

УДК 004.62

Т.В. Лук'яненко

Луганський національний університет ім. Т.Г. Шевченка, Луганськ

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЗАСТОСОВУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

В статті розглядається математична модель формування стратегії розвитку соціально-економічної системи в умовах загальних обмежень ресурсів та невизначеності. Модель дозволяє встановити резерви та інтенсифікувати використання ресурсів за напрямками, надає можливість формувати загальну стратегію розвитку СЕС. Представлено алгоритм реалізації наведеної моделі, що враховує перерозподіл ресурсів між напрямками діяльності, у випадку необхідності, з урахуванням ресурсного балансу. В роботі приведені варіанти стратегії розвитку СЕС та практичний досвід використання розробленої математичної моделі, що використовує теорію нечітких множин і нечіткої логіки.

**Ключові слова:** теорія нечітких множин і нечіткої логіки, математична модель, алгоритм, прийняття рішень, інформаційно-аналітична система, інформаційні технології.

### Вступ

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах управління в соціально-економічних системах (СЕС) необхідно здійснювати умови обмежень ресурсів та невизначеності зовнішніх умов існування. Наявність факторів впливу зовнішнього середовища потребує швидких неординарних рішень з боку системи управління, які сприятимуть розвитку напрямків діяльності. Формування загальної стратегії з розвитку СЕС в обраному керівництвом напрямку є дуже актуальним та навіть життєво необхідним.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідження з досвіду управління в західних країнах свідчать, що висока ефективність організації забезпечується завдяки збалансуванню механізмів контролю, коли формальні і неформальні правила органічно поєднані як на окремому рівні так і в системі управління СЕС взагалі. Теоретичною основою для вирішення завдань управління розвитком складних систем є: системний аналіз, програмно-цільове планування, системна оптимізація, дослідження операцій, теорія приймання рішень, яким присвячені роботи відомих учених, – Р. Беллмана, У.І. Зангвіла, Ю.П. Зайченко, О.І. Ларічева, А.А. Павлова, І.В. Сергиєнко, Н.З. Шора і багатьох інших авторів.

**Мета статті.** Формування стратегії розвитку СЕС – це складна задача, яка потребує використання великої кількості інформації про показники системи, що вимірюються в різних одиницях виміру. Необхідним є використання уніфікованих оцінок, які визначають показник у розрізі його достатності.

При розробці нових механізмів та алгоритмів управління СЕС необхідною умовою є пошук балансу ресурсів на різних рівнях керування. Таким чином, необхідно розробити математичну модель

формування стратегії розвитку, реалізувати її у аналітично-інформаційній системі (ІАС) та на практиці скорегувати стан СЕС за обраною керівництвом стратегією розвитку.

### 1. Математична модель формування стратегії розвитку СЕС

Рішення задачі формування стратегії розвитку СЕС в умовах обмежень та невизначеності зводиться до наступного виду:

$$I(\Delta) = \max \left\{ \begin{array}{l} F_{G^S}(y^S, x, \Delta) : y^S \in S \\ x \in X' \end{array} \right\} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\Delta \in G^S;$$

$$\Phi(\Delta) = \max \left\{ \begin{array}{l} F_0(\tilde{x}_0^S, x, \Delta) : \tilde{x}_0^S \in \tilde{X} \\ x \in X' \end{array} \right\} \leq \varepsilon; \quad (2)$$

$$\varepsilon \geq \varepsilon_{\min}^{(n)} = \inf \{ \Phi(\Delta) : \Delta \in G^S \}, \quad (3)$$

де  $I(\Delta)$  – стратегія управління розвитком СЕС, що забезпечує наближення до запланованих оцінок за напрямками;  $F_{G^S}(y^S, x, \Delta)$  – функція згортки критеріїв за напрямками діяльності;  $\Phi(\Delta)$  – оцінка етапів та напрямку розвитку СЕС відповідно до стратегії;  $\Delta$  – множина напружених варіантів, сформованих за критеріями відповідної стратегії  $S$ ;  $y^S$  – заплановані оцінки напрямків діяльності відповідно стратегії  $S$ ;  $G^S$  – функція критеріїв відповідно стратегії  $S$ ;  $\tilde{x}_0^S$  – проміжні стани-етапи у напрямку обраної стратегії  $I(\Delta)$ ;  $F_0(\tilde{x}_0^S, x, \Delta)$  – функція переходу між станами-етапами  $\tilde{x}_0^S$  у напрямку обраної стратегії  $I(\Delta)$  для визначення покрокового наближення за параметрами  $x$ ;  $\varepsilon$  – допуски на значення  $F_0$ .

## 2. Принципи використання математичної моделі формування стратегії розвитку СЕС

На першому етапі необхідно вирішити завдання збору та аналізу вхідної інформації, яка дає змогу оцінити напрямки діяльності та цілком стратегію.

Реалізацію алгоритму вирішення задачі аналізу стану СЕС можна визначити послідовністю наступних етапів:

1. На першому етапі визначаються завдання діагностики за існуючою стратегією. Якщо попереднім циклом невизначено, за нульову стратегію  $S^*$  будемо застосовувати стратегію рівномірного розвитку з максимізацією комплексної оцінки у межах ресурсних обмежень.

2. На другому етапі проводиться збір необхідної внутрішньої інформації стосовно ресурсного забезпечення. Джерелом інформації щодо ресурсів є група підрозділів. Рішення цієї задачі потребує організаційних заходів щодо обміну інформації, підготовку інформаційного та програмного забезпечення передачі, накопичення та обробки даних.

3. Третій етап включає визначення зовнішніх факторів впливу. Зовнішні фактори можуть мати як прямий зв'язок з процесами управління, наприклад, рівень держзамовлення, кількість потенційних клієнтів, попит на товари. Визначитися з важливістю того чи іншого фактору повинна група експертів, в состав якої необхідно задіяти як можна більшу кількість зацікавлених сторін.

4. Враховуючи можливість змін стосовно стратегії та тактики управління, розроблені механізми формування та зміни вигляду матриць згортки для комплексної оцінки напрямків діяльності та загальної стратегії СЕС [1].

Рішення задачі формування узгодженої програми розвитку СЕС припускає реалізацію суперечливих цілей в рамках істотних ресурсних обмежень. В цьому випадку для ухвалення рішення необхідно використовувати механізм оцінки досяжності цілей.

## 3. Алгоритм реалізації задачі формування стратегії розвитку СЕС

Представлений алгоритм (рис. 1) розроблено для реалізації математичної моделі формування стратегії розвитку СЕС. Діяльність СЕС можна визначити як комплекс, який складається з  $k$  напрямків. Рівень розвитку  $k$ -го напрямку оцінюється на неперервній шкалі показником  $y(j) \in [0; 1]$ ,  $j \in K = \{1, 2, \dots, k\}$  – множини напрямків, якщо задані:

– вектор початкових значень стану напрямків  $y_j^0 \in [0; 1]$ ,  $j \in K$ ;

закони динаміки ступенів розвитку:

$$\dot{y}_j = f_j(y(t), x_j(t)), \quad j \in K; \quad (4)$$

де  $y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$ ,  $x_j(t) \geq 0$  – значення ресурсного забезпечення  $k$ -го напрямку в момент часу  $t$ ;

– критерій  $G(y)$  ступеню розвитку СЕС взагалі.

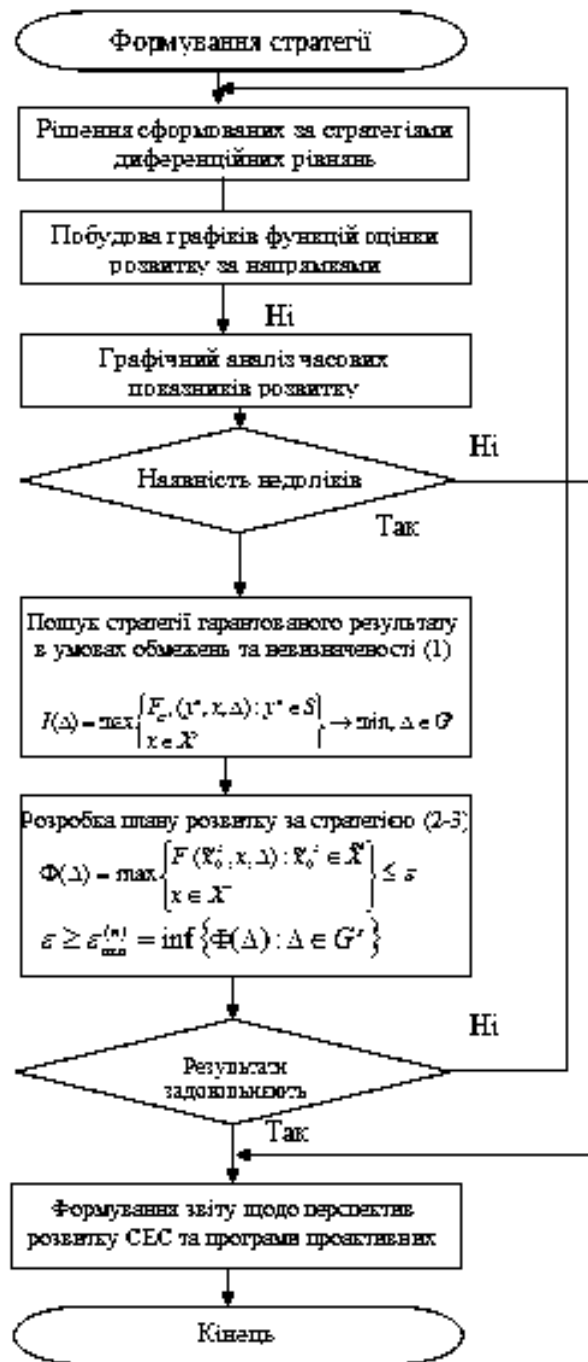


Рис. 1. Алгоритм реалізації задачі формування стратегії

Відносно системи диференціальних рівнянь (4), таких що  $\forall j \in K, \forall y_j \in [0; 1], \forall x_j \geq 0$ , необхідно виконання наступних умов:

1.  $f_j(y, 0) = 0$  – при відсутності ресурсного забезпечення розвиток напрямку неможливий;

2.  $f_j(y, x_j) \geq 0$  – результати діяльності за напрямками не втрачають свого значення;

$$3. \frac{\partial f_j(y)}{\partial y_j} \geq 0, \quad j \neq i \text{ – принцип комплексності}$$

розвитку – чим вище рівень розвитку сусідніх напрямків, тим ймовірніше розвиток інших;

$$4. \frac{\partial f_j(y)}{\partial x_j} \geq 0 \text{ – швидкість розвитку напрямку}$$

від збільшення обсягу ресурсу зростає;

$$5. \frac{\partial G(y)}{\partial y_j} \geq 0 \text{ – чим вище ступень розвитку}$$

кожного напрямку, тим вище ступень розвитку СЕС [2].

Оцінка стану СЕС за всіма напрямками діяльності здійснюється за допомогою алгоритму напівнескінченної оптимізації з нечіткими оцінками (рис. 1). Для чого визначається вектор  $\Delta = (\Delta_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $\Delta \in G_n$  та відповідні функції належності  $\mu_{\Delta_i}(\Delta_i)$  [3].

#### 4. Приклади реалізації стратегій з використанням розробленої моделі формування стратегії

Для вирішення визначеної задачі оптимального управління СЕС доцільно використати апарат диференціальних рівнянь, який дозволить врахувати взаємозв'язок різноманітних напрямків діяльності не тільки на рівні балансу ресурсного забезпечення, але і на рівні результативності та ефективності [4, 5].

Вибрав фіксований плановий період  $T > 0$  і обмеження  $R$  для  $x \in X$  на множині припустимих значень ресурсного забезпечення  $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$  з урахуванням закону динаміки ступенів розвитку за напрямками:

$$\dot{y}_j = f_j(y(t), x_j(t)), \quad j \in K; \quad (5)$$

можна вирішити задачі планування розвитку СЕС відповідно до наступних варіантів стратегії та оцінити рівень результату.

1.  $S_{\max}$  – максимізація ступеню розвитку СЕС до кінця планового періоду  $T$  у межах існуючого ресурсного забезпечення:

$$G^{\max}(y(T)) \rightarrow \max_{y(t), x \in X} \quad (6)$$

2.  $S^c$  – досягнення заданого рівня розвитку СЕС  $G_0$  з мінімальними витратами ресурсного забезпечення. Якщо задано функціонал  $G(y)$ , то задача має вигляд

$$G^C(\Delta) \rightarrow \min_{y(t), x \in X, x(y) \geq x_0} \quad (7)$$

3.  $S^T$  – мінімізація часу досягнення заданого рівня розвитку  $G_0$  для СЕС формує таку стратегію:

$$G^T(\Delta) \rightarrow \min_{y(t), x \in X, G(y(T)) \geq G_0} \quad (8)$$

4.  $S_{\min}$  – стратегія рівномірного розвитку СЕС, вирішується як:

$$G_{\min}(y) \rightarrow \min_{j \in K} \{y_j\} \quad (9)$$

5.  $S^\alpha$  – стратегія розвитку пріоритетного напрямку діяльності СЕС:

$$G_\alpha(y) = \sum_{j \in K} \alpha_j y_j, \quad (10)$$

де  $\alpha_j > 0$ ,  $j \in K$  – константи пріоритетів, такі, що  $\sum_{j \in K} \alpha_j = 1$ ,  $\alpha \rightarrow [0; 1]$

Вирішення задач підвищення якості управління розвитком СЕС передбачає можливість побудови ієрархії стратегій для моменту часу  $T$ , та зміну під час планового періоду.

Результати оптимізації для незв'язаних напрямків за допомогою рівнянь Бернуллі мають вигляд набору логістичних кривих наведених на графіках (рис. 2):

$$y_j(t, x_j) = \frac{y_j^0}{y_j^0 + (1 - y_j^0)e^{-\gamma(x_j)t}}, \quad j \in K. \quad (11)$$

Результати, що отримані при вирішенні задачі формування стратегії управління розвитком в ІАС крім табличних даних, представлені у графічному вигляді [6].

При постійному розподілі ресурсів для кожного напрямку, відповідно до критерію (9), оптимальним буде такий розподіл ресурсів матеріальних, кадрових та інших, при якому усі напрямки досягають необхідного рівня одночасно. Результати оптимізації за моделлю наведено на рис. 2 б. Після використання критеріїв (9) та (10) напрямки розвитку 1 та 3 скоректовані за часом досягнення глобального критерію, отриманий резерв ресурсів дозволив підтримати напрямок 4 та прискорити напрямок 2, який був визначено як пріоритетний.

Апарат диференціальних рівнянь враховує взаємозв'язок різноманітних напрямків діяльності СЕС на рівнях ресурсного балансу, результативності та ефективності.

Після проведення процедур корегування стану об'єкту та перерозподілу наявних ресурсів, графік показує оптимізацію за стратегією планомірного розвитку всіх напрямків діяльності (рис. 2б).

#### Висновки

Математична модель формування стратегії розвитку СЕС дозволяє досягти запланованих оцінок напрямків діяльності в умовах невизначеності та обмежень ресурсів відповідно до встановлених критеріїв розвитку.

Алгоритм реалізації задачі формування стратегії передбачає механізми аналізу довгострокових наслідків акордного перерозподілу ресурсів під час

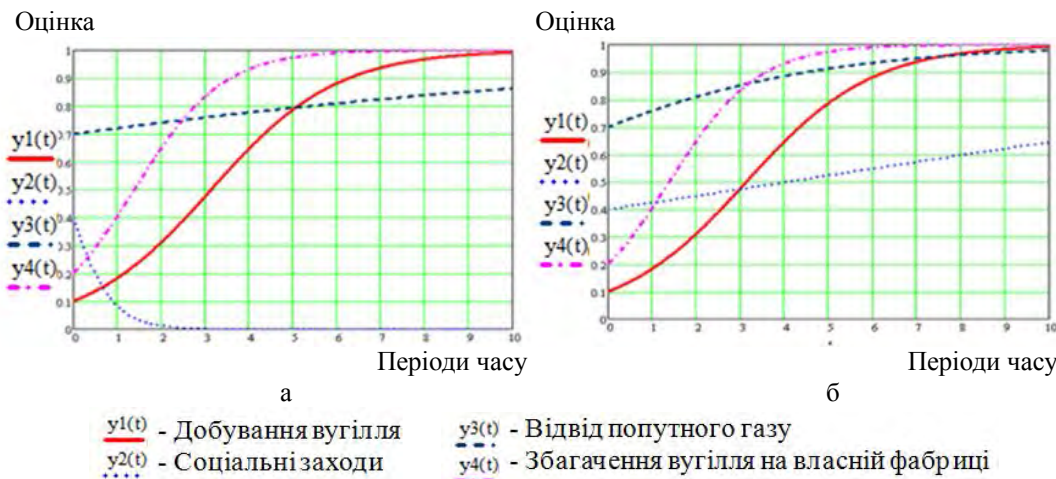


Рис. 2.. Результати оптимізації для незв'язаних напрямків

зміни структури чи змісту напрямків діяльності СЕС. Цей алгоритм використовується для моделювання різних варіантів розвитку СЕС під час модельних експериментів щодо зміни стратегії розвитку. Ефективність обраної стратегії оцінюється як відстань від бажаної оцінки напрямку діяльності.

Розробка та реалізація математичної моделі формування стратегії розвитку у ІАС, надала можливість використовувати теоретичне підґрунтя для прийняття рішень. Здобуті результати мають важливе наукове і практичне значення для проактивного управління СЕС для визначення шляху розвитку СЕС.

## Список літератури

1. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 2006. – 208 с.

2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

3. Лук'яненко Т.В. Оцінка стану та формування стратегії розвитку соціально-економічних систем / Т.В. Лук'яненко // Системи обробки інформації. – X. : ХУПС, 2012. – №2 (100). – С. 133-138.

4. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2002. – 194 с.

5. Рыжико А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А.П. Рыжико. – М.: Диалог МГУ, 2003. – 81 с.

6. Вагин В.Н. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальной систем поддержки принятия решений реального времени / В.Н. Вагин, А.П. Еремеев // Известия РАН. Теория и системы управления. – М., 2001. – № 6. – С. 114-123.

Надійшла до редколегії 16.12.2013

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. О.С. Меньяйленко, Луганський національний університет ім. Т. Шевченка, Луганськ.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т.В. Лукьяненко

В статье рассматривается математическая модель формирования стратегии развития социально-экономической системы в условиях общих ограничений ресурсов и неопределенности. Модель позволяет установить резервы и интенсифицировать использование ресурсов по направлениям, дает возможность формировать общую стратегию развития СЭС. Представлен алгоритм реализации приведенной модели, которая учитывает перераспределение ресурсов между направлениями деятельности, в случае необходимости, с учетом ресурсного баланса. В работе приведенные варианты стратегий развития СЭС и практический опыт использования разработанной математической модели, которая использует теорию нечетких множественных чисел и нечеткой логики.

**Ключевые слова:** теория нечетких множеств и нечеткой логики, математическая модель, алгоритм, принятие решений, информационно-аналитическая система, информационные технологии.

## PROGRAMMATIC REALIZATION AND APPLICATION OF MATHEMATICAL MODEL FOR FORMATION STRATEGIC MANAGEMENT OF THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

T.V. Lukyanenko

The mathematical model for formation strategic management of the development of socio-economic systems in the conditions of general resources limitations and vagueness in the article is presented. The model allows establishing reserves and intensify use of resources behind directions, gives an opportunity to form the general strategy of development SES. The algorithm realization is presented, which takes into account the resources redistribution between directions activity, in the case of necessity, taking into account resources balance. The variants of SES's development strategies and practical experience of the use mathematical model which uses the theory of fuzzy sets and fuzzy logic in the work are presented.

**Keywords:** theory of fuzzy sets and fuzzy logic, mathematical model, algorithm, making a decision, information-analytical system, information technologies.