

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**Чередніченко Ольга Юрїївна**

УДК 519.8:681.518

**МОДЕЛІ, АЛГОРИТМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ  
(НА ПРИКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ)**

Спеціальність 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні  
інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2003

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор Годлевський Михайло Дмитрович, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, завідувач кафедри автоматизованих систем управління

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Петров Едуард Георгійович, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри схемотехніки,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Лисенко Олександр Іванович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, доцент кафедри менеджменту

Провідна установа: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління, м. Київ

Захист відбудеться „15” січня 2004 о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут”, за адресою: 61002, Харків – 2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий „12” грудня 2003 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Голоскоков О.Є.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** З переходом до ринкової економіки підприємства одержали фінансову та юридичну самостійність. Незважаючи на це, вони залишилися залежними в тій або іншій мірі від держави як одного з самих великих і вигідних замовників продукції. На рівні держави (міністерства, відомства, державні комітети і т.д.) залишилися такі управляючі впливи: розподіл державного замовлення на продукцію; видача ліцензій; надання пільгових кредитів і державних гарантій на кредити інвесторів і т.д. Актуальною проблемою став перехід від директивного централізованого управління до координації функціонування окремих ланок економіки країни на різних горизонтах планування і рівнях управління. Таким чином, міністерства, які представляють державні інтереси, повинні були перейти до нових принципів та підходів управління.

На першому етапі становлення економіки країни була недооцінена роль державного регулювання, яке особливо необхідне у період переходу від централізованого управління до ринкових умов господарювання. При цьому державне регулювання в першу чергу актуально для тих напрямків народного господарства, які в більшості або цілком орієнтовані на державне бюджетне фінансування: охорона здоров'я, оборона, освіта. Для цих відомств особливо важливим є питання управління розвитком в умовах жорстких обмежень на ресурси. Тому край необхідною є проблема створення інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ), однією з важливих задач яких є управління розвитком таких систем.

На теперішній час не існують моделі та алгоритми управління розвитком вищої освіти на рівні Міністерства освіти і науки України (МОНУ) в межах єдиної інформаційної технології. Все це говорить про актуальність наукових досліджень, які виконувались у дисертаційній роботі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась в межах держбюджетних тем: "Розробка теоретичних основ математичних моделей, організаційно-економічних механізмів ефективного управління національними економіками, що трансформуються", затвердженої наказом Міністерства в справах науки та технологій України №72 від 17.03.1997г.; "Розвиток прикладних аспектів методології системного підходу до автоматизованого аналізу та синтезу складних систем з використанням прогресивних інформаційних технологій", затвердженої наказом Харківського державного політехнічного університету №6-II від 4.01.2000г. Автор брав участь у виконанні зазначених робіт як виконавець.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління розвитком соціально-економічних систем на прикладі вищої освіти України шляхом розробки і дослідження моделей, алгоритмів і інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень (СППР). Для досягнення поставленої мети було:

- поставлено задачу управління розвитком соціально-економічної системи на прикладі вищої освіти України;

- розроблено модель управління розвитком вищої освіти на рівні МОНУ;

- розроблено методику формування опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти, яка визначає динаміку необхідного бюджетного фінансування окремих напрямків та спеціальностей підготовки фахівців;

- побудовано модель та алгоритм координації розподілу бюджетного фінансування між вищими навчальними закладами (ВНЗ) - поточне планування;

- розроблено інформаційну технологію СППР для вирішення задачі управління розвитком вищої освіти на рівні МОНУ;

- проведено перевірку працездатності моделей, алгоритмів та інформаційної технології СППР на інформації по Харківській області.

*Об'єктом дослідження є соціально-економічна система на прикладі вищої освіти України.*

*Предмет дослідження – моделі поточного та середньострокового управління розвитком вищої освіти України.*

*Методи дослідження.* Досягнення мети дисертаційної роботи базується на комплексному використанні теорії системного аналізу, програмно-цільового планування, методів математичного програмування для вирішення задач лінійного неперервного та дискретного програмування, багатокритеріальної оптимізації та теорії прийняття рішень.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна роботи полягає у постановці та вирішенні актуальної проблеми управління розвитком соціально-економічної системи на прикладі вищої освіти України. У результаті вирішення цієї проблеми:

- одержала подальший розвиток постановка задачі управління розвитком соціально-економічних систем;

- вперше розроблено моделі управління розвитком вищої освіти на рівні Міністерства освіти і науки України при середньостроковому плануванні;

- вперше розроблено методику формування опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти України, яка визначає динаміку необхідного бюджетного фінансування на плановому періоді по окремих напрямкам і спеціальностям підготовки фахівців з вищою освітою;

- одержали подальший розвиток моделі та алгоритми розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ на етапі поточного планування;

- вперше розроблено інформаційну технологію СППР для підсистем поточного та середньострокового планування АСУ Міністерства освіти і науки України.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення проведеної роботи полягає у наступному. Розроблено: 1) модель управління розвитком системи вищої освіти при

середньостроковому плануванні, яка при її адаптації може бути використана для різноманітних соціально-економічних систем; 2) методику побудови опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти України, яка дозволяє визначити необхідні фінансові ресурси по роках планового періоду; 3) модель і алгоритм розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ при поточному плануванні.

Одержані практичні результати роботи спрямовані на досягнення основної мети системи вищої освіти України – забезпечення економіки країни фахівцями з вищою освітою при мінімальних фінансових витратах для суспільства при заданому рівні їх кваліфікації. Практичне значення результатів роботи підтверджується довідкою МОНУ про можливість використання розробленої СППР в межах підсистеми поточного і середньострокового планування АСУ Міністерства освіти і науки України.

Результати досліджень, проведених у дисертаційній роботі, використовуються в навчальному процесі кафедри АСУ НТУ “ХП” у дисциплінах: “Теорія прийняття рішень”, “Менеджмент в державних організаціях”, “Державне регулювання економікою”.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати, що виносяться на захист, одержані особисто автором. Автору належать: постановка задачі управління розвитком системи вищої освіти; основні принципи управління розвитком соціально-економічних систем на основі державного фінансування; модель управління розвитком вищої освіти на рівні Міністерства освіти і науки України; методика побудови опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти; модель розподілу бюджетного фінансування між вищими навчальними закладами на етапі поточного планування; принципи побудови інформаційної технології СППР для вирішення задачі управління розвитком вищої освіти на рівні МОНУ.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (Харків, 2000, 2002), на 9-й Міжнародній конференції по управлінню “Автоматика-2002” (Донецьк, 2002), на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління і кафедри системного аналізу і управління НТУ “ХП”.

Розроблені в дисертаційній роботі моделі та методи пройшли апробацію в межах СППР на інформації Головного управління освіти і науки Харківської обласної державної адміністрації.

**Публікації.** За результатами наукових досліджень опубліковано 10 наукових праць, з них 8 статей у наукових фахових виданнях, що пропонуються ВАК України, та 2 роботи у збірниках праць наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг дисертації складає 221 сторінку. Робота містить 17 ілюстрацій по тексту; 11 таблиць по тексту; 15 ілюстрацій на 10 сторінках; 2 таблиці на 1 сторінці; 6 додатків на 43 сторінках; 258 найменувань використаних джерел на 27 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано основну мету та задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію про впровадження результатів роботи, їхню апробацію та публікації.

У першому розділі проведено аналіз проблеми координації та управління розвитком ієрархічних розподілених систем. Розглянуто моделі та алгоритми, що використовуються для вирішення цих задач. У першому параграфі надано характеристику ієрархічних розподілених систем та виділені основні труднощі, що виникають при їх дослідженні: формалізація задачі, невизначеність, декомпозиція на окремі підсистеми та узгодження їх функціонування, ступінь інформованості підсистем, урахування динаміки розвитку системи, тощо. У другому параграфі розглянуто різноманітні підходи до вирішення задач координації та управління розвитком складних систем. Відзначено, що недостатньо вивчені та розроблені динамічні моделі задач координації. У третьому параграфі запропоновано класифікацію задач координації, яка базується на наступних показниках: принцип управління, спосіб формування даних, джерело ресурсів, тип цілі центру. В четвертому параграфі відзначено, що для економіки держави проблема координації та управління розвитком ієрархічних розподілених систем різноманітного призначення на основі державних механізмів регулювання є однією з важливих задач, яку необхідно вирішувати в умовах переходу до ринкових відносин. Одним з провідних напрямків державного регулювання економіки є система вищої освіти. Для неї зроблено постановку задачі координації та управління розвитком на рівні МОНУ.

Другий розділ присвячено питанням побудови моделі управління розвитком вищої освіти. Розглянуто етапи поточного та середньострокового планування, для яких визначено основні цілі та критерії задачі. При середньостроковому плануванні виділено два основних критерії: інтегральне відхилення необхідної кількості фахівців з вищою освітою, що прогнозується у народному господарстві держави, від запланованої кількості; сумарні приведені витрати.

Модель управління розвитком розподіленої соціально-економічної системи на прикладі вищої освіти розглянуто на інтервалі часу, що складається з двох складових. Перша складова визначає підперіод передісторії. Друга складова - безпосередньо плановий період.

У вигляді основних управляючих впливів в роботі розглядаються бюджетний та ліцензійний обсяги підготовки фахівців, які в свою чергу, у певному ступені залежать від бюджетних коштів.

Бюджетне фінансування, яке пов'язане з кількістю бюджетних місць, визначено як управляючий вплив першого порядку (управління першого порядку). Враховуючи великий лаг між прийняттям управляючих впливів першого порядку та результатом управління, а також наявність безлічі невизначеностей прогнозування: кількість абітурієнтів, що поступають на перший курс за

контрактом; відсоток студентів, що закінчують ВНЗ, від кількості тих, що поступають на перший курс; необхідна для народного господарства кількість фахівців; бюджетне фінансування освіти і т.д., у дисертаційній роботі сформовано модель корекції прийнятих рішень на менш тривалому інтервалі планування. Змінні цієї моделі визначені як управляючі впливи другого порядку. Вважається, що в межах бакалаврату (напрямку навчання) можливі будь-які переходи студентів з однієї спеціальності на іншу.

Критерій задачі прийняття рішень при управлінні розвитком на верхньому рівні дворівневої системи вищої освіти на основі змінних першого порядку записуються наступним чином. Перший критерій визначає інтегральне відхилення кількості фахівців, що планується, від кількості, що прогнозується.

$$F \bar{x} \equiv \sum_{t=T_0+1}^T \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \left( \sigma_{ij} \cdot |V_{ij}^t - U_{ij}^{T_0} - \sum_{\tau=T_0+1}^t \left( \prod_{l=1}^{T_0+1} \alpha_{ij}^l \cdot \bar{x}_{ij}^{\tau-T_0} + \prod_{l=1}^{T_0+1} \beta_{ij}^l \Delta \bar{Q}_{ij}^{\tau-T_0} - \Delta P_{ij}^{\tau} \right) \right) \quad (1)$$

де складові вектору  $\bar{x} = \bar{x}_{ij}^t : \bar{x}_{ij}^t \geq 0, j \in J_i, i \in I, t \in 1, T_0$  - визначають кількість бюджетних місць

по  $i$ -му напрямку,  $j$ -ій спеціальності у  $t$ -ому році,  $I$  - множина напрямків підготовки фахівців,  $J_i$  -

множина спеціальностей в  $i$ -му бакалавраті,  $\sigma = \sigma_{ij}, j \in J_i, i \in I$  - вектор коефіцієнтів важливості

підготовки фахівців по  $j$ -ій спеціальності  $i$ -го бакалаврату,  $V = V_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, t \in 1, T$  - прогноз

необхідної кількості фахівців,  $U^{T_0} = U_{ij}^{T_0}, j \in J_i, i \in I$  - кількість фахівців у країні у  $T_0$ -му

році,  $\alpha = \alpha_{ij}^l, j \in J_i, i \in I, l \in 1, T_0+1$  та  $\beta = \beta_{ij}^l, j \in J_i, i \in I, l \in 1, T_0+1$  - вектора коефіцієнтів,

що визначають відсоток студентів, які переходять з  $(l-1)$ -ого на  $l$ -ий курс, відповідно, за бюджетною

та контрактною формою навчання,  $\Delta \bar{Q} = \Delta \bar{Q}_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, t \in 1, T_0$  - кількість контрактних

студентів, складові вектора  $\Delta P = \Delta P_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, t \in T_0+1, T$  - визначають зменшення кількості фахівців у народному господарстві країни із різноманітних причин.

Другий критерій, сформований на основі управляючих неперервних (або цілочислових) змінних, визначає інтегральні приведені витрати.

$$\Phi \bar{x}, y \equiv \Phi_1 \bar{x} + \sum_{t=1}^{T_0} \sum_{i \in I} \mu_i^t (y_i^t - y_i^{t-1}) + E_n^t - R_{осм}, \quad (2)$$

$$\Phi_1 \equiv \sum_{t=1}^{T_0} \left( \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \left( \sum_{\tau=-1}^0 \prod_{l=1}^{|\tau|+t+1} \alpha_{ij}^l \lambda_{ij}^{|\tau|+t+1, t} \Delta \bar{W}_{ij}^\tau + \right. \right.$$

де

$$\left. + \sum_{\tau=1}^t \prod_{l=1}^{t+1-\tau} \alpha_{ij}^l \lambda_{ij}^{t+1-\tau, t} \bar{x}_{ij}^\tau \right) \mathbb{1} + E_n \bar{=}^t + \sum_{t=T_0+1}^{T-1} \left( \sum_{\tau=t}^{T-1} \prod_{l=1}^{T_0+t-\tau} \alpha_{ij}^l \lambda_{ij}^{T_0+t-\tau, t} \bar{x}_{ij}^{\tau-T_0+1} \right) \mathbb{1} + E_n \bar{=}^t,$$

$y = y_i^t : y_i^t \geq 0, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}$  - вектор неперервних (або цілочислових) змінних, кожна складова якого визначає кількість одиниць (квантів)  $\Delta L_i$  ліцензійного обсягу, на яку повинна збільшитись пропускна здібність системи по  $i$ -му напрямку, починаючи з  $t$ -го року у відношенні до початку планового періоду;  $\mu = \mu_i^t, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}$  - вектор параметрів, кожен з яких визначає об'єм фінансів, необхідних для збільшення ліцензійного обсягу на фіксовану величину  $\Delta L_i$  у  $t$ -ому році,  $R_{ост}$  - остаточна вартість ресурсів,  $E_n$  - коефіцієнт дисконтування,  $\lambda = \lambda_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, l \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}, t \in \mathbb{1}, T \bar{=}$  - вектор, складові якого визначають поточні витрати на одне бюджетне місце, де  $l$  - номер курсу;  $\Delta \bar{W} = \Delta \bar{W}_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 + 1, 0 \bar{=}$  - вектор загальної кількості студентів, що навчаються за бюджетною формою. У роботі також розглянуто побудову критерію (2) на основі бульових змінних.

Усі обмеження моделі розбито на окремі групи. Перша група пов'язана з особливістю управляючих змінних у моделі задачі.

$$\bar{x}_{ij}^t \geq 0, i \in I, j \in J_i, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}, \quad (3)$$

$$y_i^t - y_i^{t-1} \geq 0, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}, \quad (4)$$

$$y_i^t \geq 0, y_i^0 = 0, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}. \quad (5)$$

У тому випадку, коли  $y_i^t$  - цілочислові змінні, то

$$y_i^t \in \{0, 1, 2, \dots, n\}, i \in I, t \in \mathbb{1}, T_0 \bar{=}, \quad (6)$$

де  $n$  - деяке велике число.

Друга група обмежень пов'язана з ліцензійним обсягом. Збільшення пропускної спроможності (ліцензійного обсягу) системи здійснюється по певним напрямкам підготовки фахівців.



$$\sum_{j \in J_i} \bar{x}_{ij}^t + \sum_{k \in K_1^t} \sum_{j \in J_i} \Delta \tilde{Q}_{ij}^{tk} \leq \sum_{j \in J_i} \bar{L}_{ij}^{=01} + \Delta L_i y_i^t, i \in I, t \in 1, T_0 \quad (7)$$

де  $\Delta \tilde{Q}_{ij}^{tk}$  - кількість студентів, що навчаються за контрактом в  $k$ -ому ВНЗ,  $K_1^t$  - множина усіх ВНЗ, що мають державну форму власності,  $\bar{L}_{ij}^{=01}$  - ліцензійний обсяг набору студентів по  $j$ -ій спеціальності  $i$ -ого напрямку на початок планового періоду,  $\Delta L_i y_i^t$  - збільшення пропускнуої спроможності (ліцензійного обсягу) для  $i$ -го бакалаврату у  $t$ -ому році у відношенні до початку планового періоду.

Третя група обмежень пов'язана з інтегральними фінансовими витратами. Вважається, що у кожному році виділяються фінансові ресурси в обсязі  $\bar{R}^t, t \in 1, T$ . Їх витрати поділяються на дві складові:  $\hat{R}^t, t \in 1, T$  - поточні витрати, які пов'язані із зарплатою робітників, іншими поточними витратами (комунальні витрати, матеріали і т.д.);  $\check{R}^t, t \in 1, T$  - використовується для збільшення пропускнуої спроможності системи вищої освіти. Тоді, у загальному вигляді, інтегральні ресурсні обмеження записуються наступним чином

$$\sum_{\tau=1}^t \check{R}^{\tau} + \hat{R}^{\tau} \leq \sum_{\tau=1}^t \bar{R}^{\tau}, t \in 1, T \quad (8)$$

В моделі задачі  $\check{R}^{\tau} = 0 \forall \tau \in T_0 + 1, T$ , тому, що на інтервалі  $T_0 + 1, T$  проблема управління розвитком системи не розглядається. Тоді обмеження (8) записується у наступному вигляді.

$$\Theta \bullet \sum_{i \in I} \mu_i^t y_i^t \leq \sum_{\tau=1}^t \bar{R}^{\tau}, t \in 1, T_0 \quad (9)$$

$$\Theta \bullet \sum_{\bar{i}=1}^t \left\{ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{\tau=-T_0-1}^{\bar{i}-1} \prod_{l=1}^{|\tau|+\bar{i}+1} \alpha_{ij}^l \cdot \lambda_{ij}^{|\tau|+\bar{i}+1, \bar{i}} \Delta \bar{W}_{ij}^{\tau} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{\tau=1}^{\bar{i}} \prod_{l=1}^{\bar{i}+1-\tau} \alpha_{ij}^l \cdot \lambda_{ij}^{\bar{i}+1-\tau, \bar{i}} \cdot \bar{x}_{ij}^{\tau} \right\}$$

У роботі розглянуто два варіанти постановки задачі управління розвитком вищої освіти країни на рівні МОНУ з використанням управляючих змінних першого порядку. Постановка задачі на основі першого варіанту моделі формується наступним чином.

Знайти множину ефективних рішень векторів  $\bar{x} = \bar{x}_{ij}^t, j \in J_i, i \in I, t \in 1, T_0$ ,  $y = y_i^t, i \in I, t \in 1, T_0$ , що мінімізують цільові функції (1), (2) та задовольняють обмеженням (3)-(5), (7), (9). Умова (5) замінюється на (6) для цілочислових змінних. Другий варіант моделі

формується на основі булевих змінних, які використовуються для управління капітальними витратами.

За рахунок введення управляючих змінних другого порядку у третьому параграфі розглянуто два варіанти корекції моделі, яка дозволяє визначити додаткові бюджетні кошти для переходу студентів з однієї спеціальності на іншу в межах одного напрямку підготовки з метою збільшення випуску фахівців по дефіцитним спеціальностям.

**У третьому розділі** роботи наведено аналіз двокритеріальної моделі побудови опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти України. Сформульовано принципи розробки алгоритму координації у дворівневій розподіленій системі, на верхньому рівні якої знаходиться МОНУ, на нижньому – вищі навчальні заклади.

Розглянуто дві постановки задачі оптимізації моделі: перший критерій має абсолютний пріоритет у відношенні до другого критерію, в цьому випадку вирішується лексикографічна задача оптимізації; критерії мають відносний пріоритет один до одного. У цьому випадку розв'язанням задачі є множина Парето.

Виділено два етапи побудови опорної траєкторії. На першому етапі робиться оцінка ресурсів, що необхідні для вирішення поставленої задачі. В цьому випадку обмеження, які пов'язані з ресурсами, не використовуються. Результатом першого етапу є область, у межах якої формується обмеження на ресурси по роках планового періоду на верхньому рівні системи. На другому етапі розв'язується двокритеріальна задача з урахуванням обмежень на ресурси.

Узагальнена схема управління функціонуванням та розвитком вищої освіти України наведена на рис. 1. З самого початку формується припустима область зміни бюджетного фінансування. Верхня та нижня межі області пов'язані з двома показниками: повне забезпечення системи ресурсами та мінімально припустиме з точки зору забезпечення країни фахівцями з вищою освітою. У межах побудованої області на верхньому рівні (Кабінет міністрів, Міністерство фінансів, Міністерство економіки) формується ресурсне обмеження, яке передається на рівень МОНУ для вирішення задачі поточного та середньострокового планування. Потім формується опорна траєкторія розвитку системи вищої освіти, яка визначає обсяги фінансування усіх ВНЗ по окремих напрямках та спеціальностях у межах планового періоду. Фінанси розподіляються на дві складові: для збільшення ліцензійного обсягу та для проведення навчального процесу.

Одержана опорна траєкторія використовується у двох напрямках. В першу чергу для вирішення задачі поточного планування (розподіл бюджетного фінансування між ВНЗ). Крім того, ВНЗ надають прогнозну інформацію на наступні  $T_0 - 1$  роки їх бюджетного фінансування, яке є для ВНЗ першим наближенням для вирішення задач середньострокового планування. У результаті здійснюється корекція основних показників ВНЗ на перспективу, які використовуються на рівні

МОНУ. Таким чином, на основі поєднання поточного та середньострокового планування реалізовано принцип ковзного планування.

У третьому параграфі розглянуто модель розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ.

Основною вихідною інформацією є опорна траєкторія, якій відповідають вектори змінних  $\bar{x}_1^{\Pi}$  та  $\bar{y}_1^{\Pi}$ . На змінні  $x_{ij}^{tk}$ , що визначають кількість бюджетних місць по відповідних напрямках та спеціальностях ВНЗ, накладаються наступні обмеження

$$\sum_{k \in K_1^t} x_{ij}^{tk} = \bar{x}_{ij}^{\Pi}, j \in J_i, i \in I, t \in 1, T_0 \quad (10)$$

$$\bar{x}_{ij}^{tk \min} \leq x_{ij}^{tk} \leq \bar{x}_{ij}^{tk \max}, j \in J_{ik}^t, i \in I_k^t, t \in 1, T_0 \quad (11)$$

$$\sum_{i \in I_k^t} \sum_{j \in J_{ik}^t} x_{ij}^{tk} > m \cdot \sum_{i \in I_k^t} \sum_{j \in J_{ik}^t} \bar{x}_{ij}^{tk} + \Delta \tilde{Q}_{ij}^{tk}, k \in K_1^t, t \in 1, T_0 \quad (12)$$

де  $I_k^t$  - множина напрямків у  $k$ -ому ВНЗ у  $t$ -ому році,  $J_{ik}^t$  - множина спеціальностей  $i$ -ого напрямку у  $k$ -ому ВНЗ у  $t$ -ому році,  $\bar{x}_{ij}^{tk \min}$  і  $\bar{x}_{ij}^{tk \max}$  - нижня та верхня межі зміни  $x_{ij}^{tk}$ ,  $m$  - константа, що визначає нижню межу підготовки фахівців на основі бюджету.

Маючи інформацію про ліцензійний обсяг по спеціальності у межах ВНЗ, формуються обмеження на пропускну спроможність.

$$x_{ij}^{tk} + \Delta \tilde{Q}_{ij}^{tk} \leq L_{ij}^{t-1,k} + \Delta \bar{L}_{ij}^{tk} + \Delta \tilde{L}_{ij}^{tk}, j \in J_{ik}^t, i \in I_k^t, k \in K_1^t, t \in 1, T_0 \quad (13)$$

де  $\Delta \tilde{L}_{ij}^{tk}$  - прогноз  $k$ -ого ВНЗ по збільшенню ліцензійного обсягу за рахунок своїх внутрішніх резервів, а  $\Delta \bar{L}_{ij}^{tk}$  - додатковий ліцензійний обсяг по  $i$ -ому напрямку та  $j$ -ой спеціальності за рахунок державних коштів. Наступне обмеження

$$\bar{x}_{ij}^{t-1,k} + \Delta \tilde{L}_{ij}^{tk} + \Delta \bar{L}_{ij}^{tk} \leq \tilde{L}_{ij}^{tk}, j \in J_{ik}^t, i \in I_k^t, k \in K_1^t, t \in 1, T_0 \quad (14)$$

обумовлює бажання ВНЗ мати ліцензійний обсяг не більше ніж  $\tilde{L}_{ij}^{tk}$ .

Обмеження на збільшення загального ліцензійного обсягу  $\bar{x}_i^{t,1} - \bar{L}_i^{t-1,1}$  в межах всіх державних ВНЗ країни по  $i$ -ому напрямку підготовки фахівців у  $t$ -ому році має наступний вигляд.

$$\sum_{k \in K_1^t} \sum_{j \in J_{ik}^t} \Delta \tilde{L}_{ij}^{tk} + \Delta \bar{L}_{ij}^{tk} \leq \bar{x}_i^{t,1} - \bar{L}_i^{t-1,1}, i \in I, t \in 1, T_0 \quad (15)$$

Цільова функція моделі розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ країни записується наступним чином

$$W_{t,t} = \sum_{k \in K_1^t} \sum_{i \in I_k^t} \left( \rho_i^k \gamma_i^k \sum_{j \in J_{ik}^t} x_{ij}^{tk} - \delta_i^k \sum_{j \in J_{ik}^t} \left| \Delta Q_{ij}^{t-1,k} - \Delta \tilde{Q}_{ij}^{t-1,k} \right| \cdot x_{ij}^{tk} \right), t \in 1, T_0. \quad (16)$$

де  $\rho_i^k$  - пріоритет  $k$ -го ВНЗ з точки зору якості підготовки фахівців по  $i$ -му напрямку,  $\gamma_i^k$  - визначає важливість підготовки фахівців по  $i$ -му напрямку у конкретному регіоні країни,  $\delta_i^k$  - коефіцієнти, що необхідні для масштабування другої складової цільової функції. Величина  $\left| \Delta Q_{ij}^{t-1,k} - \Delta \tilde{Q}_{ij}^{t-1,k} \right|$  є штрафним коефіцієнтом для  $k$ -го ВНЗ.

Таким чином, вирішення задачі розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ для кожного року  $t = t^* \in 1, T_0$  записується наступним чином. Знайти  $x = x_{opt}$  та  $\Delta \bar{L} = \bar{L}_{opt}$ , що забезпечують максимальне значення функції (16) при обмеженнях (10)-(15) та умові

$$x_{ij}^{t^*k} \geq 0, \Delta \bar{L}_{ij}^{t^*k} \geq 0, j \in J_{ik}^{t^*}, i \in I_k^{t^*}, k \in K_1^{t^*}. \quad (17)$$

На підставі принципу ковзного планування шляхом поєднання поточного та середньострокового, задача поточного планування (10)-(17) кожний раз вирішується для першого року планового періоду.

**Четвертий розділ** присвячено питанням розробки інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень (СППР) для задач поточного та середньострокового планування інформаційно-управляючої системи вищої освіти на рівні Міністерства освіти і науки України. Розглянуто основні принципи побудови СППР та особливості реалізації кожної її підсистеми. Функціональну схему інформаційної технології СППР координації та управління розвитком системи вищої освіти України наведено на рис. 2.

При реалізації СППР було вибрано систему управління базами даних (СУБД) Access, яка дозволяє зберігати таблиці локальних баз даних у форматі \*.mdb. Моделі та алгоритми підсистеми формування альтернативних рішень реалізовано засобами Visual Basic. Для вирішення задач, що поставлені у другому розділі роботи, реалізовано алгоритм симплекс-методу вирішення лінійних задач оптимізації. Для отримання початкового рішення використовується двоетапна модифікація М-методу.

Для перевірки працездатності розробленої методики використано тестовий приклад, який сформовано на основі реальної інформації по ВНЗ Харківської області. Було вибрано п'ять найбільш популярних напрямків підготовки фахівців: комп'ютерні науки, прикладна математика,

менеджмент, комп'ютерна інженерія, економіка та підприємництво. Тривалість підготовки фахівця з вищою освітою прийнята рівною п'яти рокам. Розглянуто модель з управляючими змінними першого порядку. З урахуванням обраних напрямків підготовки фахівців, задача побудови опорної траєкторії розвитку має 115 змінних, які визначають бюджетні місця, що плануються по всім напрямкам та спеціальностям. Для розрахунків тестового прикладу використані неперервні змінні управління капітальними витратами, кількість яких дорівнює 25. Кількість обмежень у моделі – 170.

На першому етапі побудови опорної траєкторії розвитку, відповідно до алгоритму, який розроблено у третьому розділі роботи, будується область припустимих варіантів вибору ресурсних обмежень. При цьому на першому кроці вирішується задача відносно першого критерію – інтегральне відхилення кількості фахівців від прогнозної – без обмежувань на ресурси і будується верхня межа області ресурсних обмежень. Для тестових розрахунків це відхилення дорівнює 8628 чоловік. Максимальне значення уступки по першому критерію відповідає нижній межі області ресурсних обмежень. Отримані результати цього етапу показано на рис. 3. Бюджетні кошти приведено в умовних одиницях. Далі ОПР на верхньому відносно до МОНУ рівні повинна вибрати ресурсні обмеження у межах побудованої області. Отримані результати на другому етапі побудови опорної траєкторії надано на наступних діаграмах (рис. 4-5).

На основі отриманих траєкторій випуску фахівців з вищою освітою та збільшення ліцензійного обсягу ОПР МОНУ обирає планову траєкторію для вирішення задачі поточного планування. На етапі поточного планування вирішується задача розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ на перший рік планового періоду. Після цього необхідно провести корекцію опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти.

Для вирішення задачі розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ на прикладі Харківської області виділено 27 ВНЗ, що готують фахівців по обраним бакалавратам. Треба відзначити, що розподіл бюджетних коштів на навчання студентів та розвиток окремих напрямків розподіляється тільки між ВНЗ із державною формою власності. Кількість таких ВНЗ в Харківській області (по обраним напрямкам підготовки фахівців) дорівнює 18. Таким чином, задача розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ на прикладі Харківської області має 1800 змінних та 4573 обмежень. Будемо вважати, що план набору студентів за контрактною формою не змінився порівняно з 2002 роком, а мінімальний рівень набору дорівнює кількості студентів, що були прийняті на бюджет у 2002 році.

На підставі розрахунків, що були проведені при побудові опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти на прикладі Харківської області, визначено оптимальний розподіл бюджетних коштів для першого року планового періоду при мінімальному та максимальному інтегральному відхиленні кількості фахівців.

Напрямок “Комп'ютерні науки” найбільш показовий з точки зору наочності, тому що при розрахунках тестового прикладу вважалося, що попит на фахівців цього напрямку буде зростати

продовж планового періоду (рис. 6). У випадку максимального інтегрального відхилення кількості фахівців від тієї, що прогнозується, план набору на бюджет фіксується на мінімальному рівні. На діаграмах наведено одержані результати по спеціальності “Інформаційно-управляючі системи та технології”.

Проведені тестові розрахунки показали працездатність розроблених у дисертаційній роботі моделей та алгоритмів, що дозволяє використовувати розроблену СППР для вирішення задач управління розвитком системи вищої освіти на рівні МОНУ.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова проблема розробки моделей, алгоритмів і інформаційної технології управління розвитком розподіленої ієрархічної соціально-економічної системи на прикладі вищої освіти України. Ця проблема має важливе народногосподарське значення. Робота проводилась в межах держбюджетних тем: “Розробка теоретичних основ математичних моделей організаційно-економічних механізмів ефективного управління національними економіками, що трансформуються”, затвердженої наказом Міністерства в справах науки та технологій України №72 від 17.03.1997г.; “Розвиток прикладних аспектів методології системного підходу до автоматизованого аналізу та синтезу складних систем з використанням прогресивних інформаційних технологій”, затвердженої наказом Харківського державного політехнічного університету №6-II від 4.01.2000г. Результати досліджень отримано на інформації по Харківській області і рекомендовано до впровадження в Міністерстві освіти і науки України, а також використовуються в курсах лекцій кафедри АСУ НТУ “ХПІ”: “Теорія прийняття рішень”, “Менеджмент в державних організаціях”, “Державне регулювання економікою”.

2. Проведено аналіз проблеми координації і управління розвитком ієрархічних розподілених соціально-економічних систем. Обґрунтовано актуальність вирішення цієї проблеми на підставі державних механізмів бюджетного фінансування. Виділено одне з провідних напрямків державного регулювання економіки – систему вищої освіти, для якої поставлено задачу управління розвитком на рівні МОНУ.

3. Сформульовано цілі та критерії функціонування системи вищої освіти України, а також комплекс задач, розв’язання яких забезпечується на етапах поточного і середньострокового планування.

4. Розроблено модель управління розвитком вищої освіти України при середньостроковому плануванні. Управляючими впливами є: кількість бюджетних місць по роках планового періоду в межах окремих напрямків і спеціальностей підготовки фахівців з вищою освітою; динаміка зміни

ліцензійного обсягу студентів по напрямкам підготовки фахівців у вищих навчальних закладах України.

5. Критеріями моделі є: інтегральна функція відхилення необхідної кількості фахівців, що прогнозується, від тієї, що планується; приведені витрати на функціонування і розвиток системи.

6. Запропонована корекція моделі побудови опорної траєкторії розвитку системи вищої освіти за рахунок введення управляючих змінних другого порядку. Вони визначають кількість студентів, яку необхідно перевести з однієї спеціальності на іншу в межах одного напрямку підготовки фахівців.

7. Розроблено алгоритм побудови опорної траєкторії розвитку системи, який складається з двох етапів: 1) оцінка ресурсів, необхідних для розв'язання поставленої задачі; 2) побудова опорної траєкторії, яка визначає динаміку бюджетного фінансування по рокам планового періоду.

8. Побудовано моделі і алгоритми координації розподілу бюджетного фінансування між ВНЗ.

9. Розроблено інформаційну технологію СППР для розв'язання задачі управління розвитком вищої освіти України на рівні МОНУ, працездатність якої перевірено на основі інформації, яка була отримана по Харківській області.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Годлевский М.Д., Плепис (Чередниченко) О.Ю. Проблемы и основные подходы к управлению развитием распределенных технико-экономических систем //Вестник Харьковского государственного политехнического университета. - Харьков: ХГПУ – 2000. - Вып. 99. - С.48-53.

Здобувачем поставлена задача управління розвитком розподіленої техніко-економічної системи.

2. Плепис (Чередниченко) О.Ю. Классификация динамических задач координации при управлении развитием в иерархических распределенных производственных системах // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков: ХНУРЭ. – 2002. - Вып. 118. – С.37-41.

3. Годлевский М.Д., Плепис (Чередниченко) О.Ю. Задачи координации и управления развитием иерархических распределенных систем на основе государственных механизмов регулирования // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. - №3. – С. 57-64.

Здобувачем сформульовано основні принципи управління розвитком ієрархічних розподілених систем на основі державних механізмів регулювання.

4. Годлевский М.Д., Плепис (Чередниченко) О.Ю. Основные принципы формирования моделей и алгоритмов государственного регулирования экономики // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. - Т.1, №8. – С. 9-13.

Здобувачем сформульовано цілі, критерії та загальносистемні обмеження в моделях державного регулювання економікою.

5. Годлевский М.Д., Плепис (Чередниченко) О.Ю. Модели управления развитием высшего образования на основе государственного регулирования // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков: ХНУРЭ. – 2002. - №3 (20). – С.115-120.

Здобувачем розроблено модель управління розвитком вищої освіти на рівні Міністерства освіти і науки України при середньостроковому плануванні.

6. Плепис (Чередниченко) О.Ю. Принципы построения информационной технологии системы управления развитием высшего образования. // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. - Т.6, №9. – С. 143-148.

7. Лютенко И.В., Плепис (Чередниченко) О.Ю. Проблемы государственного управления в социально-экономических системах // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. - №13. - С. 107-110.

Здобувачем запропоновано розглядати задачу державного регулювання економіки як складний ітераційний процес багаторівневого прийняття рішень.

8. Годлевский М.Д., Чередниченко О.Ю. Модель распределения ресурсов между ВУЗами на основе опорной траектории развития системы высшего образования // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2003. - Т.1, №7. - С. 15-20.

Здобувачем розроблено методіку побудови опорної траєкторії та модель розподілу бюджетного фінансування між вищими навчальними закладами на рівні МОНУ.

9. Плепис (Чередниченко) О.Ю. Модели координации и управления развитием распределенной социально-экономической системы (на примере высшего образования Украины). // Аннотации докладов междунар. научно-практ. конф. “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2002. - С.25-26.

10. Годлевский М.Д., Плепис (Чередниченко) О.Ю. К вопросу построения динамических моделей координации и управления развитием распределенной социально-экономической системы // Материалы междунар. конф. по управлению “Автоматика 2002”. – Донецк, 2002. – Т.2. – С. 40-41.

Здобувачем запропоновано основні принципи побудови динамічних моделей координації та управління розвитком розподіленої соціально-економічної системи.

## АНОТАЦІЇ



Чередніченко О.Ю. Моделі, алгоритми та інформаційні технології управління розвитком соціально-економічних систем (на прикладі вищої освіти України). – Рукопис.

Дисертаційна робота на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. Харків. – 2003.

У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову проблему розробки моделей, алгоритмів та інформаційної технології управління розвитком розподіленої ієрархічної соціально-економічної системи на прикладі вищої освіти України. Сформульовано цілі та критерії функціонування системи вищої освіти України, а також комплекс задач, вирішення яких забезпечує досягнення поставлених цілей на етапах поточного та середньострокового планування. У вигляді управляючих впливів використовуються два типи змінних: для визначення кількості бюджетних місць по рокам планового періоду в межах окремих напрямків і спеціальностей; для визначення динаміки зміни пропускнуої спроможності вищих навчальних закладів по напрямкам підготовки фахівців. Критеріями вирішення задачі є: інтегральна функція відхилення необхідної кількості фахівців, що прогнозується, від тієї, що планується; приведені витрати на функціонування і розвиток системи.

Розроблено алгоритм побудови опорної траєкторії розвитку системи. Побудовано модель та алгоритм координації розподілу бюджетного фінансування між вищими навчальними закладами. Розроблено інформаційну технологію системи підтримки прийняття рішень для вирішення задачі управління розвитком вищої освіти України. Результати досліджень було отримано на реальній вихідній інформації. В результаті було підтверджено працездатність системи підтримки прийняття рішень.

**Ключові слова:** модель, інформаційна технологія, управління розвитком, соціально-економічна система, вища освіта, опорна траєкторія, система підтримки прийняття рішень.

Чередніченко О.Ю. Модели, алгоритмы и информационные технологии управления развитием социально-экономических систем (на примере высшего образования Украины). – Рукопись.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”. Харьков. – 2003.

В диссертационной работе решена актуальная научная проблема разработки моделей, алгоритмов и информационной технологии управления развитием распределенной иерархической социально-экономической системы на примере высшего образования Украины. Проведен анализ проблемы координации и управления развитием иерархических распределенных социально-экономических систем. Обоснована актуальность решения этой проблемы на основе государственных механизмов регулирования. Выделено одно из ведущих направлений государственного регулирования экономики – система высшего образования, для которой сделана постановка задачи управления развитием на уровне Министерства образования и науки Украины.

Сформулированы цели и критерии функционирования системы высшего образования Украины, а также комплекс задач, решение которых обеспечивает их достижение на этапах текущего и среднесрочного планирования. Для решения задачи управления развитием системы высшего образования на первом этапе рассматриваются общесистемные параметры и переменные, которые определяются в результате построения опорной траектории развития системы. На следующем этапе они используются в двух направлениях: для решения задачи текущего планирования, которая заключается в распределении бюджетного финансирования между высшими учебными заведениями; прогноза бюджетного финансирования отдельных высших учебных заведений в пределах рассматриваемого планового периода. Разработана модель управления развитием высшего образования Украины при среднесрочном планировании. В качестве управляющих воздействий используются два типа переменных: для определения количества бюджетных мест по годам планового периода в рамках отдельных направлений и специальностей подготовки специалистов с высшим образованием; для определения динамики изменения пропускной способности высших учебных заведений Украины (лицензионного объема студентов) по направлениям подготовки специалистов. В качестве критериев решения задачи используются: интегральная функция отклонения необходимого прогнозируемого количества специалистов от планируемого; приведенные затраты на функционирование и развитие системы.

Разработан алгоритм построения опорной траектории развития системы, который состоит из двух этапов. На первом этапе производится оценка ресурсов, необходимых для решения поставленной задачи на основе формирования области допустимого варьирования бюджетного финансирования. На втором этапе непосредственно строится опорная траектория, которая определяет динамику бюджетного финансирования по годам планового периода для отдельных направлений и специальностей подготовки специалистов с высшим образованием. При этом бюджетное финансирование распределяется непосредственно на текущие затраты, необходимые для обучения студентов, и капитальные вложения, необходимые для увеличения пропускной способности системы. Построены модель и алгоритм координации распределения бюджетного финансирования между высшими учебными заведениями, которое осуществляется на основе

целевой функции, учитывающей: приоритет высшего учебного заведения с точки зрения качества подготовки специалистов; приоритет развития определенных регионов страны, в которых находятся соответствующие высшие учебные заведения; подготовку специалистов на контрактной основе, так как в этом случае экономятся государственные средства на образование.

Разработана информационная технология системы поддержки принятия решений для решения задачи управления развитием высшего образования Украины. Эта технология позволяет организовать процесс принятия решения на этапах текущего и среднесрочного планирования на уровне Министерства образования и науки Украины. Результаты исследований, проведенных в диссертационной работе, были получены на реальной исходной информации. В результате подтверждена работоспособность информационной технологии системы поддержки принятия решений.

**Ключевые слова:** модель, информационная технология, управление развитием, социально-экономическая система, высшее образование, опорная траектория, система поддержки принятия решений.

Cherednichenko O.Y. Models, algorithms and information technologies of social-economical systems development management (on example of higher education of Ukraine). – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by specialty 05.13.06 – automated control systems and progressive information technologies. – National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute”. Kharkov. – 2003.

The topical scientific problem of developing models, algorithms and information technology of managing social-economical systems development based on the example of Ukrainian higher education has been solved in the thesis. The objectives and criteria of functioning Ukrainian higher education system are formulated. Also the complex of tasks, which allows us to obtain formulated objectives on the stages of current and medium-term planning, has been observed. As managing influence two types of variables are used: for defining the number of budget positions by years of planning period for certain directions and specialties; for defining the dynamics of high school institutions capacity change in the field of specialist training. Criteria of task solving are integral function of deviation of predicted necessary number of specialists from planned quantity and reduced costs of development and function of the system.

The algorithm of building the supporting trajectory of system development is elaborated. The model and algorithm of coordination of distributing budget financing between high school institutions are worked out. The information technology of Decision Support System for solving the problem of managing development of Ukrainian higher education is built. The research results considered in the thesis were obtained on real input information. As a result, the efficiency of Decision Support System was proved.

**Keywords:** model, information technology, development managing, social-economical system, higher education, supporting trajectory, decision support system.