

АҢДАТПА

Аубакирова Гаия Фаритовнаның

«Солтүстік Қазақстан облысында дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың
нейрондық желілік жүйесін әзірлеу» тақырыбындағы

8D06101 – «Информатика, есептеу техникасы және басқару» мамандығы
бойынша

философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертациялық
жұмысына

Дәнді дақылдардың өнімділігін болжау агроөнеркәсіптік кешенді цифрландырудың өзекті міндеттерінің бірі болып табылады, өйткені болжамның дәлдігі өндірісті жоспарлауға, ресурстарды ұтымды пайдалануға, агротехнологиялық шешімдерді уақытылы қабылдауға және өңірлік азық-түлік жүйесінің тұрақтылығына тікелей әсер етеді. Бұл міндет Солтүстік Қазақстан облысы үшін ерекше маңызға ие, себебі аталған өңір Қазақстан Республикасының негізгі астық өндіруші аймақтарының қатарына жатады. Мұнда жаздық бидайдың өнімділігі ауа райы жағдайларына, топырақтағы өнімді ылғал қорына, топырақтың агрохимиялық күйіне және егістіктің фитосанитарлық жағдайына едәуір тәуелді.

Дәнді дақылдардың өнімділігі өзара байланысты көптеген факторлардың әсерінен қалыптасады. Ауа температурасы, жауын-шашын мөлшері, топырақтың ылғалмен қамтамасыз етілуі, қоректік элементтердің мөлшері, аурулардың, зиянкестердің және арамшөптердің таралуы өнімділікке жеке-жеке емес, өзара байланыста әсер етеді. Сондықтан дәстүрлі статистикалық әдістер кіріс параметрлері мен өнімділік арасындағы күрделі сызықтық емес тәуелділіктерді әрдайым жеткілікті дәлдікпен сипаттай алмайды. Бұл көпөлшемді деректердегі жасырын заңдылықтарды анықтай алатын машиналық оқыту әдістерін, соның ішінде жасанды нейрондық желілерді қолдану қажеттілігін туындатады.

Отандық және шетелдік зерттеулерді жүйелеу дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың нейрондық желілік жүйесін әзірлеудің өзектілігі мынадай қайшылықтармен анықталатынын көрсетеді:

1. дәнді дақылдар өнімділігінің кеңістіктік-уақыттық өзгергіштігі жоғары болуы мен сызықтық емес агроклиматтық тәуелділіктерді сипаттауда дәстүрлі сызықтық модельдердің мүмкіндіктерінің шектеулілігі арасындағы қайшылық;
2. өңірлік статистикалық және метеорологиялық деректердің болуы мен нақты егістік учаскесінің шынайы жағдайы туралы ақпараттың жеткіліксіз нақтылануы арасындағы қайшылық;
3. цифрлық технологиялар, сенсорлық мониторинг және жасанды интеллект дамуы мен далалық деректердің өнімділікті болжаудың нейрондық желілік модельдеріне жеткіліксіз интеграциялануы арасындағы қайшылық;

4. ауыл шаруашылығы өндірушілерінің жедел және ғылыми негізделген өнімділік болжамына қажеттілігі мен Солтүстік Қазақстан облысының жағдайларына бейімделген, деректерді жинау, өңдеу және интеллектуалды талдауды біріктіретін нейрондық желілік жүйенің болмауы арасындағы қайшылық.

Осылайша, диссертациялық зерттеудің өзектілігі дәнді дақылдардың өнімділігін болжау дәлдігін арттыруға деген практикалық қажеттілікпен және агроклиматтық, агрохимиялық, топырақтық, фитосанитарлық және жергілікті далалық деректерді кешенді есепке алуды қамтамасыз ететін нейрондық желілік жүйені әзірлеу жөніндегі ғылыми міндетпен анықталады.

Диссертациялық зерттеудің объектісі – Солтүстік Қазақстан облысында дәнді дақылдардың өнімділігін болжау процесі.

Зерттеу пәні – агроклиматтық, топырақтық-агрохимиялық, фитосанитарлық және жергілікті далалық факторларды ескере отырып, дәнді дақылдардың өнімділігін болжауға арналған деректерді жинау, өңдеу және нейрондық желілік талдау әдістері, алгоритмдері және бағдарламалық-аппараттық құралдары.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты – өнім қалыптастыру факторларын кешенді есепке алуды және жергілікті далалық деректерді болжау процесіне интеграциялау мүмкіндігін қамтамасыз ететін, Солтүстік Қазақстан облысында дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың нейрондық желілік жүйесін әзірлеу. Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін диссертациялық жұмыста келесі міндеттер шешілді:

1. Дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың теориялық негіздеріне талдау жүргізу және Солтүстік Қазақстан облысы жағдайында жаздық бидай өнімінің қалыптасуына елеулі әсер ететін факторларды анықтау.
2. Солтүстік Қазақстан облысының аудандары бойынша бидай өнімділігін нейрондық желілік модельдеуге арналған бастапқы деректер жиынын қалыптастыру және агрометеорологиялық, топырақтық-агрохимиялық және фитосанитарлық параметрлерді қамтитын кіріс белгілер жүйесін негіздеу.
3. Деректерге барлау талдауын жүргізу, алдын ала өңдеу, нормалау және өнімділікті болжаудың нейрондық желілік моделін құру үшін оқыту таңдамасын дайындау.
4. Бидай өнімділігін болжаудың нейрондық желілік моделін әзірлеу және оқыту, оның сапасын бағалау және базалық статистикалық тәсілдермен салыстыру.
5. Нақты егістік учаскесінде топырақтық-микроклиматтық параметрлерді тіркеуді қамтамасыз ететін жергілікті далалық деректерді жинау және беру құрылғысын әзірлеу.

6. Деректерді жинау және беру құрылғысынан алынатын деректерді нейрондық желілік модельде кейін пайдалану үшін түрлендіру, құрылымдау және агрегаттау алгоритмін әзірлеу.
7. Жергілікті далалық деректерді өнімділікті болжаудың нейрондық желілік жүйесіне интеграциялау және өңірлік болжамнан нақты шаруашылық деңгейіндегі болжамға көшу тәсілін негіздеу.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Солтүстік Қазақстан облысының жағдайларына бейімделген, агрометеорологиялық, топырақтық-агрохимиялық және фитосанитарлық факторларды кешенді есепке алуға негізделген дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың нейрондық желілік жүйесі.
2. Температуралық режимді, жауын-шашын мөлшерін, өнімді ылғал қорын, азот пен фосфор мөлшерін, сондай-ақ егістіктің фитосанитарлық жағдайын сипаттайтын кіріс белгілер жүйесін пайдаланатын жаздық бидай өнімділігін болжаудың жасанды нейрондық желі моделі.
3. Егістік учаскесінде тікелей топырақтық және микроклиматтық параметрлерді тіркеуге арналған жергілікті далалық деректерді жинау, өңдеу және беру құрылғысы.
4. Сенсорлардың бастапқы сигналдарынан өнімділікті болжаудың нейрондық желілік моделінде қолдануға жарамды агрегатталған белгілерге көшуін қамтамасыз ететін далалық деректерді түрлендіру және құрылымдау алгоритмі.
5. Нақты далалық жағдайларды ескере отырып, өңірлік болжамды нақтылауға мүмкіндік беретін, нақты шаруашылықтың жергілікті деректерін өнімділікті болжаудың нейрондық желілік жүйесіне интеграциялау тәсілі.

Диссертациялық зерттеудің ғылыми жаңалығы интеллектуалды деректерді талдау, нейрондық желілік модельдеу және жергілікті далалық мониторинг әдістерін біріктіретін дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың нейрондық желілік жүйесін әзірлеуде болып табылады. Ұсынылған тәсілдің ерекшелігі – өңірлік өнімділік болжамы моделін егістік учаскесінен тікелей алынатын деректермен интеграциялау.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы келесі нәтижелермен сипатталады:

1. Солтүстік Қазақстан облысының жағдайында бидай өнімділігін болжаудың нейрондық желілік моделі үшін агрометеорологиялық, топырақтық-агрохимиялық және фитосанитарлық параметрлерді қамтитын кіріс белгілерінің құрылымы негізделді.
2. Өнім қалыптастыру факторлары мен мақсатты айнымалы арасындағы байланыстардың сызықтық емес сипатын ескеруге мүмкіндік беретін жаздық бидай өнімділігін болжаудың нейрондық желілік моделі әзірленді.
3. Көпөлшемді кіріс деректер негізінде бидай өнімділігін болжауда нейрондық желілік тәсілдің сызықтық регрессиялық модельмен салыстырғандағы тиімділігі көрсетілді.

4. Жергілікті өнімділік болжамының деректер базасын қалыптастыру үшін зерттелетін алқаптан агрометеорологиялық және топырақтық деректерді жинауға және беруге арналған автономды құрылғы әзірленді.
5. Сенсор сигналдарын түрлендіруді, өлшеулердің дұрыстығын тексеруді, уақыт белгілерін тағайындауды, жазбаларды құрылымдауды және деректерді тәуліктік, айлық және маусымдық белгілерге агрегаттауды қамтитын жергілікті далалық деректерді өңдеу алгоритмі әзірленді.
6. Жалпыланған өңірлік модельден неғұрлым нақты жергілікті болжамға көшуге мүмкіндік беретін нақты шаруашылықтың жергілікті деректерін өнімділікті болжаудың нейрондық желілік жүйесіне интеграциялау тәсілі ұсынылды.

Диссертациялық зерттеудің теориялық маңыздылығы агроклиматтық, топырақтық-агрохимиялық, фитосанитарлық және жергілікті далалық факторларды кешенді есепке алу негізінде дәнді дақылдардың өнімділігін нейрондық желілік болжаудың әдістемелік негіздерін дамытуда. Жұмыста жеке факторларды оқшау талдаудан қоршаған орта параметрлері мен өнімділік арасындағы сызықтық емес байланыстарды ескере алатын көпөлшемді модельге көшу қажеттілігі негізделді. Ұсынылған тәсіл ауыл шаруашылығын болжау және цифрлық егіншілік міндеттерінде жасанды нейрондық желілерді қолдану аясын кеңейтеді.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы әзірленген нейрондық желілік жүйені Солтүстік Қазақстан облысының агроөндірісінде шешім қабылдауды қолдау үшін қолдану мүмкіндігінде. Жұмыстың практикалық маңыздылығы келесі бағыттарда көрінеді:

1. Ауыл шаруашылығы өндірушілері үшін – өнімнің қалыптасуына әсер ететін факторлар кешенін ескере отырып, өнімділік болжамын алу мүмкіндігі.
2. Егістіктердің жай-күйін мониторингтеу үшін – топырақ пен микроклиматтың жергілікті параметрлерін тікелей алқапта тіркеуге арналған деректерді жинау және беру құрылғысын пайдалану мүмкіндігі.
3. Ауыл шаруашылығын цифрландыру үшін – өңірлік, агрохимиялық, фитосанитарлық және жергілікті далалық ақпаратты біріктіретін бірыңғай деректер базасын қалыптастыру мүмкіндігі.
4. Ғылыми зерттеулер үшін – жаңа деректер көздерін ескере отырып, өнімділікті болжаудың нейрондық желілік модельдерін одан әрі дамыту және модельді басқа дақылдарға немесе өңірлерге бейімдеу мүмкіндігі.
5. Оқу процесі үшін – информатика, есептеу техникасы, басқару және цифрлық ауыл шаруашылығы салаларында мамандар даярлау кезінде әзірленген әдістемелерді, алгоритмдерді және бағдарламалық-аппараттық шешімдерді пайдалану мүмкіндігі.

Нәтижелердің апробациясы. Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері ғылыми жарияланымдар, бағдарламалық-аппараттық шешімді әзірлеу және

зерттеу нәтижелерін агроөндіріс жағдайында енгізу түрінде апробациядан өтті. Агрометеорологиялық деректерді жинау, өңдеу және беру жүйесі «Мамлютская агрофирмасы» ЖШС егістік учаскелерінде сынақтан өткізілді. Зерттеу нәтижелері 6 ғылыми жұмыста жарияланды, олардың ішінде халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдардағы және ғылым және жоғары білім саласындағы уәкілетті орган ұсынған басылымдардағы мақалалар бар. Сонымен қатар, нәтижелер Қазақстан Республикасының инновациялық патентімен расталған.

Автордың жеке үлесі зерттеу міндетін қоюдан, бастапқы деректер базасын қалыптастырудан, нейрондық желілік модельдің кіріс белгілерін таңдаудан және негіздеуден, деректерге барлау талдауын жүргізуден, нейрондық желілік модельді құру және бағалаудан, деректерді жинау және беру құрылғысының құрылымын әзірлеуден, далалық апробация нәтижелерін талдаудан, сондай-ақ алынған ғылыми нәтижелерді жинақтау мен түсіндіруден тұрады. Теориялық және эксперименттік зерттеулердің негізгі нәтижелерін автор өз бетінше алды. Бірлескен авторлықта орындалған ғылыми жұмыстарда ізденушіге нәтижелерді талдау, өңдеу және жинақтау бойынша жетекші рөл тиесілі.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс классикалық құрылымға ие: кіріспе, төрт тараудан тұратын негізгі бөлім, қорытынды, пайдаланылған дереккөздер тізімі және қосымшалар. Жұмыста пәндік саланың теориялық талдауы, өнімділікті болжаудың нейрондық желілік моделін құру, далалық деректерді жинау құрылғысын әзірлеу және жергілікті деректерді нейрондық желілік болжау жүйесіне интеграциялау қарастырылған. Диссертацияның бет саны, суреттер, кестелер және дереккөздер саны төртінші тарау аяқталғаннан және соңғы техникалық түзетуден кейін нақтыланады.

Кіріспеде зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделген, жұмыстың мақсаты мен міндеттері тұжырымдалған, зерттеу объектісі мен пәні анықталған, ғылыми жаңалығы, практикалық маңыздылығы, қорғауға ұсынылатын қағидалар, нәтижелердің апробациясы және автордың жеке үлесі туралы мәліметтер берілген.

Бірінші тарауда дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың теориялық негіздері қарастырылған. Солтүстік Қазақстан облысы жағдайында өнімділіктің қалыптасуына әсер ететін агрометеорологиялық факторлар, дәстүрлі статистикалық болжау әдістері және қазіргі машиналық оқыту әдістері талданған. Бидай өнімділігі күрделі және сызықтық емес сипаттағы байланыстары бар факторлар кешенінің әсерінен қалыптасатыны анықталған. Өнімділікті болжау міндетін шешу үшін жасанды нейрондық желілерді қолданудың орындылығы негізделген.

Екінші тарауда жаздық бидай өнімділігін болжаудың нейрондық желілік моделін құруға арналған бастапқы деректер жиыны қалыптастырылған. Агрохимиялық, метеорологиялық және фитосанитарлық параметрлерді қамтитын 16 кіріс белгісі анықталған. Деректерге барлау талдауы жүргізілген,

оның ішінде ауытқуларды тексеру, сипаттамалық статистиканы талдау, өнімділік таралуын, корреляциялық байланыстарды және негізгі белгілердің мақсатты айнаымалымен өзара байланысын бағалау орындалған. Деректерді алдын ала өңдеу, нормалау және оқыту таңдамасын дайындау жүргізілген. Өнімділікті болжаудың нейрондық желілік моделі әзірленіп, бағаланған және оның көптік сызықтық регрессиямен салыстырғанда болжам сапасының жоғары екені көрсетілген.

Үшінші тарауда өнімділікті нейрондық желілік болжау үшін жергілікті далалық деректерді жинау және беру құрылғысы әзірленіп, апробациядан өткізілген. Құрылғының құрылымы ұсынылған, оған сенсорлық блок, микроконтроллер, жады модулі, нақты уақыт сағаты, GSM/GPRS байланыс модулі, автономды қоректендіру жүйесі және деректерді қабылдаудың стационарлық модулі кіреді. Құрылғының аппараттық және конструктивтік іске асырылуы қарастырылған, егістік учаскесінде далалық сынақ жүргізілген. Құрылғы топырақтық және микроклиматтық жергілікті параметрлерді тіркеуді қамтамасыз ететіні, ал алынған деректерді түрлендіріп, тексеріп, агрегаттап, нейрондық желілік модель үшін жергілікті белгілер базасын қалыптастыруда қолдануға болатыны көрсетілген.

Төртінші тарауда жергілікті далалық деректерді өнімділікті болжаудың нейрондық желілік жүйесіне интеграциялау қарастырылады. Өңірлік болжаудан нақты шаруашылық деңгейінде модельді жергілікті бейімдеуге көшу негізделеді. Деректерді жинау құрылғысынан алынған мәліметтерді, шаруашылықтың архивтік деректерін, агрохимиялық және фитосанитарлық көрсеткіштерді қамтитын жергілікті деректер базасын қалыптастыру, алдын ала өңдеу және барлау талдауы сипатталады. Нақты егістік учаскесінің жағдайларын ескере отырып, өнімділік болжамын нақтылауға мүмкіндік беретін жергілікті нейрондық желілік модельді құру көзделеді. Бұл бөлімнің қорытынды нәтижелері төртінші тарау аяқталғаннан кейін нақтыланады.

Қорытындыда диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері ұсынылып, дәнді дақылдардың өнімділігін болжаудың нейрондық желілік жүйесін әзірлеу, модель сапасын бағалау, далалық деректерді жинау құрылғысын жасау және жергілікті ақпаратты болжау жүйесіне интеграциялау бойынша тұжырымдар беріледі.