases // *Acta vet. scand.*, 2001. – №95. – P.79-85.
6. WorldClim – Global Climate Data. [Elektron. resurs] URL: <http://worldclim.org/> (22.07.2020).
7. The USGS Land Cover Institute. [Elektron. resurs] URL: <http://landcover.usgs.gov/> (22.07.2020)
8. Broxton P.D., Zeng X., Sulla-Menashe D. and Troch P.A. A global land cover climatology using MODIS data // *J. Appl. Meteorol. Climatol.* – 2014. DOI:10.1175/JAMC-D-13-0270.1.
9. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. – 2006. – Vol. 190. – P. 231-259.
10. Brown J.L. SDM toolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2014. DOI: 10.1111/2041-210X.12200.
11. Maxent software for modelling species niches and distributions. [Elektron resurs] URL: [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)



## ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПО СТЕПЕНИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЕШЕНСТВА ЖИВОТНЫХ

*Абдрахманов С.К., д.в.н., профессор,*

*Есембекова Г.Н., PhD,*

*Муханбеткалиев Е.Е., к.в.н.*

*Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина*

*г. Нур-Султан, проспект Жеңіс, 62, 010011, Казахстан,*

*s\_abdrakhmanov@mail.ru*

### **Резюме**

В данной научной статье представлена методология зонирования территории Республики Казахстан в отношении подверженности возникновению бешенства животных на основе метода моделирования географического распространения болезни с использованием принципа максимальной энтропии – Maxent. Работа проведена с использованием ретроспективных данных о вспышках бешенства в Республике за период 2007 – 2018 гг.

Модель показала достаточно высокую предсказательную способность, величина AUC, в зависимости от категории животных (сельскохозяйственные, домашние, дикие) составляла от  $0,782 \pm 0,031$  до  $0,859 \pm 0,042$ . То есть полученные распределения вероятностей с достаточно высокой степенью достоверности позволяют описывать распределение имеющихся случаев бешенства на территории РК в зависимости от совокупности природно-климатических и географических факторов.

В соответствии с практикой ветеринарной службы Республики, значения риска были усреднены с использованием административного деления страны на муниципальном уровне. Значения риска в пределах муниципальных районов были ранжированы в соответствии с уровнями: низкий, средний, высокий и очень высокий риск.

Результаты моделирования эпизоотического проявления бешенства подтверждают выявленные ранее закономерности о привязке вспышек к определенной комбинации природно-климатических условий. Полученные карты положены в основу рекомендаций ветеринарной службе РК при разработке противоэпизоотических мероприятий, направленных на профилактику бешенства животных.

**Ключевые слова:** бешенство, зонирование, Казахстан, моделирование пригодности, Maxent, оценка риска, максимальная энтропия.

## ZONING OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN BY THE DEGREE OF RISK OF RABIES IN ANIMALS

*Abdrakhmanov S.K., Doctor of Veterinary Science,*

*Yessembekova G.N., PhD,*

*Муханбеткалиев Е.Е., к.в.н.*

*S. Seifullin Kazakh Agronomical University, Zhenis avenue, 62, Nur-Sultan, 010011, Kazakhstan,*

*s\_abdrakhmanov@mail.ru*

### **Summary**

This scientific article presents a methodology for zoning the territory of the Republic of Kazakhstan in relation to the susceptibility to the occurrence of animal rabies based on the method of modeling the geographical spread of the disease using the principle of maximum entropy – Maxent. The work was carried out using retrospective data on rabies outbreaks in the Republic for the period 2007-2018.

The model showed a fairly high predictive ability, the AUC value, depending on the category

of animals (agricultural, domestic, wild) was from  $0.782 \pm 0.031$  to  $0.859 \pm 0.042$ . In other words, the obtained probability distributions with a sufficiently high degree of confidence allow us to describe the distribution of existing cases of rabies in the territory of the Republic of Kazakhstan, depending on the combination of natural, climatic and geographical factors.

In accordance with the practice of the Veterinary service of the Republic, the risk values were averaged using the administrative division of the country at the municipal level. Risk values within municipal districts were ranked according to the levels: low, medium, high, and very high risk.

The results of modeling the epizootic manifestation of rabies confirm the previously identified patterns of linking outbreaks to a certain combination of natural and climatic conditions. The obtained maps are the basis for recommendations of the veterinary service of the Republic of Kazakhstan in the development of anti-epizootic measures aimed at preventing animal rabies.

**Key words:** Rabies, zoning, Kazakhstan, suitability modelling, Maxent, risk assessment, maximum entropy.

**Благодарность:**

*Статья была выполнена в рамках грантового финансирования молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2020-2022 годы (бюджетная программа: 217 «Развитие науки», подпрограмма 102 «Грантовое финансирование научных исследований»)*