УДК 330.46:519.86

В.О. Бабенко, канд. техн. наук, доцент
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

ФОРМУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК

Постановка проблеми. Інноваційний розвиток сільського господарства, переробної та харчової галузей, які базуються на високотехнологічній глибинній переробці сільськогосподарської сировини та виробництві високоякісної конкурентоспроможної харчової продукції в усьому світі визначають першочерговим.

Ефективний розв'язок пов'язаних із цими питаннями завдань неможливий без відповідного ефективного управління інноваційними процесами переробних підприємств (ІПП) АПК, яке базується на комплексному дослідженні відповідних процесів та прийняті управлінських рішень з урахуванням розробки та реалізації відповідних економіко-математичних моделей, методів і алгоритмів розв'язку задач щодо управління інноваційними процесами з використанням сучасних інформаційних технологій. Для підвищення практичної значимості управління ІПП, яке здійснюють в часі та на підставі техніко-економічної і бухгалтерсько-фінансової документації, застосовують динамічні дискретні моделі.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дискретні економіко-математичні моделі та методи управління набувають все більшого значення в теорії та практиці оптимізації управління різними економічними системами та процесами [1, 2]. Це пов'язано з тим, що в економіці багато явища мають дискретний характер, так як на практиці частіше всього інформація про стан системи та досліджуваних в ній процесів, а також управління здійснюються в дискретні моменти часу, тобто по кроках.

Слід зазначити, що для дослідження задач оптимізації управління в багатокрокових системах серед різних підходів можна виділити наступні основні [3]. Перший підхід заснований на принципі оптимальності Р. Беллмана та призводить до необхідності вирішувати функціональні рівняння спеціального виду. Достоїнства та можливості динамічного програмування, розвиненого на основі цього підходу, добре відомі, та він досить повно відображений у літературі [4, 5].

Другий - варіаційний підхід [6], який заснований на поширенні ідей і методів математичного програмування на багатокрокові задачі та змикається з апаратом принципу максимуму Л.С. Понтрягіна, розвиненого для вирішення задач оптимального управління у диференціальних системах (з безперервним часом). Цей підхід зазвичай називають «дискретний принцип максимуму». Принцип максимуму поширює варіаційні методи на оптимальні задачі для систем, що описуються звичайними диференціальними рівняннями при довільних обмеженнях на управлінський вплив, а також при деяких видах обмежень на змінні процесу [7]. Відомо багато узагальнень принципу максимуму Л.С. Понтрягіна. Але метод Понтрягіна ґрунтується на диференціальних моделях, а в задачах управління ІПП процеси по суті є дискретними. Таким чином, набагато краще використовувати відразу дискретні економіко-математичні моделі.

Мета дослідження. Аналіз та дослідження моделі оптимізації управління інноваційними процесами при наявності ризиків. Формування узагальненої моделі управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК. Опис інформаційних можливостей у процесі адаптивного управління досліджуємої дискретної динамічної моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо економіко-математичну модель динаміки управління ІПП АПК, яка відноситься до класу лінійних дискретних керованих динамічних систем. Дійсно, нехай на заданому цілочисельному проміжку часу $\overline{0,T} = \{0,1,\ldots,T\}$ $(T > 0)$ розглядається багатокрокова динамічна система, яка складається з одного керованого об'єкта – об'єкта I (керованого гравцем P – суб'єктом управління), рух якого описується лінійним дискретним рекурентним векторним рівнянням наступного виду

$$\bar{x}(t+1) = \overline{A}(t)\bar{x}(t) + \overline{B}(t)\bar{u}(t) + \overline{C}(t)\overline{w}(t) + \overline{D}(t)\bar{v}(t), \ \bar{x}(0) = \bar{x}_0. \tag{1}$$

Тут $t \in \overline{0,T-1}$; $\bar{x} \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$ – фазовий вектор об'єкта I, який для моделі динаміки управління ІПП АПК складається з $\bar{n} = n + m + 2$ координат, тобто $\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t),..., x_n(t), y_1(t), y_2(t),..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$;

$\bar{u}(t) \in \mathbf{R}^{\bar{p}}$ – управлінський вплив (управління) гравця P, стиснуте заданим обмеженням:

$$\bar{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t) = U_{N_t}(t) \subset \mathbf{R}^{\bar{p}} \quad (\bar{p} \in \mathbf{N} : \bar{p} = n); \tag{2}$$

$\bar{w}(t) = (w_1(t), w_2(t),..., w_{\bar{m}}(t))' \in \mathbf{R}^{\bar{m}}$ $(\bar{m} = m)$ – вектор інтенсивності поповнення складських ресурсів у період часу t $(t \in \overline{0, T-1})$, який залежить від припустимої реалізації управління $\bar{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t)$ та повинен задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$\bar{w}(t) \in \boldsymbol{W}_1(\bar{u}(t)) = W_{M_t}(\bar{u}(t)) \subset \mathbf{R}^{\bar{m}} \qquad (\bar{m} \in \mathbf{N} : \bar{m} = m); \tag{3}$$

Припускається також, що для всіх $t \in \overline{0, T-1}$, кожна припустима реалізація фазового вектора $\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t),..., x_n(t), y_1(t), y_2(t),..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$ задовольняє наступному фазовому обмеженню

$$\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t),..., x_n(t), y_1(t), y_2(t),..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \boldsymbol{X}_1(t) =$$

$$= \begin{cases} x_j(t) \geq 0,\ x_j(0) = 0,\ j \in \overline{1, n}; \\ y_i(t) \geq 0,\ y_i(0) = b_i,\ i \in \overline{1, m}; \\ k(t) \geq 0,\ k(0) = G + G_0 \geq 0; \\ Z(t) \geq 0,\ Z(0) = 0. \end{cases} \tag{4}$$

$\bar{v}(t) = (v(t), v'(t), v''(t)) \in \mathbf{R}^q \times \mathbf{R}^l \times \mathbf{R}^r$ – узагальнений вектор ризиків, який при управлінні ІПП АПК у період часу t $(t \in \overline{0, T-1})$ залежить від припустимої реалізації управління $\bar{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t)$ й повинен задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$\bar{v}(t) \in \boldsymbol{V}_1(\bar{u}(t)) = \bar{V}(\bar{u}(t)) \subset \mathbf{R}^{\bar{q}} \quad (\bar{q} \in \mathbf{N} : \bar{q} = q + l + r). \tag{5}$$

Матриці $\bar{A}(t), \bar{B}(t)$, $\bar{C}(t)$ і $\bar{D}(t)$ у векторному рівнянні (1) для економіко-математичної моделі, що описує динаміку управління ІПП АПК, є дійсні матриці порядків $(\bar{n} \times \bar{n})$, $(\bar{n} \times \bar{p})$, $(\bar{n} \times \bar{m})$ і $(\bar{n} \times \bar{q})$ відповідно й такі, що для всіх $t \in \overline{0, T-1}$ матриця $\bar{A}(t)$ є невиродженою, тобто для неї існує відповідна їй зворотна матриця $\bar{A}^{-1}(t)$, а ранг матриці $\bar{B}(t)$ рівний $\bar{p}$ (розмірності вектора $\bar{u}(t)$). Ці матриці відомі та містять характеристики процесу управління ІПП АПК.

Дані матриці мають наступний конкретний вид:

$$\overline{A}(t)=\begin{pmatrix} a_{11}(t) & 0 & ... & 0 & 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22}(t) & ... & 0 & 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 0 \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & ... & a_{nn}(t) & 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & 0 & r_{11}(t) & 0 & ... & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & 0 & 0 & r_{22}(t) & ... & 0 & 0 & 0 \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 0 & ... & r_{mm}(t) & 0 & 0 \\ z_1(t) & z_2(t) & ... & z_n(t) & p_1(t) & p_2(t) & ... & p_m(t) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 0 & ... & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$\overline{B}(t)=\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -b_{11} & -b_{12} & \dots & -b_{(1,(n-1))} & -b_{1n} \\ -b_{21} & -b_{22} & \dots & -b_{(2,(n-1))} & -b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \\ -b_{m1} & -b_{m2} & \dots & -b_{(m,(n-1))} & -b_{mn} \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix}; \qquad \overline{C}(t)=\begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\overline{D}(t)=\begin{pmatrix} -c_{11} & -c_{12} & \dots & -c_{1q} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -c_{11} & -c_{12} & \dots & -c_{1q} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -c_{n1} & -c_{n2} & \dots & -c_{nq} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -c'_{11} & -c'_{12} & \dots & -c'_{1l} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -c'_{21} & -c'_{22} & \dots & -c'_{2l} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -c'_{m1} & -c'_{m2} & \dots & -c'_{ml} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -c''_1 & -c''_2 & \dots & -c''_r \end{pmatrix}.$$

Відзначимо, що для всіх $t \in \overline{0, \mathrm{T}-1}$ множина $\boldsymbol{U}_1(t)$ в обмеженні (2) є непорожньою та кінцевою множиною, що складаються з N_t ($N_t \in \mathbf{N}$) векторів простору $\mathbf{R}^{\overline{p}}$; для всіх $t \in \overline{0, \mathrm{T}-1}$ і векторів $\overline{u}(t) \in \overline{\boldsymbol{U}}_1(t)$, множина $\boldsymbol{W}_1(\overline{u}(t))$ в обмеженні (3) є непорожньою та кінцевою множиною, що складаються з $M_t(i)$ ($M_t(i) \in \mathbf{N}$, $i \in \overline{1, N_t}$) векторів простору $\mathbf{R}^{\overline{m}}$, а множина $\boldsymbol{V}_1(\overline{u}(t))$ в обмеженні (5) також є непорожнім і опуклим, замкненим і обмеженим багатогранником (з кінцевим числом вершин) у просторі $\mathbf{R}^{\overline{q}}$. Опишемо інформаційні можливості гравця *P* у процесі мінімаксного адаптивного (за принципом зворотного зв'язку) управління ІПП АПК для дискретної динамічної системи (1) − (5). Передбачається, що для будь-якого моменту часу $\tau \in \overline{1, T}$ і відповідного цілочисельного проміжку часу $\overline{0, \tau} \subseteq \overline{0, T}$ ($0 < \tau$) до моменту часу τ в процесі управління ІПП АПК гравцем *P* виміряються та запам'ятовуються наступні величини: $\overline{x}(0) = \overline{x}_0$ – початковий фазовий стан об'єкта *I*; $\overline{u}(\cdot) = \{\overline{u}(t)\}_{t \in \overline{0, \tau-1}}$ – історія реалізації управління гравця *P* на проміжку $\overline{0, \tau}$; $\overline{w}(\cdot) = \{\overline{w}(t)\}_{t \in \overline{0, \tau-1}}$ – історія реалізації вектора інтенсивності поповнення складських ресурсів на проміжку $\overline{0, \tau}$; $\overline{v}(\cdot) = \{\overline{v}(t)\}_{t \in \overline{0, \tau-1}}$ – історія реалізації вектора ризиків на проміжку $\overline{0, \tau}$. Рівняння (1) і обмеження (2) – (5) для нього також відомі. Розглянутий процес управління ІПП АПК оцінюється значенням опуклого функціонала $\widetilde{\boldsymbol{F}} : \mathbf{R}^{\overline{n}} \to \mathbf{R}^1$, визначеного на можливих реалізаціях фазового вектора $\overline{x}(T) \in \mathbf{R}^{\overline{n}}$ системи (1) − (5) у фінальний момент часу *T*. Тоді для системи (1) − (5) ціль оптимального адаптивного управління з погляду гравця *P* може бути сформульована в такий спосіб: на заданому проміжку часу $\overline{0, T}$ потрібно, щоб гравець *P* організував своє управління $\overline{u}(\cdot) = \{\overline{u}(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}$ (для всіх $t \in \overline{0, T-1} : \overline{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t)$) за принципом зворотного зв'язку (як реалізацію мінімаксної адаптивної стратегії [5] з обраного класу припустимих адаптивних стратегій), використовуючи всю доступну для нього інформацію про цей процес таким чином, щоб можливе найбільше значення функціонала $\widetilde{\boldsymbol{F}}$, визначеного на реалізації вектора $\overline{x}(T) \in \mathbf{R}^{\overline{n}}$ (де $\overline{x}(T)$ є реалізація фазового вектора об'єкта *I* у момент часу *T*, відповідна до реалізації управління $\overline{u}(\cdot)$) було мінімальним. При цьому передбачається, що найгірші (найбільші) значення функціонала $\widetilde{\boldsymbol{F}}$ можуть реалізуватися за рахунок можливих несприятливих реалізацій $\overline{v}(\cdot)=\{\overline{v}(t)\}_{t\in\overline{0,T-1}}$ (для всіх $t\in\overline{0,T-1}:\overline{v}(t)\in \boldsymbol{V}_1(\overline{u}(t))$ узагальненого вектора ризиків, а реалізації $\overline{w}(\cdot)=\{\overline{w}(t)\}_{t\in\overline{0,T-1}}$ (для всіх $t\in\overline{0,T-1}:\overline{w}(t)\in \boldsymbol{W}_1(\overline{u}(t))$) вектора інтенсивності поповнення складських ресурсів сприяють досягненню цілей гравця *P*, тобто їхній вибір (за завданням гравця *P*) направлений на мінімізацію функціонала $\widetilde{\boldsymbol{F}}$ у відповідності з обраної ним стратегією.

Висновки. Представлені в статті результати базуються можуть бути використані для економіко-математичного моделювання та вирішення інших завдань оптимізації процесів прогнозування даних і управління в умовах дефіциту інформації та наявності ризиків, а також для розробки відповідних програмно-технічних комплексів для підтримки прийняття ефективних управлінських рішень на практиці.

Бібліографічний список: 1. Бурков В.Н. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства. / В.Н. Бурков, Г.С. Джавахадзе. – М.: ИПУ РАН, 1997. – 64 с. 2. Браверман Э. М. Математические модели планирования и управления в экономических системах: учеб. пособие / Э.М.Браверман; под ред. С.В. Емельянова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1976. – 368 с.: ил. – Библиогр.: С. 294–297. 3. Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. / Д.А. Новиков – М.: Фонд "Проблемы управления", 1999. – 161 с. 4. Беллман Р. Динамическое программирование и современная теория управления / Р. Беллман, Р. Калаба; перевод с англ. Е.Я. Ройтенберга. – под ред. Б.С. Разумихина. – М.: Наука, 1969. – 118 с. 5. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1975. – 526 с. 6. Черноусько Ф.Л. Вариационные задачи механики и управления: Численные методы / Ф.Л. Черноусько, Н.В. Баничук. – М.: Наука, 1973. – 238 с. 7. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении / Л.С. Понтрягин [2-ое изд, стереотипное]. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 64 с.

Бабенко В.А. Формирование обощенной модели управления нновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК. Проанализирована и исследована динамическая задача управления

инновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК при наличии рисков, описаны информационные условия исследуемого процесса. Разработана обобщенная модель управления инновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК с соответствующими ограничениями, выполнена ее формальная постановка.

Babenko V. Formation of management general model of innovation processes at processing enterprises in Agro-Industrial Complex. The dynamical problem of innovative process management processing of agricultural enterprises in the presence of risk is analyzed and studied, information conditions of the test process are described. The generalized model of innovative process management processing of agricultural enterprises with appropriate limits is developed, its formal statement is made.