

УДК 519.854.64+519.857.6

# МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

**И.В. Кононенко**

Доктор технических наук, профессор, заведующий  
кафедрой\*

Контактный тел.: (057) 707-67-35, 707-68-24

E-mail: kiv@kpi.kharkov.ua

**И.И. Бабич**

Аспирант\*

Контактный тел.: 095-68-60-510

E-mail: babich.igor.i@gmail.com

\*Кафедра стратегического управления

Национальный технический университет «Харьковский  
политехнический институт»

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

*У статті запропоновано метод багатокритеріальної оптимізації планів розвитку галузі промисловості, заснований на застосуванні методу мінімаксу для пошуку компромісного рішення в поєднанні з методом неявного перебору*

*Ключові слова: метод оптимізації, план розвитку, промисловість*

*В статье предложен метод многокритериальной оптимизации планов развития отрасли промышленности, основанный на применении метода минимакса для поиска компромиссного решения в сочетании с методом неявного перебора*

*Ключевые слова: метод оптимизации, план развития, промышленность*

*The method of multicriterion optimization of industry development plans is proposed in the article based on the method of minimax for searching a compromise solution*

*Keywords: optimization method, development plan, industry*

## 1. Постановка проблемы

На протяжении последних двух десятилетий в процессе рыночных изменений экономической системы страны в Украине сложились крайне неблагоприятные условия финансового обеспечения инновационно-технологической модернизации промышленного производства. Так, на фоне технологического прогресса мировой экономики технологическая структура украинской экономики регрессирует и постепенно теряет потенциал к самостоятельному воспроизводству. Это влечет за собой снижение уровня конкурентоспособности отечественной продукции и скатывание к уровню сырьевого прироста для развитых стран мира.

Основными факторами нынешнего плачевного состояния экономики Украины являются ее технологическая деградация и, прежде всего ее основной отрасль – промышленности, сильная зависимость от низкотехнологических и сырьевых отраслей, узкопрофильная экспортная ориентация и устарелость производственных фондов.

Для преодоления отмеченных негативных тенденций и последствий финансово-экономического кризиса для экономики страны требуется поиск эффективных мероприятий, которые бы в условиях ограниченности финансирования, были способны обеспечить модернизацию производственного потенциала страны и его последующий стабильный рост.

Для решения данной проблемы авторами в работе [1] была предложена трехкритериальная математическая модель оптимизации планов развития отдельной

отрасли промышленности Украины с алгоритмическими и аналитическими целевыми функциями и ограничениями. Несмотря на ряд достоинств, данной модели присущи и некоторые недостатки. Они выражаются, во-первых, в отсутствии ограничения на количество денежных средств, расходуемых на развитие отрасли промышленности. Во-вторых, в качестве мероприятий, направленных на развитие отрасли, рассматриваются государственные и частные инвестиции в сферы НИОКР, рядового и инновационного производства. Учитывая курс развитых стран мира на инновационно-технологическое развитие на основе разработки и внедрения научно-технических достижений в производство и повышение за счет этого производительности производства, по нашему мнению, наиболее целесообразно в качестве мер, направленных на развитие отрасли промышленности, рассматривать проекты по внедрению новейших критических технологий. Последним недостатком данной модели является статический характер параметров рассматриваемых мероприятий, который не учитывает текущее состояние системы в тот либо иной момент времени и ранее принятые варианты развития.

В связи с этим, целью данной работы является усовершенствование оптимизационной модели [1] путем устранения указанных недостатков и разработка метода решения задачи динамической многокритериальной оптимизации планов развития отрасли промышленности Украины.

Анализ существующей литературы показывает, что для решения подобных задач дискретной дина-

мической оптимизации с алгоритмическими и аналитическими целевыми функциями и ограничениями наиболее широко применяются модификации метода неявного перебора, представленного в работе [2]. Так, в работе [3] были предложены алгоритмы на основе метода неявного перебора для решения задач оптимизации типажа продукции и оптимизации планов развития производственно-экономических систем. Данный метод также используется для решения однокритериальной задачи развития торговой деятельности фирмы в работе [4], формирования портфеля проектов в работе [5] и для решения двухкритериальных задач в работах [6-9]. Для поиска компромиссного решения многокритериальных задач оптимизации, представленных в работах [5-9], предлагалось использовать метод уступок [6], метод ограничений [7], обобщенный критерий [5,8] и метод минимакса [9]. Каждый из данных методов, впрочем, как и огромное разнообразие прочих методов многокритериальной оптимизации обладает своими собственными достоинствами и недостатками [10]. Поэтому, выбрать «наилучший» метод не представляется возможным ибо выбор того либо иного метода определяется спецификой решаемой задачи.

**2. Математическая модель задачи планирования развития отрасли промышленности Украины**

Рассматривается структура одной отрасли промышленности, которая представляет собой объединение  $H$  видов экономической деятельности (ВЭД) страны. Структура  $h$ -го ВЭДа ( $h = 1, H$ ) в свою очередь представляет собой объединение двух блоков: первый блок описывает производство рядовой продукции, второй – инновационной. Совокупность выпуска рядовой и инновационной продукции составляет объем промышленного производства  $h$ -го ВЭДа отрасли.

Рассмотрим некоторый плановый период функционирования данной отрасли, длительность которого составляет  $T$  лет. В начальный момент времени  $t=0$  планового периода объем выпуска рядовой и инновационной продукции  $h$ -м ВЭДом отрасли составляет соответственно  $V_{1t}^{(h)}$  и  $V_{2t}^{(h)}$  денежных единиц. Уровень текущих затрат составляет при этом величину  $C_0$ . На протяжении планового периода основные фонды производства изнашиваются, что приводит к изменению текущих затрат, которые в  $t$ -м году составят величину  $C_t$ .

Для развития отрасли промышленности предлагается рассматривать  $\Theta$  проектов по внедрению новейших технологий, которые в сочетании от одного до  $\delta$  создают  $M$  вариантов развития, реализацию каждого из которых можно осуществлять в  $t$ -м году планового периода.

Каждый  $i$ -й проект ( $i = \overline{1, \Theta}$ ) характеризуется следующими параметрами:  $\omega_r^i$  – единовременные затраты в  $r$ -м году с начала реализации  $i$ -го проекта;  $C_r^i$  – изменение текущих затрат в  $r$ -м году с начала реализации  $i$ -го проекта;  $K_r^i$  – остаточная стоимость основных фондов, которые выбывают в связи с реализацией  $i$ -го проекта в  $r$ -м году с начала его внедрения.

Тогда затраты на реализацию  $j$ -го варианта развития в  $r$ -м году с начала его реализации равны

$$\omega_{jr} = \sum_{i \in \Omega_j} \omega_r^i,$$

где  $\Omega_j$  – множество номеров проектов, формирующих  $j$ -й вариант развития.

Изменение текущих затрат в этом же году составит величину

$$C_{jr} = \sum_{i \in \Omega_j} C_r^i,$$

а остаточная стоимость основных фондов, которые выбывают в связи с реализацией  $j$ -го варианта в этом же году, будет равна

$$K_{jr} = \sum_{i \in \Omega_j} K_r^i.$$

Для каждого  $j$ -го варианта развития ( $j = \overline{1, M}$ ) должно быть определено множество вариантов  $L_j$ , которые должны быть реализованы до внедрения этого варианта развития и множество вариантов  $M_j$ , после которых не может быть внедрен  $j$ -й вариант развития. Также необходимо определить максимальное количество лет  $g$ , в течение которых может осуществляться  $j$ -й вариант развития.

Финансирование развития отрасли промышленности осуществляется за счет средств государственного бюджета и частных инвестиций, которые формируют фонд развития отрасли. В каждом  $t$ -м году планового периода на развитие отрасли выделяются средства в размере  $F_t$  денежных единиц. В начале планового периода в фонде развития находились денежные средства в размере  $F_0$ .

Математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$L_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t (V_{1t}^{(h)} + V_{2t}^{(h)}) - \sum_{t=1}^{t_n} \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l \omega_{jr} \alpha_{t+r-1} x_{jt} + \sum_{t=1}^{t_n} \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l K_{jr} \alpha_{t+r-1} x_{jt} - \sum_{k=1}^T C_k \alpha_k - \sum_{j=1}^M \left( \sum_{r=1}^g C_{jr} \sum_{k=r}^T \alpha_k E_{j1} + \dots + \sum_{r=1}^{\min\{g, T-t_n+1\}} C_{jr} \sum_{k=t_n+r-1}^T \alpha_k E_{jt_n} \right) - \omega_{prev} + K_{prev} - C_{prev} \rightarrow \max_{x_{jt}} \quad (1)$$

$$L_2 = \sum_{t=1}^{t_n} \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l \omega_{jr} \alpha_{t+r-1} x_{jt} - \sum_{t=1}^{t_n} \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l K_{jr} \alpha_{t+r-1} x_{jt} + \sum_{k=1}^T C_k \alpha_k + \sum_{j=1}^M \left( \sum_{r=1}^g C_{jr} \sum_{k=r}^T \alpha_k E_{j1} + \dots + \sum_{r=1}^{\min\{g, T-t_n+1\}} C_{jr} \sum_{k=t_n+r-1}^T \alpha_k E_{jt_n} \right) + \omega_{prev} - K_{prev} + C_{prev} \rightarrow \min_{x_{jt}} \quad (2)$$

$$L_3 = \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t V_{2t}^{(h)} \rightarrow \max_{x_{jt}} \quad (3)$$

$$\begin{cases} V_{1t}^{(h)} \geq B_{1t}^{(h)} \\ V_{2t}^{(h)} \geq B_{2t}^{(h)} \end{cases} \quad t = \overline{1, T}, \quad h = \overline{1, H} \quad (4)$$

$$V_{1t}^{(h)} = \Phi_1(V_{1,t-1}^{(h)}, x_{jp}), \quad V_{2t}^{(h)} = \Phi_2(V_{2,t-1}^{(h)}, x_{jp}), \quad j = \overline{1, M}, \quad p = t+1-g, t \quad (5)$$

$$S_t = \left( \frac{S_{t-1}}{\alpha_{t-1}} + F_t - \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l \omega_{jr} x_{jt} + \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^l K_{jr} x_{jt} \right) \alpha_t \geq 0, t = \overline{1, T} \quad (6)$$

$$\begin{cases} x_{jt} \text{card} L_j - \sum_{l \in L_j} \sum_{m=1}^{t-1} x_{lm} \leq 0 \\ x_{jt} \sum_{l \in M_j} \sum_{m=1}^{t-1} x_{lm} = 0 \end{cases} \quad j = \overline{1, M}, \quad \forall t \in \{2, 3, \dots, t_n\} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^M x_{jt} \leq 1, \quad t = \overline{1, t_n} \quad (8)$$

$$x_{jt} \in \{0, 1\}, \quad j = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, t_n} \quad (9)$$

$$\omega_{prev} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{g-1} \alpha_k \sum_{p=-g+1+k}^0 \omega_{j,-p+1+k} E_{jp}$$

$$K_{prev} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{g-1} \alpha_k \sum_{p=-g+1+k}^0 K_{j,-p+1+k} E_{jp}$$

$$C_{prev} = \sum_{j=1}^M \left( \sum_{\mu=1}^{g-1} \sum_{k=\mu}^T \alpha_k \sum_{p=-g+1+\mu}^0 C_{j,-p+1+\mu} E_{jp} \right)$$

$$l = 1 - t + \min(t + g - 1, T)$$

где  $\alpha_t = (1 + E_n)^{t_p - t}$ ,  $E_n$  – норматив приведения разных по времени затрат и результатов,  $t_p$  – расчетный год;  $t_n$  – время начала реализации последнего варианта развития,  $t_n \leq T$ ;  $l$  – последний год, в течение которого может осуществляться  $j$ -й вариант развития;  $\omega_{prev}$  – единовременные затраты, которые должны быть понесены в плановом периоде в связи с вариантами развития, принятыми на предыстории до года  $t=1$ ;  $K_{prev}$  – остаточная стоимость основных фондов, которые выбывают в плановом периоде в связи с вариантами развития, принятыми на предыстории;  $C_{prev}$  – изменение текущих затрат в плановом периоде в связи с начальными вариантами развития на предыстории;  $B_{1t}^{(h)}$ ,  $B_{2t}^{(h)}$  – государственный заказ на рядовую и соответственно инновационную продукцию  $h$ -го ВЭДа в  $t$ -м году планового периода.

Целевая функция (1) равняется совокупной прибыли отрасли промышленности от производства и реализации рядовой и инновационной продукции в плановом периоде. Целевая функция (2) равняется общим затратам на функционирование и развитие отрасли в плановом периоде. Целевая функция (3) равняется совокупному объему производства инновационной продукции отраслью в плановом периоде. Ограничения (4) задают условия выполнения государственного заказа на рядовую и инновационную продукцию. Ограничения (6) задают условия не превышения имеющихся средств на развитие отрасли промышленности. Условия (7) представляют собой ограничение на последовательность реализации вариантов развития. Условие (8) представляет ограничение на число реализованных вариантов в каждом году  $t$  планового периода.

Значения параметров  $V_{1t}^{(h)}$  и  $V_{2t}^{(h)}$ , входящих в целевые функции (1), (3), а также ограничение (4), определяются при помощи имитационной модели научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины [11]. Значения параметров  $\omega_{jr}$ ,  $K_{jr}$  и  $C_{jr}$ , входящих в целевые функции (1), (2),

и ограничение (6), определяются с использованием разработанной авторами технологии моделирования проектов [12]. Данная технология реализована в виде отдельного блока имитационной модели и позволяет спрогнозировать показатели влияния от внедрения новейших технологий на состояние промышленности Украины.

Использование в данной ситуации имитационной модели и технологии моделирования проектов обусловлено зависимостью значений данных параметров от текущей структуры системы и соответствующих текущих значений параметров ее структурных элементов, на которые оказывает влияние принятый в  $t$ -м году планового периода вариант развития.

Таким образом, приведенная задача планирования развития отрасли промышленности Украины описывается динамической немарковской моделью (1)-(9), с алгоритмическими целевыми функциями (1)-(3), с алгоритмическими (4), (6) и аналитическими (7), (8) ограничениями, с булевыми переменными (9). При этом значение  $x_{jt}=1$  означает, что в  $t$ -м году начата реализация  $j$ -го варианта развития;  $x_{jt}=0$  означает противоположное действие.

Немарковость проявляется в том, что решение про реализацию какого-либо варианта развития в году  $t$ , будет оказывать влияние на состояние системы в годах  $t, t+1, t+2, \dots, t+g-1$ .

### 3. Метод решения задачи

Для решения поставленной задачи (1)-(9) предлагается использовать разработанный авторами метод многокритериальной оптимизации, основанный на применении метода минимакса для поиска компромиссного решения в сочетании с методом неявного перебора. Данный метод состоит из следующей последовательности шагов:

Шаг 1. Осуществляем задание исходных данных.

1.1. Задаем количество проектов  $\Theta$ , из которых будут формироваться возможные варианты развития отрасли промышленности, а также максимальное количество проектов  $\delta$ , из которых может формироваться вариант развития. Определяем общее количество вариантов развития отрасли по формуле

$$M = \sum_{\eta=1}^{\delta} \frac{\Theta!}{(\Theta - \eta)! \eta!}.$$

Каждому из  $M$  возможных вариантов развития приписываем свой собственный индивидуальный номер  $j$ ,  $j = \overline{1, M}$ . Для каждого  $j$ -го варианта развития задаем два множества  $L_j$  и  $M_j$ .

1.2. Задаем численные значения параметров модели:  $T; H; g; t_n; B_{1t}^{(h)}, B_{2t}^{(h)}$  ( $h = \overline{1, H}, t = \overline{1, T}$ );  $F_t$  ( $t = \overline{1, T}$ );  $F_0; \omega_{prev}; K_{prev}; C_{prev}; E_n; t_p$ .

1.3. Полагаем:  $x_{jt}=0$  для всех  $j = \overline{1, M}$  и  $t = \overline{1, T}$ ;  $W_T = \emptyset$ . Верхней границе (рекорду) присваиваем значение  $\lambda_{record} := +\infty$ . Начинаем с первого года планового периода, т.е. полагаем  $t=1$  и переходим к шагу 2.

Шаг 2. Для задач (1, 4-9), (2, 4-9), (3, 4-9) определяем наилучшее  $L_1, L_2, L_3$  и наихудшее  $\underline{L}_1, \underline{L}_2, \underline{L}_3$  значения целевых функций (1), (2), (3) при помощи следующих выражений:

$$\begin{aligned} \overline{L}_1 &= \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t (D_{1t}^{(h)} + D_{2t}^{(h)}) - \underline{L}_2 \\ \underline{L}_1 &= \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t (B_{1t}^{(h)} + B_{2t}^{(h)}) - \overline{L}_2 \\ \underline{L}_2 &= \omega_{prev} - K_{prev} + C_{prev} \\ \overline{L}_2 &= F_0 + \sum_{t=1}^T F_t + \omega_{prev} - K_{prev} + C_{prev} \\ \overline{L}_3 &= \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t D_{2t}^{(h)} \\ \underline{L}_3 &= \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t B_{2t}^{(h)} \end{aligned} \quad \tilde{S}_i = \begin{cases} S_i, & \text{если } i < t \\ \left( \frac{S_{i-1}}{\alpha_{i-1}} + F_i - \sum_{j=1}^M \sum_{p=i+1-g}^i \omega_{j,t+1-p} x_{jp} + \sum_{j=1}^M \sum_{p=i+1-g}^i K_{j,t+1-p} x_{jp} \right) \alpha_i, & \text{если } t \leq i \leq t+g-1, \\ \text{при этом } i = \overline{\min(t+g-1, T)} \\ \left( \frac{S_{i-1}}{\alpha_{i-1}} + F_i \right) \alpha_i, & \text{если } i > t+g-1, \text{ при этом } i = \overline{\min(t+g, T)}, T \end{cases}$$

где  $D_{1t}^{(h)}, D_{2t}^{(h)}$  – величина спроса на рядовую и соответственно инновационную продукцию  $h$ -го ВЭДа отрасли ( $t = 1, T, h = 1, H$ ).

Значения данных величин передаются из имитационной модели.

Шаг 3. Рассматриваем первый вариант развития, т.е. полагаем  $j:=j(t):=1$  и  $x_{jt}:=1$ . Переходим к следующему шагу.

Шаг 4. Определяем допустимость рассматриваемого варианта развития  $j(t)$ , выполняя последовательность следующих действий:

4.1. Проверяем выполнение ограничения (7). Если хотя бы одно из условий ограничения не выполняется, то внедрить вариант развития  $j$  нельзя. В этом случае полагаем  $x_{jt}:=0$  и переходим к шагу 10. В противном случае, когда ограничение (7) выполняется, переходим к шагу 4.2.

4.2. Используя имитационную модель [11] и технологию моделирования проектов [12], вычисляем следующие характеристики:

1) оценки реального объема выпуска рядовой и инновационной продукции каждым ВЭДом отрасли  $\tilde{V}_{1t}^{(h)}$  и  $\tilde{V}_{2t}^{(h)}$  соответственно ( $h = 1, H$ );

2) значения параметров для каждого  $i$ -го проекта входящего в текущий вариант развития  $j$ :  $\omega_i^r, C_i^r$  и  $K_i^r$ .

Вычисляем также значения суммарных характеристик  $\omega_j^r, C_j^r$  и  $K_j^r$  для рассматриваемого  $j$ -го варианта развития.

4.3. Проверяем выполнение ограничения (4) для рассматриваемого года  $t$  планового периода. Если выполняется условие  $\tilde{V}_{1t}^{(h)} < B_{1t}^{(h)}$  и/или  $\tilde{V}_{2t}^{(h)} < B_{2t}^{(h)}$ , то внедрение  $j$ -го варианта развития в  $t$ -м году планового периода не обеспечивает достаточного объема выпуска отраслью промышленности рядовой и/или инновационной продукции для удовлетворения государственного заказа. В этом случае полагаем  $x_{jt}:=0$  и переходим к шагу 10. В противном случае, если ограничение (4) выполняется, переходим к шагу 4.4.

4.4. Определяем остатки денежных средств на развитие отрасли промышленности  $\tilde{S}_i, i = 1, T$  после пробного включения  $j$ -го варианта развития в план на  $t$ -й год, используя следующее выражение

4.5. Проверяем финансовую осуществимость  $j$ -го варианта развития. Если  $\tilde{S}_t < 0$ , то для внедрения варианта развития  $j$  в году  $t$  недостаточно средств. В этом случае полагаем  $x_{jt}:=0$  и переходим к шагу 10. В противном случае, когда выполняется неравенство  $\tilde{S}_t \geq 0$ , переходим к шагу 5.

Шаг 5. Определяем верхние границы  $L_1^{\max}$  и  $L_3^{\max}$  для целевых функций (1) и (3) соответственно и нижнюю границу  $L_2^{\min}$  для целевой функции (2) в рассматриваемый момент времени  $t$  при помощи следующих выражений:

$$L_1^{\max} = L_{1t} + \sum_{k=t+1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t (D_{1k}^{(h)} + D_{2k}^{(h)})$$

$$L_2^{\min} = L_{2t}$$

$$L_3^{\max} = L_{3t} + \sum_{k=t+1}^T \sum_{h=1}^H \alpha_t D_{2k}^{(h)}$$

где  $L_{1t}, L_{2t}, L_{3t}$  – текущее значение целевых функций (1), (2), (3) в  $t$ -м году планового периода.

Шаг 6. Осуществляем нормирование целевых функций (1)–(3) в соответствии со следующими формулами:

$$\lambda_{L_1} = \frac{\overline{L}_1 - L_1^{\max}}{\overline{L}_1 - \underline{L}_1}, \lambda_{L_2} = \frac{L_2^{\min} - \underline{L}_2}{\underline{L}_2 - \underline{L}_2}, \lambda_{L_3} = \frac{\overline{L}_3 - L_3^{\max}}{\overline{L}_3 - \underline{L}_3}$$

Шаг 7. Вычисляем значение  $\lambda_{\max} = \max\{\lambda_{L_1}, \lambda_{L_2}, \lambda_{L_3}\}$  и сравниваем его с рекордным значением  $\lambda^{\text{record}}$ . Если имеет место соотношение  $\lambda_{\max} < \lambda^{\text{record}}$ , то внедрение  $j$ -го варианта развития является перспективным. При этом присваиваем значения  $V_{1i}^{(h)} := \tilde{V}_{1i}^{(h)}, V_{2i}^{(h)} := \tilde{V}_{2i}^{(h)}, S_i := \tilde{S}_i, i = 1, T, h = 1, H$  и переходим к следующему шагу. В противном случае, т.е. когда имеет место соотношение  $\lambda_{\max} \geq \lambda^{\text{record}}$ , внедрение варианта развития  $j$  не улучшает текущее рекордное значение. В этом случае полагаем  $x_{jt}:=0$  и переходим к шагу 10.

Шаг 8. Если  $t < t_n$ , то переходим к рассмотрению следующего года планового периода, т.е. полагаем  $t:=t+1$  и возвращаемся к шагу 3. В противном случае переходим к следующему шагу.

Шаг 9. Обновляем значение рекорда путем присвоения нового значения  $\lambda^{\text{record}} := \lambda_{\max}$  и фиксируем множество  $W_T = \{j(t)\}_{t=1}^T$ .

Шаг 10. Проверяем, рассмотрены ли уже все варианты развития для текущего года  $t$  планового периода, т.е. выполнение условия  $j < M$ . Если все варианты развития рассмотрены, т.е.  $j=M$ , то переходим к следующему шагу. В противном случае принимаем  $x_{jt}:=0$  и рассматриваем следующий вариант развития отрасли. Полагаем  $j:=j+1, x_{jt}:=1$  и переходим к шагу 4.

Шаг 11. При  $t > 1$  осуществляем возврат на один год назад, т.е. полагаем  $t := t - 1$ . Выбираем из памяти номер принятого для данного года  $t$  варианта развития  $j$ . Полагаем  $j := j(t)$  и переходим к шагу 10. При  $t = 1$  и  $W_T = \emptyset$  задача не имеет решения. В противном случае ( $t = 1$  и  $W_T \neq \emptyset$ ) найдено оптимальное решение  $x_{jt} \in \{0, 1\}$ ,  $j = 1, M$ ,  $t = 1, T$ , которое определяется множеством  $W_T = \{j(1), j(2), \dots, j(T)\}$ , где  $x_{jt} = 0$  при  $j \neq j(t)$  и  $x_{jt} = 1$  при  $j = j(t) \neq 0$ ,  $j = 1, M$ ,  $t = 1, T$ .

#### 4. Выводы и направление дальнейших исследований

Предложенные математическая модель и метод многокритериальной оптимизации могут быть использованы органами государственной власти для

построения оптимального среднесрочного плана развития, который в условиях ограниченности имеющихся денежных средств обеспечит наиболее прибыльное, наименее затратное и инновационно-ориентированное развитие отрасли промышленности Украины. Полученные результаты также могут быть использованы в процессе формирования стратегии развития промышленности Украины на среднесрочную перспективу.

В дальнейшем предполагается разработка информационной технологии поддержки принятия решений для формирования стратегии развития отрасли промышленности Украины, ядром которой станут модули, реализующие имитационную модель [11], технологию моделирования проектов [12], предложенные в данной работе математическую модель и метод оптимизации.

#### Литература

1. Кононенко И.В., Бабич И.И. Модель оптимизации планов развития отрасли промышленности Украины // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2010. – №67, с. 161-170.
2. Рихтер К. Динамические задачи дискретной оптимизации. – М.: Радио и связь, 1985. – 136 с.
3. Кононенко И.В. Компьютеризация управления развитием производственно-экономических систем. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 240 с.
4. Кононенко И.В., Чайкова Е.И., Емельяненко И.В. Оптимизация планов развития торговой деятельности фирмы // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2004. – №18, с. 71-78.
5. Кононенко И.В., Букреева К.С. Модель и метод оптимизации портфелей проектов предприятия для планового периода // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №1/2 (43). – с. 9-11.
6. Кононенко И.В., Шатохина Н.В. Метод решения многокритериальной задачи формирования плана развития предприятия с учетом рисков // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ» – 2003. – №20, с.185-193.
7. Кононенко И.В., Емельяненко И.В. Метод многокритериальной оптимизации планов реконструкции и развития парка ГПА // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №2/4 (26). – с. 4-9.
8. Кононенко И.В., Протасов И.В. Двухкритериальная оптимизация содержания проекта при ограничениях на качество продукта // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №5/4 (47). – с. 57-61.
9. Кононенко И.В., Мироненко В.А. Математическая модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №1/2 (43). – с. 12-17.
10. R.T. Marler, J.S. Arora. Survey of multiobjective optimization methods for engineering // Structural and Multidisciplinary Optimization, 2004, Volume 26, Number 6, pp. 369-395.
11. Kononenko, Igor, Anton Repin. The Modeling and Forecasting of the Technological and Innovational Development of a Transition-Economy Country. - 3rd International Conference on Project Management (ProMac2006). Sydney. Australia. 27-29 September 2006. – 7 p.
12. Igor Kononenko, Igor Babich. Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation. The 7th International Conference on Business, Management, and Economics (ICBME 2011). E-Proceedings. Cesme, Izmir, Turkey. 06-08 October 2011. – 15 pp.