

УДК 519.86:338.55:636/639
© 2017

Н.К. ВАСИЛЬЄВА,
доктор економічних наук

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
Україна

E-mail: VasylijevaN@i.ua

вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ АСПЕКТИ НЕЛІНІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМІЗАЦІЇ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ ЕКОНОМІКИ

Розширено обчислювальні можливості вільних програмних засобів для виконання розрахунків у нелінійних моделях оптимізації діяльності в аграрному секторі економіки. Прикладну апробацію математичних викладок проведено для моделі розподілу посівів провідних зернових культур України з метою забезпечення максимального загального рівня рентабельності їх виробництва в системі продовольчої безпеки.

Ключові слова: аграрний сектор, нелінійна модель оптимізації, вільні програмні засоби, зернові культури, рентабельність.

Постановка проблеми. Застосування математичних методів та інформаційних технологій є вимогою часу в будь-якій сфері економічної діяльності. Інтеграційні процеси пришвидшили організаційно-технологічну модернізацію виробництва, відкрили доступ до глобальних ринків новій якісній продукції. Разом із цим посилилася конкуренція та відповідальність за управлінські рішення. Їх об'єктивність, обґрунтованість, швидкість, доречність за стратегічного прогнозування та оперативного планування діяльності забезпечують сучасний математичний інструментарій та комп'ютерні технології, здатні проаналізувати великі масиви даних, виявити їх закономірності, мінімізувати ризики, встановити можливі загрози та потенційні переваги. У теперішньому світі той, хто володіє та вмilo користується інформацією, стає лідером і переможцем. Викладене має безпосереднє відношення і до аграрного сектору економіки України, що наразі виявився її найстійкішою ланкою і навіть за кризових умов господарювання поступово нарощує власні потужності. Обізнаність стосовно ма-

тематичних методів та інформаційних технологій підтримки ведення високоефективного агробізнесу є базовою складовою аграрної освіти та неодмінним елементом підвищення кваліфікації прогресивно налаштованих фахівців аграрної сфери.

Результативність залучення математичного апарату та реалізації інформаційних технологій чималою мірою практично зводиться до вміння працювати з програмними засобами. За обмежених фінансових можливостей та для досягнення економії без втрати якості роботи на заміну ліцензованим коштовним програмним засобам усе частіше приходять безкоштовні, так звані вільні програмні продукти. Особливості їх застосування до проблематики аграрної сфери України складають актуальне науково-прикладне завдання, що стало предметом розгляду даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання створення та використання математичних моделей, інформаційних систем і технологій в аграрному секторі економіки знаходиться в центрі уваги багатьох відомих

учених України і всього світу. Дана тематика визначає провідні напрями науково-дослідної роботи і на кафедрі інформаційних систем і технологій Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.

Серед результатів на підтримку сталого розвитку аграрного сектору економіки України доречно виділити економіко-математичні моделі його системного інноваційного оновлення, вдосконалену методику статистичного аналізу природного агровиробництва, узагальнені моделі транспортної логістики аграрного виробництва, оцінки матеріальних, фінансових та інформаційних потоків аграрних підприємств, розвинуті прийоми календарно-ресурсного управління витратами, економетричні оцінки балансів кон'юнктури аграрних ринків регіонів по галузях рослинництва і тваринництва тощо [2, 5, 9, 10, 13–15, 18–21].

Із наукових здобутків стосовно впровадження інформаційних технологій в аграрній сфері України найбільшою науково-прикладною цінністю відрізняються результати стосовно економічної оптимізації розрахунку параметрів рослинництва, методики автоматизованого надання консультативно-логістичних послуг в еко-агровиробництві, інформаційного супроводу зернової кооперації, впровадження програмних засобів кількісного оцінювання ступеня ризику агропідприємництва, інформаційного забезпечення ціноутворення на сільськогосподарську продукцію, аналізу прямих трудових витрат тощо [6–8, 11, 12, 16, 17].

Особливості застосування програмних додатків Linux-середовища для економічних задач виробництва і збуту продукції аграрної галузі розглянуто в роботах [1, 3, 4]. Проте некомерційні засади створення й оновлення подібного програмного забезпечення обумовлюють його відставання від платних сервісів. В умовах посилення конкуренції та підвищення вимог до якості планування й обґрунтованості управлінських заходів постає необхідність нівелювати недоліки вільного програмного забезпечення за допомогою адекватних математичних прийомів.

Для аграрного сектору національної економіки за поточних умов господарювання

надзвичайно актуальна оптимізація ведення господарства. Електронні таблиці LibreOffice Calc, на відміну від табличного процесора Microsoft Excel, позбавлені можливості розрахунку по нелінійних моделях оптимізації. Дане відкрите питання потребує окремого докладного розгляду з метою дослідження обчислювальних аспектів нелінійних моделей оптимізації, притаманних аграрному виробництву країни.

Виклад основних результатів статті. Важливим нелінійним відносним показником економічної ефективності є рівень рентабельності, що дозволяє зіставити результати по різних за масштабами виробництва і збуту напрямках діяльності. При її плануванні з максимальним рівнем рентабельності не уникнути застосування нелінійних моделей оптимізації. За умов нестабільності ціни, видатки, показники продуктивності піддаються коливанням і не можуть бути однозначно заданими при розрахунку рівня рентабельності. Тому відповідні математичні моделі нелінійної оптимізації належать до класу інтервальних моделей дробово-лінійного програмування.

Найбільш потужні позиції вітчизняного аграрного виробництва на світовому ринку пов'язані з вирощуванням трьох зернових культур – пшениці, кукурудзи на зерно та ячменю. У структурі ріллі в Україні в 2015 році посіви пшениці мали вагову частку 25,2 %, кукурудзи на зерно – 15,3 %, ячменю – 11 %. Сприятливі природно-кліматичні умови, великі посівні площі, напрацьовані технології та адаптовані сорти насіння дозволяють українським аграріям не тільки одержувати великі збори врожаю для потреб внутрішнього ринку, а й бути помітною ланкою у справі забезпечення продовольчої безпеки в глобальному масштабі. За даними Державної служби статистики України, в 2015 році було зібрано рекордні за останні 20 років 26,5 млн т пшениці. Але у вітчизняних аграріїв є перспективи до покращення даного показника, адже в 1990 році врожай зерна пшениці був на 14 % більшим і становив 30,3 млн т. Подібна тенденція має місце і у вирощуванні ячменю, якого було зібрано по 9,1 та 8,3 млн т у 2014 та 2015 роках, але

це трохи менше за рекордні 9,2 млн т у 1990 році. Найбільші досягнення українського аграрного господарства зафіксовано стосовно виробництва кукурудзи на зерно, якого було зібрано по 30,9; 29,5 та 23,2 млн т у 2013–2015 рр. Ураховуючи зазначене, Україна займає цільну позицію в глобальній системі продовольчої безпеки, посівши в 2015 році сьоме (із часткою 3,8 %), четверте (10,6 %) і також четверте місце (8,5 %) серед світових експортерів відповідно зерна пшениці, кукурудзи та ячменю. Якості української пшениці довіряють її головні світові імпортери. А саме, Україна є шостим постачальником за обсягами зерна пшениці до Італії, дванадцятим – до Алжиру і другим – до Єгипту, на яких в 2015 році разом припадало 15 % світового імпорту цієї культури.

З метою підтримки подальшого висококоєфективного виробництва пшениці, кукурудзи на зерно та ячменю українським аграріям необхідно оптимально заповнювати ринкові експортні ніші та найбільш вигідно розподіляти посіви названих культур згідно з поточною внутрішньою та світовою кон'юнктурою. Для обґрунтування викладеного пропонується певна нелінійна економіко-математична модель.

Позначимо через x_1 – площу посівів пшениці, га; x_2 – площу посівів кукурудзи на зерно, га; x_3 – площу посівів ячменю, га; причому $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$. Нехай відома загальна площа ріллі S (га), відведена під усі перелічені культури, звідки виникає обмеження

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq S. \quad (1)$$

Згідно з агротехнологічними вимогами сівозмін, є визначеними структурні діапазони часток посівів пшениці – від b_1^l до b_1^u , %; кукурудзи на зерно – від b_2^l до b_2^u , %; ячменю – від b_3^l до b_3^u , %, де $b_1^l + b_2^l + b_3^l \leq 100$ %.

Відповідні модельні обмеження набувають вигляду:

$$x_1 \geq b_1^l \cdot S / 100, x_1 \leq b_1^u \cdot S / 100; \quad (2)$$

$$x_2 \geq b_2^l \cdot S / 100, x_2 \leq b_2^u \cdot S / 100; \quad (3)$$

$$x_3 \geq b_3^l \cdot S / 100, x_3 \leq b_3^u \cdot S / 100. \quad (4)$$

Позначимо p_i – ціну, грн/т; y_i – урожайність, т/га; c_i – собівартість, грн/га, $i = 1 \dots 3$, для кожної з досліджуваних культур. Тоді максимальний загальний рівень рентабельності вирощування пшениці, кукурудзи на

зерно та ячменю обчислюватиме цільова функція

$$\frac{\sum_{i=1..3} (p_i \cdot y_i - c_i) x_i}{\sum_{i=1..3} c_i \cdot x_i} \cdot 100 \rightarrow \max. \quad (5)$$

Наближена до реалій господарювання модель має враховувати недетермінованість показників p_i, y_i та $c_i, i = 1 \dots 3$. Звідки одержуємо остаточну постановку інтервальної дробово-лінійної моделі розподілу посівних площ пшениці, кукурудзи на зерно та ячменю з метою одержання максимального загального рівня рентабельності їх виробництва. А саме, треба знайти такі невід'ємні значення змінних x_1, x_2 та x_3 , що узгоджені з обмеженнями (1)–(4) та максимізують цільову функцію (5), де

$$p_i^l \leq p_i \leq p_i^u, y_i^l \leq y_i \leq y_i^u, c_i^l \leq c_i \leq c_i^u, i = 1 \dots 3.$$

Розв'язання задачі оптимізації у вказаному формулюванні по суті зводиться до обчислень за двома моделями із максимумом мінімального (песимістичного) та максимального (оптимістичного) рівнів рентабельності, тобто з критеріями оптимальності вигляду

$$\frac{\sum_{i=1..3} (p_i^l \cdot y_i^l - c_i^u) x_i}{\sum_{i=1..3} c_i^u \cdot x_i} \cdot 100 \rightarrow \max; \quad (6)$$

$$\frac{\sum_{i=1..3} (p_i^u \cdot y_i^u - c_i^l) x_i}{\sum_{i=1..3} c_i^l \cdot x_i} \cdot 100 \rightarrow \max. \quad (7)$$

Прикладна перевірка викладених теоретичних положень відбулася за даними фермерського господарства “Україна-2000” Васильківського району Дніпропетровської області. Зокрема, параметри моделі набули таких значень:

$$S = 150, b_1^l = 30, b_1^u = 50, b_2^l = 20, b_2^u = 40, b_3^l = 10, b_3^u = 25; \\ p_1^l = 4340, p_1^u = 4700, y_1^l = 4,08, y_1^u = 4,8, c_1^l = 2350, c_1^u = 2585; \\ p_2^l = 3780, p_2^u = 4500, y_2^l = 5,1, y_2^u = 6, c_2^l = 2100, c_2^u = 2310; \\ p_3^l = 3640, p_3^u = 4200, y_3^l = 2,89, y_3^u = 3,4, c_3^l = 2280, c_3^u = 2508.$$

Для одержання контрольної відповіді по моделях (1)–(4), (6) та (1)–(4), (7) проведено обчислення в електронних таблицях

Microsoft Excel, що мають інструментарій для розрахунків по нелінійних моделях. На підставі цього фермерському господарству “Україна-2000” рекомендовано вирощування 75 га пшениці, 30 га кукурудзи на зерно, 15 га ячменю з гарантованим загальним рівнем рентабельності 40,01 %. У разі забезпечення максимальних цін і врожайностей та мінімальних собівартостей усіх культур при посівах 45 га пшениці, 65 га кукурудзи на зерно, 15 га ячменю може бути досягнуто максимальний рівень рентабельності виробництва 106,5 %.

Для проведення обчислень по інтервальних дробово-лінійних моделях оптимізації інструментами LibreOffice Calc введемо нові змінні:

$$z_0 = 1 / \sum_{i=1..3} c_i \cdot x_i;$$

$$x_1 = z_1 / z_0; x_2 = z_2 / z_0; x_3 = z_3 / z_0. \quad (8)$$

У такий спосіб обмеження (1)–(4) трансформуються в

$$z_1 + z_2 + z_3 - z_0 \cdot S \leq 0; \quad (9)$$

$$z_1 - z_0 \cdot b_1^l \cdot S / 100 \geq 0, z_1 - z_0 \cdot b_1^u \cdot S / 100 \leq 0; \quad (10)$$

$$z_2 - z_0 \cdot b_2^l \cdot S / 100 \geq 0, z_2 - z_0 \cdot b_2^u \cdot S / 100 \leq 0; \quad (11)$$

$$z_3 - z_0 \cdot b_3^l \cdot S / 100 \geq 0, z_3 - z_0 \cdot b_3^u \cdot S / 100 \leq 0. \quad (12)$$

Замість критерію оптимальності (6) одержуємо обмеження-рівність

$$\sum_{i=1..3} c_i^u \cdot z_i = 1 \quad (13)$$

і цільову функцію

$$100 \cdot \sum_{i=1..3} (p_i^u \cdot y_i^u - c_i^l) z_i \rightarrow \max. \quad (14)$$

Аналогічно, замість критерію оптимальності (7), одержуємо обмеження-рівність

$$\sum_{i=1..3} c_i^l \cdot z_i = 1 \quad (15)$$

і цільову функцію

$$100 \cdot \sum_{i=1..3} (p_i^l \cdot y_i^l - c_i^u) z_i \rightarrow \max. \quad (16)$$

Результати обчислень в LibreOffice Calc по моделях (9)–(14) та (9)–(12), (15), (16) із подальшим розрахунком значень невідомих x_1, x_2, x_3 за формулами (8) збіглися з контрольними відповідями від Microsoft Excel. Отже, прикладна апробація математичних викладок підтвердила їх придатність для нелінійних моделей оптимізації аграрного виробництва.

Висновки

Впровадження інформаційних технологій в аграрній сфері має підтримуватися математичними методами розширення обчислювальних можливостей вільного програмного забезпечення.

Практична перевірка результатів обчислень по інтервальних дробово-лінійних моделях розподілу посівів зернових із максимальною загальною рентабельністю виробництва підтвердила конкурентоспромож-

ність електронних таблиць LibreOffice Calc порівняно з табличним процесором Microsoft Excel. Одержані для фермерського господарства “Україна-2000” рекомендації дозволяють організувати вирощування пшениці, кукурудзи на зерно та ячменю з прибутковістю від 40 до 106 % і вище.

Одержані результати дослідження планується узагальнити на нелінійні моделі оптимізації тваринництва України.

Бібліографія

1. Васильєва Н.К. Економіко-математичне моделювання в сільському господарстві: навч. посібник / Н.К. Васильєва. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2015. – 155 с.

2. Вініченко І.І. Стратегія як інструмент забезпечення економічного розвитку держави / І.І. Вініченко, А.Д. Мостова // Вісник Дніпропетровського державного аграр-

но-економічного університету. – 2016. – № 3(41). – С. 91–96.

3. Економетрика в електронних таблицях: навч. посібник / За заг. ред. Н.К. Васильєвої. – Дніпро: Біла К.О., 2017. – 149 с.

4. Інформатика в LINUX-середовищі: навч. посібник / За ред. Н.К. Васильєвої. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2016. – 268 с.

5. Карамушка О.М. Збалансована інноваційна підтримка підвищення ефективності використання капіталу насінневих підприємств / О.М. Карамушка // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – № 1(151). – С. 181–185.
6. Келюх О.О. Інформаційні технології економічної оптимізації розрахунку параметрів рослинництва / О.О. Келюх // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 2(40). – С. 130–135.
7. Келюх О.О. Підготовка фахівців з надання інформаційних, консультативно-логістичних послуг в еко-агровиробництві / О.О. Келюх // Економічні студії. – 2014. – № 4(04). – С. 131–135.
8. Кравець М.О. Інформаційна підтримка зернової кооперації / М.О. Кравець // Науковий вісник НУБІП України. – 2016. – Вип. 249. – С. 211–220. – (Серія: Економіка. Аграрний менеджмент).
9. Макаренко П.М. Інноваційне забезпечення конкурентоспроможності інтегрованих структур АПК / П.М. Макаренко, Н.К. Васильєва // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2005. – № 3(38). – С. 134–137.
10. Макаренко П.М. Механізми інноваційного оновлення аграрного сектора України / П.М. Макаренко, Н.К. Васильєва // Агро-ІнКом. – 2005. – № 12. – С. 64–69.
11. Мироненко О.А. Сучасні інформаційні технології і показники кількісного оцінювання ступеня ризику агропідприємництва / О.А. Мироненко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 3. – С. 108–113.
12. Мороз С.І. Інформаційне забезпечення ціноутворення на аграрну продукцію / С.І. Мороз // Агросвіт. – 2011. – № 6. – С. 22–24.
13. Мороз С.І. Календарно-ресурсне управління витратами в рослинництві / С.І. Мороз // Агросвіт. – 2014. – № 1. – С. 9–14.
14. Мостова А.Д. Оцінка матеріальних, фінансових та інформаційних потоків сільськогосподарських підприємств зернового підкомплексу / А.Д. Мостова // Агросвіт. – 2012. – № 14. – С. 30–36.
15. Нужна С.А. Математичне моделювання системних характеристик сільськогосподарських підприємств та об'єднань. / С.А. Нужна // Питання прикладної математики і математичного моделювання: збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету. – 2012. – С. 219–229.
16. Нужна С.А. Інформаційні технології аналізу прямих трудових витрат / С.А. Нужна // Економічний аналіз. – 2012. – Вип.10, ч. 4. – С. 262–266.
17. Самарець Н.М. Використання інформаційних технологій у статистичному аналізі даних для аграрних підприємств / Н.М. Самарець, Є.М. Харченко, Н.О. Чорна // Агросвіт. – 2013. – № 20. – С. 14–20.
18. Чорна Н.О. Використання кривих Лоренца для оцінки рівномірності розподілу сільськогосподарських угідь в еко-агровиробництві / Н.О. Чорна // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – № 1(35). – С. 73–76.
19. Шрамко І.І. Економічний аналіз технічного розвитку природного агровиробництва олійних культур / І.І. Шрамко // Економічний простір. – 2015. – № 101. – С. 115–128.
20. Шрамко І.І. Природне агровиробництво сільськогосподарських підприємств у концепції сталого розвитку / І.І. Шрамко // Молодий вчений. – № 4 (31). – С. 224–227.
21. Samarets N. Application of mathematical models of transportation problems for optimization of agroindustrial production / N. Samarets // The providing of sustainable development of agricultural sector for its innovative base: collective monograph. – Science and Education Ltd, SHEFFIELD, 2015. – P. 176–183.