

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМА ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТИПОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Кокарев А.С.¹, Птушкин А.И.¹

¹ФГОУ ВПО «Военно–космическая академия имени А.Ф.Можайского, Санкт–Петербург, Россия (197198, г. Санкт–Петербург, ул. Ждановская,13), e–mail: vka@mil.ru.

Одно из направлений модернизации предприятий различных отраслей промышленности связано с унификацией технологических процессов, используемых для производства однотипных образцов продукции, и внедрение на этой основе типовых производственных процессов, что позволит снизить стоимость производства этой продукции. Для решения этой задачи требуются значительные финансовые средства, общий объем которых и объем средств, выделяемых каждому предприятию, необходимо строго обосновать. В данной работе предлагается метод оптимизации затрат на государственные капитальные вложения при реализации проектов по внедрению типовых производств, разработанный на основе метода динамического программирования. Задача решается в достаточно общей постановке, когда множество типовых производств, кандидатов на внедрение, имеет альтернативные варианты. Рассмотрены особенности предложенного метода, выгодно отличающие его от других методов решения подобных задач.

Ключевые слова: инвестиции, типовые производства, модернизация, показатели эффективности, функции чувствительности, динамическое программирование.

METHOD OF JUSTIFYING THE VOLUME OF INVESTMENTS THE PROJECTS IMPLEMENT STANDARD PRODUCTIONS

Kokarev A.S.¹, Ptushkin A.I.¹

¹Mozhaisky Military Space Academy, Sankt–Petersburg, Russia (197198, Saint-Petersburg, street Gdanovskay, 13), e–mail: vka@mil.ru.

One of the enterprises modernization directions of various industry branches connected with the unique expertise of the technological processes used for the production of similar samples of products, and implementation on the basis of standard production processes that will reduce the cost of production this production. Requires considerable financial resources, which total volume and the volume of funds allocated to each enterprise, it is necessary to rigorous substantiation. In this paper a method of optimization of expenses for public capital investment of at realization of projects on implementation of standard production developed on the basis of the method dynamic programming. The task is solved in a sufficiently General setting, when a set of standard production, candidates for the introduction, has alternatives. Especially of the proposed method, advantage distinguishing it from other methods of solving such tasks is considered.

Keywords: investment of capital, standard production processes, modernization, indicator of efficiency, sensitivity function, dynamic programming.

Введение

Со времени промышленной революции люди постоянно улучшают качество жизни человека, увеличивая возможности производства. Расширение производства приводит к увеличению потребления природных ресурсов и энергии, а также к проблемам утилизации непригодной к дальнейшему использованию продукции. В настоящее время масштабы индустриальной деятельности уже достигли предела и нельзя больше столь интенсивно истреблять ресурсы и энергию, а также избавляться от отходов, не принимая во внимание сильное воздействие этой деятельности на окружающую среду. Одним из путей выхода из сложившейся ситуации является переход от парадигмы производства – «Как произвести

продукцию наиболее рациональным образом?» к парадигме – «Как избежать выпуска новой продукции и обеспечить удовлетворенность потребителя и корпоративные выгоды?» [1].

Цели новой парадигмы могут быть достигнуты за счет модернизации уже выпущенной продукции, поводом к проведению которой являются, как правило, изменения требований со стороны заказчика (потребителя) или общества. Под модернизацией объекта понимается его изменение, отвечающее современным требованиям [3].

Одно из направлений модернизации предприятий различных отраслей промышленности связано с унификацией технологических процессов, используемых для производства однотипных образцов продукции, и внедрение на этой основе типовых производственных процессов, что позволит снизить стоимость производства этой продукции. Для решения этой задачи требуются значительные финансовые средства, общий объем которых и объем средств, выделяемых каждому предприятию, необходимо строго обосновать.

В данной работе предлагается метод оптимизации затрат на государственные капитальные вложения при реализации проектов по внедрению типовых производств, разработанный на основе подходов, изложенных в [4].

Математическая постановка задачи определения функций отклика

Рассмотрим множество предприятий отрасли промышленности, выпускающих однотипную продукцию, выпуск которой обеспечивается некоторой совокупностью производственных процессов, технология реализации которых в настоящее время индивидуальна для каждого предприятия. Задачу будем решать в достаточно общей постановке, когда множество типовых производств, кандидатов на внедрение, имеет альтернативные варианты.

Непременным требованием к процессу внедрения типовых производств является достижение заданных результатов при минимальных издержках. Для разработки оптимальных в этом смысле планов финансового обеспечения процесса модернизации отрасли (в данном случае, внедрения типовых производств) необходимо знать, какой эффект будет получен от той или иной суммы вложений в работы по модернизации, т.е. к какому изменению показателей качества функционирования отрасли приведет их выполнение. Функцию, характеризующую эти изменения, назовем функцией чувствительности показателей качества функционирования отрасли к вложению средств на их модернизацию или, для краткости, функцией отклика.

В процессе мониторинга предприятий отрасли [1] для каждого однотипного образца продукции необходимо определить перечень типовых производств и их альтернативных вариантов, обеспечивающих его изготовление, в результате внедрения которых могут быть улучшены показатели качества функционирования отрасли. Каждое типовое производство из

этого перечня должно характеризоваться затратами на его внедрение и вкладом в улучшение (ухудшение) названных показателей. Эта информация может быть использована в качестве исходных данных для последовательного определения соответствующих функций отклика показателей качества каждого образца продукции, качества функционирования каждого предприятия, входящего в состав отрасли, и отрасли в целом на внедрение типовых производств. Полученные функции отклика в свою очередь являются исходным материалом для решения задачи определения оптимального объема работ по внедрению типовых производств в масштабе отрасли, обеспечивающего требуемые значения показателей качества его функционирования при минимальных затратах. Рассмотрим последовательно математические постановки задач определения функций отклика и оптимального объема работ по модернизации предприятий отрасли применительно к структуре внедрения типовых производств представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура внедрения типовых производств на предприятиях отрасли

Обозначим:

I – количество модернизируемых предприятий отрасли;

J_i – количество типовых образцов, выпускаемых i -ым предприятием;

K_{ij} – количество возможных типовых производств, которые могут быть применены в производстве j -го образца продукции i -го предприятия;

N_{ijk} – количество альтернативных вариантов k -го типового производства j -го образца продукции i -го предприятия;

L – количество показателей качества функционирования образца продукции.

Исходные данные для решения задач определения функций отклика показателей качества образцов продукции целесообразно представить совокупностью таблиц, построенных для каждого образца и имеющих структуру, подобную структуре таблицы 1.

Таблица 1. Исходные данные для определения функций отклика показателей качества j -го типового образца продукции

Перечень типовых производств	Стоимость их внедрения	Приращение показателя качества образца продукции				
		$\Delta \pi^1$	...	$\Delta \pi^\ell$	...	$\Delta \pi^L$
Γ_{ij1}						
Γ_{ij11}	C_{ij11}	$\Delta \pi^1_{ij1}$	...	$\Delta \pi^\ell_{ij1}$	...	$\Delta \pi^L_{ij1}$
\vdots						
$\Gamma_{ij1N_{ij1}}$	$C_{ij1N_{ij1}}$	$\Delta \pi^1_{ij1N_{ij1}}$	...	$\Delta \pi^\ell_{ij1N_{ij1}}$	...	$\Delta \pi^L_{ij1N_{ij1}}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
Γ_{ijk}						
Γ_{ijk1}	C_{ijk1}	$\Delta \pi^1_{ijk1}$	...	$\Delta \pi^\ell_{ijk1}$	...	$\Delta \pi^L_{ijk1}$
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
$\Gamma_{ijkN_{ijk}}$	$C_{ijkN_{ijk}}$	$\Delta \pi^1_{ijkN_{ijk}}$	...	$\Delta \pi^\ell_{ijkN_{ijk}}$	...	$\Delta \pi^L_{ijkN_{ijk}}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\Gamma_{ijK_{ij}}$	$C_{ijK_{ij}}$	$\Delta \pi^1_{ijK_{ij}}$	...	$\Delta \pi^\ell_{ijK_{ij}}$	...	$\Delta \pi^L_{ijK_{ij}}$

В таблице 1 типовые производства и их варианты упорядочены в порядке возрастания стоимости их внедрения и приняты следующие обозначения:

r_{ijk} – условное наименование k -го типового производства ($k = \overline{1, K_{ij}}$) j -го образца продукции ($j = \overline{1, J_i}$) на i -м предприятии ($i = \overline{1, I}$);

c_{ijkv} – затраты на внедрение v -го варианта ($v = \overline{1, c_{ijk}}$) ijk -го типового производства;

$\Delta \pi^l_{ijkv}$ – приращение l -ого показателя качества функционирования типового образца продукции ($l = \overline{1, L}$) за счет внедрения v -го варианта k -го типового производства j -го образца продукции, выпускаемой i -м предприятием.

Суммарное изменение показателей качества функционирования ij -го образца является некоторой функцией частных приращений этих показателей за счет внедрения ijk -го типового производства:

$$\Delta \pi^l_{ij} = f_{l_{ij}}(\Delta \pi^l_{ij1}, \Delta \pi^l_{ij2}, \dots, \Delta \pi^l_{ijk}, \dots, \Delta \pi^l_{ijK_{ij}}). \quad (1)$$

Функция (1) часто является аддитивной. Например, это имеет место для такого показателя как стоимость производства образца продукции. В этом случае функция (1) примет вид

$$\Delta \pi^l_{ij} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \pi^l_{ijk}.$$

Тогда для решения задач определения функций отклика названных выше показателей может быть применен метод динамического программирования [2]. Названные задачи решаются последовательно: сначала определяются функции отклика, характеризующие чувствительность показателей качества образцов продукции, а затем на основе этих данных – показателей качества функционирования отдельных предприятий и, наконец, суммарная функция отклика. Сформулируем эти задачи.

В случае наличия в перечне типовых производств ij -го образца продукции альтернативных вариантов показатели их качества и ограничения на ресурсы, выделяемые на внедрение типовых производств, должны быть записаны в виде:

$$\Delta \pi_{ij}^{\ell} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \pi_{ijk}^{\ell} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijk\nu}^{\ell} c_{ijk\nu} + \dots + x_{ijk\nu_{ijk}}^{\ell} c_{ijk\nu_{ijk}})$$

$$\sum_{k=1}^{K_{ij}} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijk\nu}^{\ell} c_{ijk\nu} + \dots + x_{ijk\nu_{ijk}}^{\ell} c_{ijk\nu_{ijk}}) \leq C_{ij}$$

$$\forall \ell, i, j, k, \nu \quad x_{ijk\nu}^{\ell} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{\nu=1}^{\nu_{ijk}} x_{ijk\nu}^{\ell} = 1$$

где C_{ij} – возможное количество средств выделяемых на внедрение типовых производств ij -го типового образца. В этом случае первая задача может быть сформулирована следующим образом.

Задача 1.

Дано: зависимости $\Delta \pi_{ijk\nu}^{\ell} (c_{ijk\nu})$, представленные таблично.

Найти:

для $\forall i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, \ell = \overline{1, L}$ и $C_{ij} = c_{ij}^{\min}, c_{ij}^{\min} + \Delta c_{ij}, c_{ij}^{\min} + 2\Delta c_{ij}, \dots, c_{ij}^{\max}$

$$x_{ij}^{\ell} = \arg \max_{\overline{x_{ij}^{\ell}}} \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \pi_{ijk}^{\ell} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijk\nu}^{\ell} c_{ijk\nu} + \dots + x_{ijk\nu_{ijk}}^{\ell} c_{ijk\nu_{ijk}})$$

при условии, что $\sum_{k=1}^{K_{ij}} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijk\nu}^{\ell} c_{ijk\nu} + \dots + x_{ijk\nu_{ijk}}^{\ell} c_{ijk\nu_{ijk}}) \leq C_{ij}$,

где $\overline{x_{ij}^{\ell}} = [< x_{ij11}^{\ell}, x_{ij12}^{\ell}, \dots, x_{ij1\nu_{ij1}}^{\ell} >, \dots, < x_{ijK_{ij}1}^{\ell}, x_{ijK_{ij}2}^{\ell}, \dots, x_{ijK_{ij}\nu_{ijK_{ij}}}^{\ell} >]^T$ – вектор, характеризующий оптимальный объем работ по модернизации производства ij -го образца продукции при выделении для этой цели ассигнований в размере C_{ij} . Каждому элементу $x_{ijk\nu}^{\ell}$, равному 1, соответствует типовое производство $r_{ijk\nu}$, которое целесообразно внедрить, а элементы $x_{ijk\nu}^{\ell}$, равные нулю, указывают на то, что при данном уровне финансирования C_{ij} не целесообразно внедрение соответствующих им типовых производств $r_{ijk\nu}$;

Δc_{ij} – точность распределения средств по работам плана модернизации производства ij -го образца продукции;

$$c_{ij}^{\min} = \min_k \min_{\nu} c_{ijk\nu}, \quad c_{ij}^{\max} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \max_{\nu} c_{ijk\nu}, \quad \nu = \overline{1, \nu_{ijk}}.$$

Так как задача решается для спектра значений C_{ij} , то в результате ее решения получим не только оптимальный объем работ по модернизации производства ij -го образца продукции, но и дискретную функцию $\Delta \pi_{ij}^{\ell} (c_{ij})$, характеризующую чувствительность показателя качества

функционирования i -го предприятия к вложению средств на модернизацию производства ij -го образца продукции. Эта функция используется при решении следующей задачи: определение функции отклика показателя качества функционирования отрасли на оптимальное вложение средств в модернизацию его объектов.

Задача 2.

Дано: зависимости $\Delta\pi_{ij}^\ell(c_{ij})$, полученные в результате решения первой задачи.

Найти: для $\forall i = \overline{1, I}, \ell = \overline{1, L}$ и $C_i = c_i^{\min}, c_i^{\min} + \Delta c_i, c_i^{\min} + 2\Delta c_i, \dots, c_i^{\max}$

$$\overline{c}_i^\ell = \arg \max_{c_{ij}} \sum_{j=1}^{J_i} \Delta\pi_{ij}^\ell(c_{ij})$$

при условии, что $\sum_{j=1}^{J_i} c_{ij} \leq C_i$,

где C_i – возможное количество средств выделяемых на модернизацию i -го предприятия;

$\overline{c}_i^\ell = [{}^*c_{i1}^\ell, {}^*c_{i2}^\ell, \dots, {}^*c_{iJ_i}^\ell]^T$ – вектор, элементы которого характеризуют оптимальный объем работ по модернизации i -го предприятия отрасли;

$$c_i^{\min} = \min_j \min_k c_{ijk}, c_i^{\max} = \sum_{j=1}^{J_i} \max_k {}^*c_{ijk};$$

Δc_i – точность распределения средств на модернизацию i -го объекта ОПК по видам оборудования.

Задача 3.

Дано: зависимости $\Delta\pi_i^\ell(c_i)$ для каждого i -го объекта НКИ, полученные в результате решения предыдущей задачи.

Найти: для всех $C = c^{\min}, c^{\min} + \Delta c, c^{\min} + 2\Delta c, \dots, c^{\max}$

$$\overline{c}^\ell = \arg \max_{c_i} \sum_{i=1}^I \Delta\pi_i^\ell(c_i),$$

при условии $\sum_{i=1}^I c_i \leq C$,

где $\overline{c}^\ell = [{}^*c_1^\ell, {}^*c_2^\ell, \dots, {}^*c_I^\ell]^T$ – вектор, элементы которого равны оптимальному количеству средств, необходимому для модернизации i -го объекта НКИ;

$$c^{\min} = \min_i c_i^{\min}, c^{\max} = \sum_{i=1}^I c_i^{\max};$$

Δc – точность распределения средств на модернизацию объектов НКИ.

Алгоритмы решения сформулированных задач основаны на использовании соответствующих им функциональных уравнений Беллмана и приведены в работе [4].

На этапе прямого хода алгоритма динамического программирования будут получены функции, характеризующие соответственно увеличение эффективности производства (в частности, экономической) отдельных образцов продукции, функционирования предприятий и отрасли в целом за счет оптимального использования средств на внедрение типовых производств, а на этапе его обратного хода – оптимальные варианты типовых производств.

Графическая иллюстрация алгоритма получения решения

Графическая иллюстрация алгоритма получения решения и возможностей его интерпретации приведена на рисунке 2. Алгоритм отражает следующую ситуацию:

- в отрасль входит 3 предприятия;
- на каждом предприятии выпускается по 2 образца продукции;
- при изготовлении каждого образца могут быть использованы два варианта типового производства.

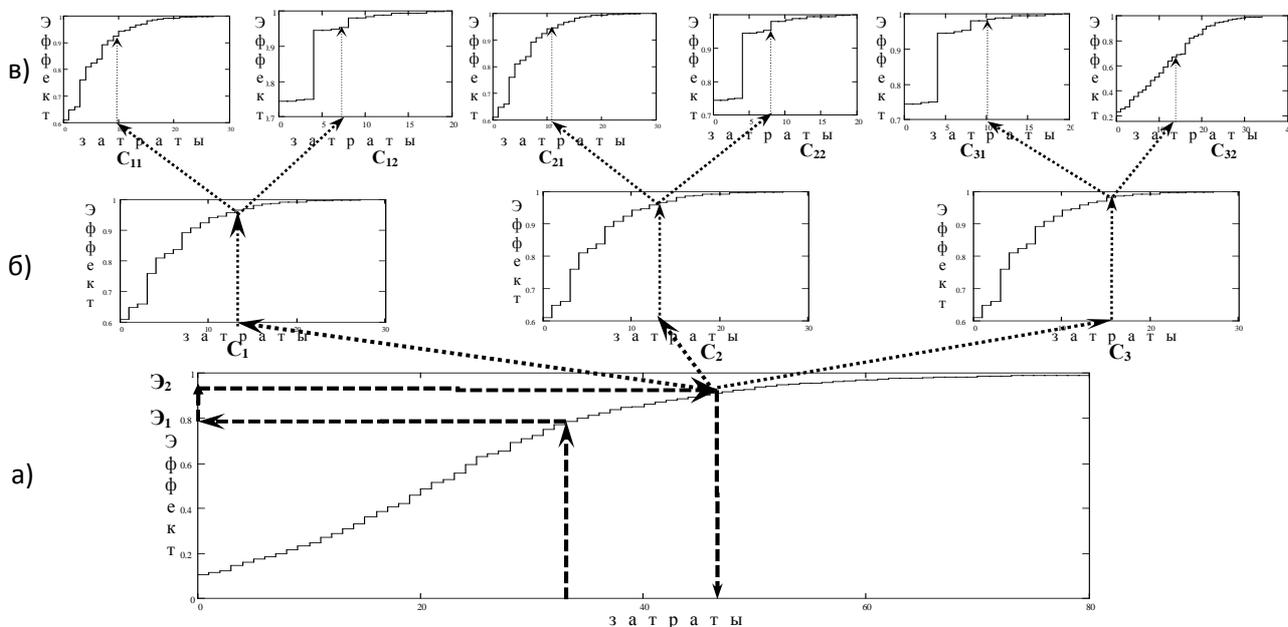


Рисунок 2 – Графическая иллюстрация алгоритма получения решения задачи методом динамического программирования и возможностей его интерпретации

Предположим, что на внедрение типовых производств на предприятий отрасли предполагается выделить ассигнования в объеме C_1 . Тогда, используя полученную зависимость увеличения показателя эффективности функционирования отрасли в целом за счет оптимального использования средств на внедрение типовых производств (рис. 2а), можно определить, какой эффект (например, размер годовой экономии) будет получен при использовании выделенных средств. Если этот эффект, в данном случае E_1 , недостаточен и желательно получить эффект в размере E_2 , то можно определить необходимый для этого объем ассигнований C_2 и далее последовательно найти оптимальное распределение этого объема по предприятиям (рис. 2б) и образцам продукции (рис. 2в).

Заключение

В заключение отметим полезные особенности предложенного метода, выгодно отличающие его от других методов. К ним относятся:

- возможность получения спектра решений, что позволяет обосновать размер потребных инвестиций для модернизации отрасли промышленности и оптимально распределить выделенные средства между ее участниками.
- гарантированное нахождение абсолютного, а не локального экстремума, если задача многоэкстремальна. Кроме того, метод позволяет найти все множество решений задачи, при которых имеет место один и тот же экстремум. Наличие таких вариантов позволяет привлечь к рассмотрению дополнительные показатели качества модернизации.
- возможность распараллеливания вычислений, что может оказаться чрезвычайно полезным при решении крупномасштабных задач.

Таким образом, изложенная методика позволяет получить богатый материал для обоснования и принятия решения об объеме инвестиций в модернизацию отрасли промышленности и режиме финансирования работ, выполняемых на ее предприятиях.

Список литературы

1. Бармин И.В., Юсупов Р.М., Прохорович В.Е., Птушкин А.И. Концепция управления состоянием сложных технических комплексов за пределами плановых сроков эксплуатации // Информационные технологии. – 2000. № 5. С. 2 - 7.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванского. – М.: Изд-во "Наука", 1965. 460 с.
3. Бочков А.П., Гасюк Д.П., Филюстин А.Е. Модели и методы управления развитием технических систем. – СПб.: Издательство «Союз», 2003. 288 с.
4. Лысенко И.В., Птушкин А.И., Информационно-аналитическое обеспечение обоснования объема инвестиций в модернизацию сложных технических комплексов // Региональная информатика (РИ-2010). XII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2010)». Санкт-Петербург, 20-22 октября 2010 г.: Труды конференции \ СПОИСУ.- СПб, 2011. С. 201 – 206.
5. Takata S., Kimura F., van Houten F.J.A.M., Westkamper E., Shpitalni M., Ceglarek D.: Changing Role in Life Cycle Management// CIRP annals. 2004, vol.53, № 2, pp. 643-655.

Рецензенты:

Петров Г.Д., д.т.н., профессор, начальник кафедры, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург.

Миронов А.Н., д.т.н., профессор, начальник кафедры, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург.