

УДК 338.432

О. М. Лобода,

к. т. н., доцент, доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ORCID ID: 0000-0001-9826-9443

Н. Д. Худік,

старший викладач кафедри менеджменту та інформаційних технологій,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ORCID ID: 0000-0002-2310-799X

DOI: 10.32702/2306-6792.2021.4.38

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОБІЗНЕСІ

O. Loboda,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management
and Information Technology, Kherson State Agrarian and Economic University

N. Khudik,

Senior Lecturer of the Department of Management and Information Technology,
Kherson State Agrarian and Economic University

USING EXPERT ASSESSMENTS TO DETERMINE PRIORITY AREAS FOR INTRODUCTION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRIBUSINESS

У статті розглянуто задачу визначення пріоритетів впровадження цифрових технологій на сільськогосподарських підприємствах, зокрема в рослинництві, в умовах ресурсних, фінансових та кадрових обмежень. На нашу думку, найбільш раціональним методом є використання нечітких експертних оцінок, які виражаються лінгвістичними змінними. В зв'язку з тим, що застосування цифрових технологій агробізнесу в країні знаходиться на навчальному етапі, в дослідженні за допомогою експертної групи виконано ранжування пріоритетів впровадження цифрових технологій. За результатами експертних оцінок та їх обробки методами нечітких множин обґрунтовані пріоритети впровадження цифрових технологій на аграрних підприємствах. З точки зору мети застосування цифрових технологій найбільш високу оцінку здобули: моніторинг та програмування врожаїв, інформатизація, побудова цифрової моделі для роботи агронома. В результаті проведених досліджень виділені конкретні пріоритети впровадження цифрових технологій в галузі рослинництва.

The article discusses the problem of determining the priorities for the introduction of digital technologies in agricultural enterprises, in particular in crop production, in the context of resource, financial and personnel constraints. At present, the simultaneous introduction of the entire set of digital technologies is unlikely, so we have identified the most effective technologies that should increase the efficiency of agricultural enterprises. In our opinion, the most rational method is to use fuzzy expert assessments, which are expressed by linguistic variables. Due to fact that the use of digital technologies in agribusiness in the country at the initial stage, when studied with the help of an expert group, the priorities for the introduction of digital technologies were ranked. In crop production, digital technologies were considered in

three groups: the technology used, the purpose of the application, and localization (in the field or at a separate enterprise). Based on the results of expert assessments and processing by methods of fuzzy sets, the priorities for the introduction of digital technologies in agricultural enterprises are substantiated. It is emphasized that in terms the degree of localization, the most effective are, firstly, distribution among a variety of agricultural enterprises, then distribution within one enterprise. Among the equipment used, the highest marks were received: technology of autonomous (unmanned) control of ground equipment, remote accounting and control systems, geoinformation technologies, technology the collective use of resources of a common pool, unmanned aerial vehicles. From the point of view of the purpose of using digital technologies, the highest marks were received: monitoring and programming of crops, informatization, building a digital model of work of an agronomist. As a result the study, specific priorities for introduction of digital technologies in crop production were identified. Prospects for further research are associated with the definition of organizational and managerial conditions for effective implementation of specific technologies, substantiation of their economic efficiency in an agricultural enterprise of various types.

Ключові слова: цифрові технології, експертні оцінки, лінгвістична змінна, управлінські рішення, інформаційної системи автономного керування, програмування врожайів.

Key words: digital technologies, expert assessments, linguistic variable, management decisions, autonomous information management system, crop programming.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Одним з основних векторів розвитку економіки країни в цілому, а також зокрема в аграрному бізнесі є впровадження цифрових технологій. В аграрному підприємстві вони дозволяють вирішувати задачу здобуття максимального ефекту від кожної одиниці ресурсів за рахунок найбільш раціонального покровоного застосування на основі великого об'єму інформації, що протікає в складних системах. Тому в результаті застосування цифрових технологій досягається зріст врожайності за значного зниження витрат та екологічного збитку внаслідок селективного застосування добрив, техніки тощо. Водночас застосування цифрових технологій в сільському господарстві носить поки обмежений характер, розвивається шляхом проб та помилок, що потребує подальшого розвитку економічних та організаційних аспектів впровадження даних інновацій в рослинництво.

Одним з найбільш важливих питань — це визначення пріоритетів впровадження цифрових технологій, враховуючи їх різноманіття. Спектр техніки, програмних продуктів, технологій вкрай широк. Він потребує систематизації, впорядкування та визначення пріоритетів використання. Практично не в однієї області або в аграрному підприємстві неможливо одночасна реалізація цифрових рішень по всьому спектру проблемних задач. Тому актуальною науковою та прикладною задачею являється визначення найбільш ефективних цифрових технологій, здатних дати максимальний результат на самому початку цифровізації аграрних підприємств.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед дослідників, які в своїх працях вивчали методи експертних оцінок можна відмітити Б.Є. Грабовецького, Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюка. Питання та ключові аспекти оптимального управління підприємств відображені у наукових працях В.К. Збарського, В.І. Мацібори, В.В. Марасанова, А.А. Чалого; аспекти та напрями цифрової економіки розглянуті в роботах Т.Л. Mesenbourg, В.В. Клочан, М.Ф. Кропивко.

Оскільки впровадження цифрових технологій в сільському господарстві знаходиться на початковому етапі свого розвитку, з економічної точки зору вони достатньо слабо вивчені, основна частина інформації не формалізована, тобто доцільно застосувати метод експертних оцінок [1, с. 43]. Задача по визначенню основних напрямів впровадження цифрових технологій землеробства [2; 3, с. 122], таким образом зводиться до експертного ранжування існуючих варіантів [4, с. 234]. Ранжування варіантів використання цифрових технологій по пріоритетності застосування є класом задач оптимізації в умовах невизначеності [5, с. 48; 6, с. 64—68]. При недоліках формалізованих кількісних даних для їх вирішення застосовують не традиційний математичний апарат (теорія ймовірності, теорія оптимального програмування [7, с. 130—134]), а нечіткі експертні оцінки на "природній" мові, які обробляються методами теорії нечітких множин та лінгвістичної змінної [3, с. 156].

Таблиця 1. Приклад експертної оцінки ефективності автономної технології

Лінгвістична характеристика (нечітка оцінка) технології	Низька ефективність	Помірна ефективність	Середня ефективність	Висока ефективність	Дуже висока ефективність
Число відповідей експертів в інтервалі	6	2	4	1	0
Доля відповідей в інтервалі	0,4615	0,1538	0,3077	0,0769	0,0000
Накопичене число відповідей	6	9	10	13	13
Накопичена доля відповідей	0,4615	0,6923	0,7692	1,0000	1,0000

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є вирішення задачі визначення пріоритетів впровадження цифрових технологій на сільськогосподарських підприємствах, зокрема в рослинництві в умовах фінансових, кадрових та ресурсних обмежень. У зв'язку з тим, що одночасне впровадження всього спектру цифрових технологій є малоімовірним, тому необхідно виділити найбільш ефективні технології, які здатні збільшити ефективність аграрних підприємств.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення основних напрямів впровадження цифрових технологій точного землеробства передбачає: встановлення ключових цілей та задач використання цифрових технологій землеробства; вибір найбільш продуктивної та важкої для агробізнесу техніки; визначення найбільш раціональних організаційних схем та механізмів організації впровадження цифрових технологій.

Основна перевага нечітких множин полягає в можливості обробляти некількісні експертні судження, на природній мові типу "дуже ефективна", "малоефективна", "неприпустимо". Тим самим з'являється можливість здобути узагальнену оцінку природності, ефективності той або іншої цифрової технології землеробства в ряду інших. Ця оцінка буде задаватися функції приналежності елемента (тобто конкретної технології) до нечіткої множини ефективних пріоритетних напрямів впровадження.

Нечітка множина A для довільного елемента X задається функції приналежності $\mu_A; X \rightarrow [0; 1]$. Величина $\mu_A(X)$ належить інтервалу $[0; 1]$ та фіксує міру приналежності елемента X до множини A . Якщо для звичайної чіткої множини міра приналежності любого елемента до нього складає або 0 або 1 (тобто елемент може або тільки належати або тільки не належати), тоді в випадку з нечіткою множиною оцінюється ймовірність

приналежності, наприклад, 0.3, 0.5 або 0.8. Це в більшому ступені відповідає задачам експертної оцінки в слабо формалізованих випадках при недоліку інформації [1, с. 76].

Нечітка множина може бути записана як сукупність впорядкованих пар, які включають елементи X та відповідні їм функції приналежності $\mu_A(X)$. Прикладом запису нечіткої множини може бути $A = \{(x_1, 0.1), (x_2, 0.5), (x_3, 0.4)\}$.

Для роботи з нечіткими множинами, обробка даних та здобуття абсолютних оцінок використовується нечіткі числа П-образні та S-образні й т.п.

Вони служать математичним виразом експертних суджень на формалізованій математичній мові. Зокрема, трикутні функції приналежності можуть бути заданим виразом (1):

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1),$$

де a, b, c — де-які величини дійсних чисел, впорядковані співвідношеннями $a \leq b \leq c$.

S-образна функція приналежності функція F задається виразом виду (2):

$$f_{x1}(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a}\sigma\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases} \quad (2).$$

Експертні оцінки, які виражені на природній мові, дозволяють побудувати дані функції приналежності. Для цього кожен експерт обирає лінгвістичну зміну, тобто оцінку ефективності застосування технологій. Терм-множина $A(X)$ лінгвістичних змінних (лінгвістична шкала) записується виразом типу $A(X) = \{\text{дуже високий, високий, достатньо високий, відносно високий, вище середнього, середній, відносно низький, достатньо низький, низький, дуже низький, практично відсутній}\}$.

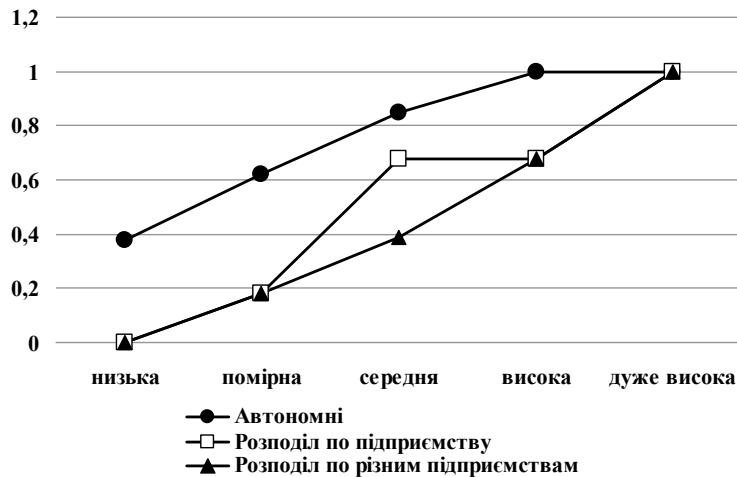


Рис. 1. Результати експертної оцінки ефективності цифрових технологій землеробства за класифікацією "Місце локалізації"

Таким чином, застосування нечітких множин дозволяє формалізувати та узагальнити нечітку словесну інформацію, більш повно та точно агрегувати неформалізовані судження експертів, перейти від ряду словесних оцінок до кількісного ранжування ефективності та пріоритетності цифрових технологій.

Під час формалізації експертної групи було підбрано 13 експертів на підставі того, що при чисельності 12—13 осіб вже досягається точність результатів вище 80%. Подальше нарощування чисельності експертів не дає істотного збільшення точності оцінки та приводить до зниження середнього рівня компетентності в силу вузькості кола спеціалістів зайнятих проблематикою цифрових технологій в агробізнесі. По області професійної діяльності експерти поділялись наступним чином: керівники та спеціалісти аграрних підприємств — п'ять осіб; керівники та спеціалісти спеціалізованих організацій, які виконують роботу та на-

дають послуги в сфері цифрових технологій — три особи; державні службовці, які пов'язані з питаннями розвитку агробізнесу — три особи; науково-педагогічні співробітники — дві особи.

По кожній з класифікацій цифрових технологій землеробства, які допустимі в рослинництві, експерти оцінювали по лінгвістичній шкалі ефективності застосування в Херсонській області. Лінгвістична шкала має наступний вигляд: $A(X) = \{\text{низька ефективність, помірна ефективність, середня ефективність, висока ефективність, дуже висока ефективність}\}$.

Наприклад, при оцінці ефективності такого класу технології, як автономні (класифікація по ступеню локалізації) були здобуті наступні результати експертного опитування (табл. 1). Вона показує, що ефективність автономних технологій оцінюється експертами достатньо низько. Для цього є явні істотні суд-

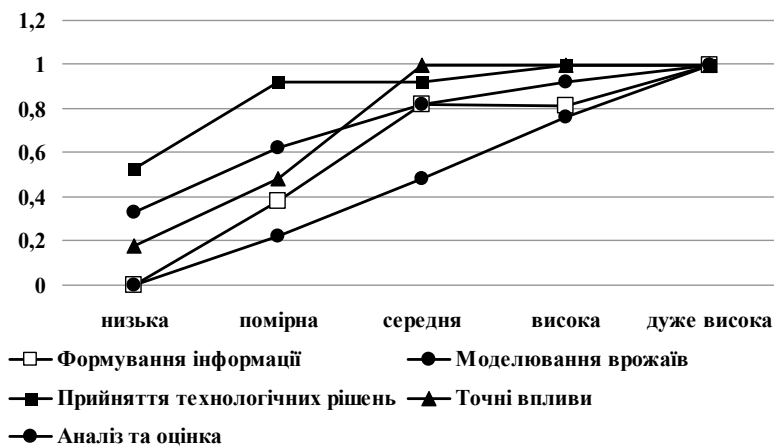


Рис. 2. Результати експертної оцінки ефективності цифрових технологій землеробства за класифікацією "Мета застосування"

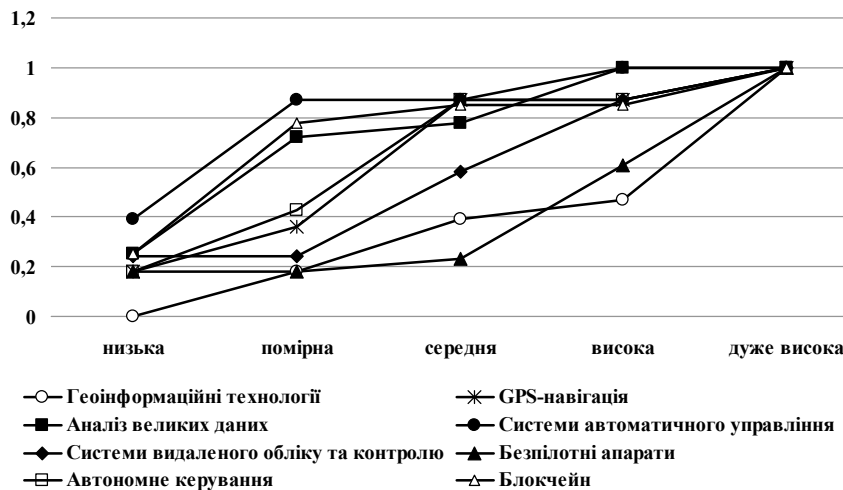


Рис. 3. Результати експертної оцінки ефективності цифрових технологій землеробства по класифікації "Використана техніка"

ження — автономна техніка, не інтегрована в єдиний контур управління, має дуже обмежені результати свого використання. На основі здобутих даних будується графік сплайн-функцій, по формі якого оцінюється приналежності технологій до високоефективних.

Графіки сплайн-функцій відображають підсумкові судження експертів об ефективності цифрових технологій землеробства за трьома класифікаціями (мета застосування, техніка, що використовується, локалізація) показані на рисунках 1—3.

Зокрема, рисунок 1 відображає ефективність використання цифрових технологій точного землеробства, що відрізняються за ступенем деталізації. На діаграмі представлені монотонно зростаючі сплайн-функції, які по-

казують кумулятивне значення міри приналежності в точки переходу.

Чим вище значення функції в точці переходу на середині горизонтальної осі, тем у меншому ступені технологія, що розглядається, відноситься експертами до розряду високоефективних. Так, на рисунку 2 показано, що автономні цифрові технології на 84% відповідають оцінені з ефективністю "середня" та нижче. Та навпаки, по розподіленім цифровим технологіям така оцінка дана 38% випадкам, тобто більше 60%, на думку експертів, ймовірність того, що ефективність цих технологій є високою та дуже високою.

Отже, ранжування технологій по підсумкам експертної оцінки буде наступним: найбільш ефективними являються розподілені серед ба-



Рис. 4. Пріоритетні цифрові технології землеробства за підсумками експертної оцінки

гатьох аграрних підприємств, потім — розподілені на одному підприємстві, найменш ефективні — автономії.

Водночас не всі технології землеробства можуть застосовуватися на принципах колективного використання. Тому до основних пріоритетів впровадження цифрових технологій на основі експертної оцінки можна віднести розподілені на одному підприємстві та між різними підприємствами.

Далі розглянемо ранжування технологій землеробства за метою застосування (рис. 2). З наведених даних видно, що по значенню міри приналежності в точці переходу технології, що розглядаються та ранжуються експертами так: технологія аналізу, оцінки та оберненого зв'язку; технології формування інформації; технології моделювання, програмування врожайності; технології прийняття рішень та застосування точних агротехнологічних впливів; технології управління сільськогосподарським підприємством.

Ранжування технологій землеробства по меті використання має умовний характер, оскільки найбільша ефективність досягається при системному охопленні цифровізації всіх сфер діяльності аграрного підприємства. Однак представлені оцінки дозволяють стверджувати, що пріоритетами цифровізації рослинництва спочатку повинні стати інформатизація, моніторинг та програмування врожайів, тобто побудова цифрової моделі для роботи агронома. Рішення при цьому поки можуть прийматися "вручну", а використання техніки для точних впливів може носити локалізований характер. Тому найбільший інтерес в результаті експертної оцінки, у розрізі цілей застосування, мають при накладенні на результати ранжування використаної техніки (рис. 3).

Слід відмітити, що під час проведення експертної оцінки із розгляду були виключені окремі периферійні та слабо знайомі спеціалістам — аграріям цифрові технології (наприклад, віртуальна та доповнена реальність, як засіб землеробства). Їх коректна оцінка, через практичну невідомість, експертам не можлива. По результатам експертної оцінки, як видно з приведеної діаграми, цифрові технології землеробства чітко диференційовані. Технології з високою ефективністю в області в наш час (близько 50% та більше суджень експертів відносять їх до групи з високою та дуже високою ефективністю): системи видаленого обліку та контролю, технологія колективного використання ресурсів загального пулу, технології автономного керування наземної техніки, геоінформаційні технології, безпілотні літальні

апарати. Такі технології слід враховувати пріоритетними. Технології з відносно невисокою ефективністю (більше 70% суджень експертів оцінюють ефективність як середню та нижче): системи автоматичного управління, блокчейн, датчики та сенсори, аналіз великих даних, супутникова навігація.

Як визначено вище, максимальний ефект цифровізації досягається при комплексному використанню різноманітних технологій, тому на перспективу в рослинництві повинні використовуватися всі або більшість з них. Але, на навчальному етапі, в умові жорстких ресурсних обмежень, необхідно буде сконцентрувати зусилля на найбільш ефективних технологіях, які дають найбільшу віддачу. Систематизація результатів експертної оцінки представлено на рисунку 4.

ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У ході дослідження була проведена експертна оцінка ефективності та пріоритетності основних напрямів впровадження цифрових технологій в конкретних умовах рослинництва Херсонської області. Це дозволило визначити напрями наступним образом: інструменти колективного користування, спільного доступу до цифрових технологій; технології моніторингу та аналізу стану посадок, посівів; розширення використання геоінформаційних систем; програмування врожайності; системи цифрового обліку, контролю; безпілотна наземна сільськогосподарська техніка; безпілотні літальні апарати для рішення задач землеробства. На основі цих напрямів, найбільш доцільно, реалізовувати міри по цифровізації рослинництва на початковому етапі. На основі експертної оцінки можна виділити наступні пріоритетні напрями впровадження цифрових технологій в галузі рослинництва:

1) створення, стимулювання та забезпечення ефективної роботи інститутів, форм колективного користування, спільного доступу до цифрових технологій, а також техніку, спеціалізоване програмне забезпечення, обчислювальні потужності;

2) масове впровадження технологій моніторингу та аналізу стану сільськогосподарських угідь, посадок, посівів з широким застосуванням безпілотних літальних апаратів;

3) подальший розвиток деталізації інформації о стані полів, рослинності, рельєфі місцевості, інших значимих для рослинництва даних у наявній та перспективній геоінформаційній системі, розширення використання геоінформаційних технологій сільськогосподарськими товаровиробниками області;

4) розширення, тиражування технологій повномасштабного програмування врожайності з часткової автоматизації прийняття рішень, а також виконання робіт;

5) впровадження систем цифрового обліку, контролю в логістичних та виробничих процесах, фізичний контроль збереження, економії ресурсів аграрного підприємства;

6) ініціювання, розширення, тиражування проектів використання безпілотної (автономної) наземної сільськогосподарської техніки в тих сферах, де вже мається цифрова модель аграрного товаровиробника та застосовуються значні об'єми робіт;

7) тиражування реалізованих проектів, розширення використання безпілотної літальних апаратів для рішення задач землеробства в частині як збору інформації, так і здійснення конкретних агротехнологічних впливів.

Необхідно відмітити, що частина цих напрямів почала розвиватися раніше, але потребує розширення та тиражування. Перший, а також четвертий та п'ятий напрями дуже слабо представлені на практиці, необхідно їх реалізовувати практично з початку. Представляється, що п'ятий напрям — автоматизований контроль та облік буде успішно реалізовуватись самими сільськогосподарськими товаровиробниками, оскільки практика вітчизняної моделі управління показує, що різноманітні технічні засоби контролю збереження майна, поведінки персоналу визивають значну зацікавленість бізнесу.

Література:

1. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: моногр. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.
2. Клочан В.В. Система інформаційно-консультативного забезпечення аграрної сфери. Миколаїв: МДАУ, 2012. 371 с.
3. Гнатієнко Г.М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень: моногр. К.: ТОВ "Маклаут", 2008. 444 с.
4. Марасанов В.В., Пляшкевич О.М. Основи теорії проектування і оптимізації макроекономічних систем. Херсон: Айлант, 2002. 190 с.
5. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємства. Сучасна спеціальна техніка. Київ, 2012. № 3. С. 64—68.
6. Лобода О.М., Кириченко Н.В. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. Наука й економіка. 2015. № 3. С. 130—134.

7. Збарський В.К., Мацибора В.І. Економіка сільського господарства: навч. посіб. К.: Каравела, 2009. 264 с.

References:

1. Hrabovets'kyj, B.Ye. (2010), *Metody ekspertnykh otsinok: teoriia, metodolohiia, napriamky vykorystannia* [Methods of expert assessments: theory, methodology, directions of use], Vinnytsia, Ukraine.
2. Klochan, V.V. (2012), *Systema informatsijno-konsul'tatsijnoho zabezpechennia ahrarnoi sfery* [The system of information and consulting support of the agricultural sector], Mykolaiv, Ukraine.
3. Hnatiienko, H.M. and Snytiuk, V.Ye. *Ekspertni tekhnolohii pryjniattia rishen* [Expert technologies accepted solutions], Kyiv, Ukraine.
4. Marasanov, V.V. and Pliashkevych, O.M. (2002), *Osnovy teorii proektuvannia i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Foundations the theory design and optimization of macroeconomic systems], Kherson, Ukraine.
5. Loboda, O.M. (2012), "Solving the problem of identifying the management structure of the enterprise", *Suchasna spetsialna tekhnika*, vol. 3, pp. 64—68.
6. Loboda, O.M. and Kyrychenko, N.V. (2015), "Current problems of identification and modeling of enterprise management structure", *Nauka y ekonomika*, vol. 3, pp. 130—134.
7. Zbarskyj, V.K. and Macybora, V.I. (2009), *Ekonomika silskogo gospodarstva* [Economics of agricultural enterprises], Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 16.02.2021 р.

www.dy.nayka.com.ua

Електронне фахове видання

ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ
удосконалення та розвиток

Виходить 12 разів на рік

включено до переліку наукових фахових видань України
з питань **ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ**
(Категорія «Б»)

Наказ Міністерства освіти і науки України
від 28.12.2019 №1643

Спеціальність 281

e-mail: economy_2008@ukr.net
тел.: (044) 223-26-28, (044) 458-10-73