

УДК 519.17:628.17 (628.153)

І.М. Рябченко<sup>1</sup>, В.В. Гагарін<sup>2</sup>, Д.І. Рябченко<sup>3</sup><sup>1</sup>Харківський інститут МАУП, Харків<sup>2</sup>Міське господарство ЦПОіЗН<sup>3</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## АЛГОРИТМІЧНИЙ І ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ АВАРІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ПОДАЧІ Й РОЗПОДІЛУ ВОДИ

В статті аналізується програмний і алгоритмічний інструментарій, що використовується в даний час для вирішення задач узагальненого математичного програмування. Показано, що існуючі алгоритми узагальненого математичного програмування в порядкових шкалах і узагальненого математичного програмування якнайповніше описують математичну багатокритеріальна модель, встановлену в основу моделі оптимального управління СПРВ на різних інтервалах часу.

**Ключові слова:** розподіл води, оперативне управління, модель.

### Вступ

**Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими або практичними задачами.** Оперативне управління потокорозподілом в нештатних ситуаціях – дуже складний процес, який ускладнюється низкою чинників. До останніх слід віднести розробку автоматизованої системи управління потокорозподілом в інженерних мережах (ІМ) на різних інтервалах часу (оперативне управління, управління на тривалому інтервалі часу) величезне значення грає процедура побудова коректної математичної моделі об'єкту управління, яка адекватно описує технологічні процеси, що протікають в ІМ. В [1, 2] показано, що ІМ – це багатоцільова система, а управління такою системою – багатокритеріальна задача, рішення якої ускладнюється обліком групової переваги осіб, що беруть участь в процесі прийняття рішень. Якість рішення задачі (його корисність) не може бути оцінений єдиною функцією і навіть декількома шкалами. Механізм раціонального вибору в таких випадках вимагає деякої додаткової непрямой інформації, що дозволяє, принаймні, порівнювати альтернативи. У всіх цих випадках вибір рівноважного, компромісного, справедливого рішення вимагає додатково апріорного визначення понять рівноваги, компромісу, справедливості.

Ця проблема досліджується в рамках тематичного плану науково-дослідних робіт Міжрегіональної Академії управління персоналом з напряму І.1 01.05 Інформатика та кібернетика. Код завдання І.1.01.05.02, І.1.01.05.04 «Розвиток методів та програмного забезпечення для розв'язання задач математичного моделювання та оптимального управління» і пов'язана з практичними задачами виробничих управлінь водопровідно-каналізаційних господарств (ПУВКХ) України.

**Аналіз досягнень і публікацій по темі дослідження даної проблеми. Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким прис-**

**вячується дана стаття.** В даний час процес вибору оптимальної стратегії оперативного управління потокорозподілом в ІМ описується математичною моделлю задачі скалярного опуклого математичного програмування, що не враховує ні думку особи, що ухвалює рішення (ОПР), ні групові переваги експертів. В [2] доведена некоректність математичних моделей, що використовуються, а в [3] наведені різні математичні моделі задач підтримки прийняття рішень, що використовуються при управлінні технологічними процесами в різних технічних системах.

**Мета статті і формулювання задачі дослідження.** Сучасний стан теоретичних положень дисципліни теорія прийняття рішень багатокритеріальних задач дозволяє розробляти моделі, комплексно і адекватно описують технологічні процеси, що протікають в ІМ. В статті аналізуються відомі математичні моделі теорії прийняття рішень, і аргументується використання математичної моделі задачі узагальненого математичного програмування (УМП) для побудови математичної моделі процедури прийняття рішень в автоматизованих системах управління потокорозподілом в ІМ.

### Виклад основного матеріалу

Задачі теорії прийняття рішень і відповідно методи їх аналізу доцільно класифікувати [3] залежно від концептуальної інформації про мету і область визначення вибору і від характеристик джерел конкретної інформації, що дозволяє оцінювати допустимість пред'явлених варіантів і порівнювати їх якість. Концептуальна інформація про мету і область визначення вибору дозволяє встановити принцип оцінки допустимості, узгодженості і якості рішення. Допустима безліч рішень може задаватися своїми геометричними властивостями, або описуватися системами рівності нерівностей або змістовними міркуваннями – правилами, алгоритмами, що дозволяють перевіряти відповідність будь-якого

пред'явленого варіанту рішення вимогам на допустимість.

Вибір може переслідувати одну або декілька цілей. В першому випадку проблем немає. Незалежно від того, чи є формалізований показник якості рішення, що характеризує ступінь досягнення мети, або існує «оракул» – джерело інформації, яке вказує для даного варіанту його характеристики допустимості і якості, вибір рішення зводиться до аналізу умовної екстремальної задачі – в принципі пройде-ному етапу теорії прийняття рішень.

Істотно складніша ситуація, в якій вибір вимагає досягнення декількох цілей або рішення повинне задовольняти, взагалі кажучи, неспівпадаючим інтересам декількох осіб. Тут виникають проблеми, пов'язані зі встановленням і аргументуванням понять «рівновага», «узгодженість», «компроміс», «справедливість». Розглядаються різні підходи до визначення цих понять. На вибір відповідного визначення роблять вплив конкретні особливості вирішуваної задачі. При цьому у кожному окремому випадку характер агрегації вимог до рішення в тій чи іншій мірі заснований на суб'єктивних міркуваннях експерта або особи, що ухвалює рішення.

Існує три класи шляхів до встановлення компромісу між різними вимогами до рішення. Перший клас зв'язаний з використанням тих, що зарекомендували себе на практиці механізмів вибору – змістовно виправданих процедур прийняття рішень. Другий клас шляхів до встановлення поняття «компроміс» – так званий аксіоматичний підхід – зводиться до розробки і формулювання інтуїтивно раціональних вимог до цього поняття і до доказу існування процедур (можливо, класів процедур), що задовольняють таким вимогам. Нарешті, третій клас шляхів узгодження різної мети і інтересів в тій або іншій області полягає в завданні деяких функцій вибору, вказуючих для різних обставин (пред'явлень) із заданої безлічі ситуацій відповідний вибір. Функція вибору може бути встановлена на підставі спостережень за діями (рішеннями) досвідченого експерта-фахівця за рішенням задач даного типу. Так, у принципі, можуть бути встановлені функції вибору, що відповідають важкоформалізуемим рішенням диспетчера системи управління СПРВ.

В термінах функції вибору можуть бути описано і два інші підходи до прийняття рішення в складних ситуаціях, зв'язані з використанням тих або інших процедур вибору або засновані на різних системах аксіом, змістовно прийнятних визначеннях властивостей рівноваги, формальні прийоми, що встановлюють зв'язок між цими підходами, представляють практичний інтерес. Якщо будь-якій функції вибору можна буде зіставити процедуру, що реалізує її, а системі аксіом, що характеризує компромісний вибір, можна буде привести у відповідність функцію вибо-

ру, то по властивостях, приписуваних «справедливо-му рішення», можна буде відновити механізм, автоматично здійснюючий такий вибір.

Проаналізуємо різні механізми прийняття рішень з метою їх використання для побудови математичної моделі задачі прийняття рішень при автоматизації технологічних процесів в СПРВ.

Найпростіша ситуація вибору рішення відповідає випадку, коли особа, приймаюче рішення, переслідує єдину мету, і ця мета може бути формально заданий у вигляді скалярної функції – критерію якості вибору – або значення критерію якості можуть бути отриманий для будь-якого допустимого набору значень аргументів. Передбачається також, що відома область визначення параметрів управління – компонент вибраного вектора – або в усякому разі для будь-якої заданої крапки може бути встановлений, чи є вона допустимим вибором, тобто чи належить вона області визначення критерію якості рішення. В такій ситуації задача вибору рішення може бути формалізований, і описаний моделлю математичного програмування. Використовування математичної моделі традиційного математичного програмування як нелінійного, так і дискретного некоректно, оскільки не відображає всієї мети управління – критерій в цих задачах скалярний. Розглянемо інший ефективний механізм «оптимального вибору» для об'єктів довільної природи за наслідками їх парних порівнянь на основі переваг ОПР – математичне програмування в порядкових шкалах.

Задача математичного програмування в порядкових шкалах (МПШ) є задачею вибору «якнайкращого» (в значенні бінарного відношення  $R_0$ ) серед припустимих рішень. В ній вимагається знайти таке, що:

$$\begin{aligned} & x^* R_0 x; \\ & x R_j u_j, x^* R_j u_j, j \in \overline{1, r}, x, x^* \in G. \end{aligned} \quad (1)$$

Алгоритм, що реалізує рішення задачі МПШ, припускає порівняння на кожному кроці алгоритму вектора характеристик альтернатив. Оскільки розмірність вектора в задачах автоматизованого управління потокорозподілом в ІМ астрономічно велика, а процедура порівняння альтернатив – важкоформалізуєма, то пропонується використовувати іншу математичну модель – модель задачі узагальненого математичного програмування.

Формальний запис моделі УМП – природного узагальнення схеми традиційного математичного програмування і розширення моделі математичного програмування в порядкових шкалах має вигляд:

$$\begin{aligned} & f_0(x) \rightarrow \text{Min}(R_0) | \\ & f_j(x^*) R_j u_j, j \in \overline{1, r}, x \in G \subseteq E^n. \end{aligned} \quad (2)$$

При стандартних визначеннях оптимізації по бінарному відношенню приведений запис означає наступне. Вимагається обчислити вектор такий, що:

$$f_0(x^*)R_0f_0(x) \mid f_j(x^*)R_ju_j; \quad (3)$$

$$f_j(x)R_j, j \in \overline{1, r}, x, x^* \in G \subseteq E^n. \quad (4)$$

Тут  $f_j(x), j \in \overline{1, r}$  – вектор-функція  $u_j$  – фіксований вектор  $R_j$  – бінарне відношення.

Вибір типу оптимізації і обмежень визначається змістовними особливостями задачі.

Ясно, що в приведені схеми укладаються багато задач теорії прийняття рішень і серед них – задачі, для яких дотепер не було конструктивних методів аналізу – задачі прийняття рішень при автоматизованому оперативному управлінні потоко-розподілом в ІМ.

Для задач автоматизації процедури прийняття рішень при автоматизованому оперативному управлінні потокорозподілом розмірність вектора, що визначає характеристику об'єкту (витрати, параметри ліній, режими роботи активних елементів і т.д.) значно вище, ніж розмірність вектора-характеристики, по якому оцінюється якість функціонування і управляючих дій на ІМ. Крім того, алгоритми рішення задачі УМП – багатокрокові схеми УМП, легко піддаються модифікації для задач з даної наочної області. Тому як математична модель доцільно прийняти математичну модель УМП.

## Висновки

В статті продемонстровано, що ІМ – це багатоцільова система, а управління цією системою – багатокритеріальна задача, вирішення якої ускладнено обліком групової переваги осіб, що беруть участь в процесі управління і по різному що потрактували поняття «раціональності» і «компромісу». Поза сумнівом, задача відноситься до класу задач підтримки прийняття рішень.

Аналіз відомих задач підтримки прийняття рішень (традиційне математичне програмування, математичне програмування в порядкових шкалах і

узагальненої математичне програмування) дозволив зробити висновок про те, що задача автоматизації технологічних процесів в СПРВ відноситься до категорії задач узагальненого математичного програмування. Це обумовлено тим, що в традиційному математичному програмуванні як цільова функція виступає скалярна функція, а задача дослідження є багатокритеріальною. Математичне програмування в порядкових шкалах припускає на кожному кроці рішення задачі при аналізі пред'явлень (альтернативних рішень) порівняння вектора характеристик задачі. Розмірність цього вектора дуже значна, а результат порівняння – важкоформалізуєма процедура. Тому задача узагальненого математичного програмування, де на етапі порівняння альтернативних рішень порівнянню підлягають векторні критерії, якнайповніші на змістовному рівні описує процедуру прийняття раціонального рішення.

До перспектив досліджень слід віднести роботу по модифікації відомих багатокрокових схем УМП, що реалізують рішення задачі УМП, і їх адаптацію до специфічних особливостей задачі.

## Список літератури

1. Евдокимов А.Г. Оперативное управление потоко-распределением в инженерных сетях / А.Г. Евдокимов, А.Д. Тевяшев. – Х.: изд. при Харьк. Госуниверситете «Вища школа», 1980. – 144 с.
2. Рябченко И.Н. Моделирование процессов потоко-распределения в системах подачи и распределения воды с использованием ПЭВМ / И.Н. Рябченко – Х.: ДСВ Основа при Харьковском ун-те, 1998. – 188 с.
3. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений / Д.Б. Юдин. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1989. – 317 с.

Надійшла до редколегії 13.07.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ И ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ АВАРИЙНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

И.М. Рябченко, В.В. Гагарин, Д.И. Рябченко

*В статье анализируется программный и алгоритмический инструментарий, используемый в настоящее время для решения задач обобщенного математического программирования. Показано, что существующие алгоритмы обобщенного математического программирования в порядковых шкалах и обобщенного математического программирования наиболее полно описывают математическую многокритериальную модель, положенную в основу модели оптимального управления СПРВ на различных интервалах времени.*

**Ключевые слова:** распределение воды, оперативное управление, модель.

## ALGORITHMIC AND PROGRAMMATIC TOOL OF EMERGENCY STRATEGY OF MANAGEMENT SYSTEMS OF SERVE AND DISTRIBUTING OF WATER

I.M. Ryabchenko, V.V. Gagarin, D.I. Ryabchenko

*In the article the program and algorithmic tool used presently for the decision of tasks of the generalized mathematical programming is analysed. It is shown, that existent algorithms of the generalized mathematical programming in index scales and generalized mathematical programming describe most complete the mathematical multicriterion model fixed in the basis of optimum case frame SPRV on different time domains.*

**Keywords:** distributing of water, operative management, model.