УДК 658.012

Т.И. КАТКОВА, канд. пед. наук, доц., Бердянский университет менеджмента и бизнеса, Бердянск

МНОГОСТАДИЙНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО СТРАТЕГИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрена задача многостадийного распределения ресурсов предприятия по выбранным направлениям деятельности. Решение задачи достигается с использованием метода динамического программирования, сводящего исходную многошаговую задачу к совокупности одношаговых оптимизационных задач. При этом обеспечивается получение точного решения исходной задачи. Библиогр.: 17 назв.

Ключевые слова: распределение ресурсов предприятия, динамическое программирование, оптимизационная задача.

Постановка проблемы и анализ литературы. Задача рационального распределения активов предприятия по выбранным направлениям деятельности отличается от традиционных задач распределения ресурса в связи с следующим важным обстоятельством. В реальных условиях деятельности предприятия инвестирование средств в какое-либо направление, как правило, приносит доход, распределенный по времени, то есть какая-то часть этих средств дает результат уже на очередной стадии производства, а остальная – на следующих стадиях. Тогда общая прибыль, получаемая от инвестирования на определенной стадии, не аддитивно зависит от прибылей, получаемых на каждой из последующих стадий. Целевая функция возникающей при этом оптимизационной задачи не является сепарабельной. Таким образом задача распределения ресурса уже не может быть формализована в виде совокупности независимых оптимизационных задач для каждой из стадий в отдельности.

В современной экономической литературе вопросы распределения ресурсов предприятия многократно, полно и подробно обсуждались [1 – 5]. Соответствующая библиография содержит сотни наименований. В работе [6] проанализированы системы категорий и понятий, связанных с пониманием экономической природы ресурсов предприятия. В работах [7 – 12] большое внимание уделяется оптимизационным методам решения таких задач, сопровождающих реализацию планов деятельности предприятий.

Рассмотрим динамику прибыли, получаемой предприятием, для простейшего частного случая, когда определенная доля δ вкладываемых в развитие средств дает прибыль уже на очередной стадии, а остальные – на следующей за ней.

Пусть $K_j(1)$ – объем инвестиций, вкладываемых в j-е направление деятельности на первом шаге.

Введем теперь:

$R_{\mathrm{j}}^{(1)}[\delta K_j(1)]$ – прибыль, получаемая при вложении $K_j(1)$ на очередной (второй) стадии, $R_{\mathrm{j}}^{(2)}[(1-\delta)K_j(1)]$ – прибыль на третьей стадии.

Пусть, кроме того, доля прибыли, получаемой на каждой стадии, определяемая функций $\pi(t)$, направляется на удовлетворение внутренних потребностей предприятия, а остальная часть – используется на развитие производства. Тогда

$(1-\pi(2))R_{\mathrm{j}}^{(1)}[\delta K_j(1)]$ – объем инвестиций на втором шаге;

$R_j^{(1)}[\delta[(1-\pi(2))R_j^{(1)}[\delta K_j(1)]]]$ – прибыль, получаемая на третьем шаге от вложения на втором шаге;

$R_j^{(2)}[(1-\delta)[(1-\pi(2))R_{\mathrm{j}}^{(1)}[\delta K_j(1)]]]$ – прибыль, получаемая на четверном шаге от вложения на втором шаге;

$(1-\pi(3))\{R_j^{(1)}[\delta[(1-\pi(2))R_j^{(1)}[\delta K_j(1)]]]+R_j^{(2)}[(1-\delta)K_j(1)]\}$ – распределяемый на третьем шаге объем инвестиций:

$R_j^{(1)}[\delta\{(1-\pi(3))\{R_j^{(1)}[\delta[(1-\pi(2))R_j^{(1)}[\delta K_j(1)]]]+R_j^{(2)}[(1-\delta)K_j(1)]\}\}]$ – прибыль, получаемая на четвертом шаге от вложения на третьем шаге.

Очевидно, что уровень сложности аналитических соотношений, получаемых с использованием описанной технологии, с увеличением номера стадии быстро растет, что практически исключает возможность непосредственного использования одношаговых оптимизационных методов. Задача усложняется еще более, если результаты распределения на очередной стадии оказывают влияние не только на две последующие, но и на все последующие стадии процесса.

Возникающая при этом задача относится к классу так называемых задач управления "на ветвящихся процессах" [13], принципиальная особенность которых состоит в расширении пространства состояний на каждом последующем шаге. При этом, если число шагов управления является большим или не ограничено сверху, проблема может стать неразрешимой [14].

Понятно, что метод решения задачи рационального распределения активов предприятия может быть реализован только в одностадийном варианте поступления доходов. Таким образом, расмотреный в описанных выше работах, метод решения задачи не учитывает многостадийный вариант поступления доходов.

Корректный подход к решению оптимизационных задач, в которых необходимо рассматривать процесс производства и управления в пространстве и во времени, то есть в развитии, состоит в использовании метода динамического программирования. При этом процедура вычислений реализуется по своеобразной схеме: весь процесс поиска оптимального решения представляется в виде определенной последовательности шагов, для каждого из которых находится оптимальное решение. Применению методов динамического программирования при решении практических задач посвящены работы [15 – 16]. В основу использования динамического программирования положен принцип оптимальности, сформулированный Р. Беллманом [17]. Процесс поиска решения на базе этого метода является многошаговым, когда исходная задача с большим числом переменных заменяется совокупностью задач с небольшим числом переменых, что ощутимо снижает общий объем вычислений.

Следует отметить, что содержательный материал в известных работах изложен понятным и доступным языком, но предложенные в них методы либо не дают точного решения исходной задачи, либо не применимы к сложным многокритериальным задачам, либо слишком сложны и громоздки и зависят от того, насколько длительным окажется влияние очередного распределения на последующие.

Цель статьи – разработка метода многостадийного распределения активов предприятия по стратегическим направлениям деятельности.

Поставим задачу адаптации технологии динамического программирования для решения многостадийного распределения активов предприятия по выбранным стратегическим направлениям деятельности. Сведем ее решение к решению совокупности одношаговых оптимизационных задач, обеспечивая при этом получение точного решения исходной задачи. При этом важно, чтобы характер вычислительной процедуры, реализующей метод, не зависел от того, насколько длительным окажется влияние очередного распределения на последующие.

При решении задачи используем следующую терминологию. Будем называть состоянием системы $\hat{S}_i$ в момент времени T_i суммарную прибыль $K^{\Sigma}(T_i)=\sum_{j=1}^{n}K_j^{\Sigma}(T_i)$, получаемую за период $[0,T_i)$, $i=1,\ 2,\dots$.

Вектор $(K_1(T_i),K_2(T_i),\dots,K_n(T_i))$, задающий распределение активов в момент времени T_i будем называть управлением в момент T_i и обозначать U_i. Введем теперь функцию переходов

$$\hat{S}_{i+1,j}=g(\hat{S}_{ij},K_j(T_i)),\quad i=1,\ 2,\dots,\ j=1,\ 2,\dots,n.$$

Примем, что функция переходов имеет вид

$$\hat{S}_{i+1,j}=a_{0j}(T_i)(K_j^{\Sigma}(T_i-1)K_j(T_i))^{a_{1j}(T_i)}.$$

С использованием введенных ранее обозначений это соотношение имеет вид:

$$K^{\Sigma}(T_{i+1})=\sum_{j=1}^{n}K_j^{\Sigma}(T_{i+1})=(1-\pi(T_i))\sum_{j=1}^{n}a_{0j}(T_i)(K_j^{\Sigma}(T_i)+K_j(T_i))^{a_{1j}(T_i)}.$$

Теперь, если задано начальное состояние системы $(K_1(0),\ K_2(0),\ \dots,\ K_n(0))$, то выбранной последовательности управлений $U_1,\ U_2,\ \dots,U_N$ можно поставить в соответствие последовательность состояний $\hat{S}_1,\hat{S}_2,\dots,\hat{S}_{N+1}$. Задача состоит в выборе управлений $U_1,\ U_2,\ \dots,U_N$, максимизирующих критерий

$$F_N(\{K_j(1)\},\{K_j(2)\},\dots,\{K_j(N)\})=\sum_{i=1}^{N}(1-\pi(T_i))\sum_{j=1}^{n}R_j(T_i)=$$
$$=\sum_{i=1}^{N}(1-\pi(T_i))\sum_{j=1}^{n}a_{0j}(T_i)(K_j^{\Sigma}(T_i-1)K_j(T_i))^{a_{1j}(T_i)}. \qquad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n}K_j(T_i)=(1-\pi(T_i))\sum_{j=1}^{n}K_j^{\Sigma}(T_i-1). \qquad (2)$$

Основные результаты. Понятно, что критерий (1) может быть записан следующим образом:

$$F_N(\{K_j(1)\},\{K_j(2)\},\ ...,\ \{K_j(N)\}) = \sum_{i=1}^{N} f_i(\hat{S}_i, U_i),\ i=1,\ 2, ...,\ N,$$

где $$f_i(\hat{S}_i, U_i) = (1-\pi(T_i))\sum_{j=1}^{n} a_{0j}(T_i)(K_j^{\Sigma}\ (T_{i-1}) + K_j(T_i))^{a_{1j}(T_i)}. \qquad (3)$$

Введем теперь функцию $F_k^*(\hat{S}_{N-k+1})$, равную численному значению критерия (3) при оптимальном k-шаговом управлении из состояния $\hat{S}_{N-k+1}$. Численное значение $F_k^*(\hat{S}_{N-k+1})$ будем определять следующим образом. Предположим, что в момент T_N система находится в состоянии $\hat{S}_N$ и необходимо выбрать одношаговое оптимальное управление U_N, максимизирующее (3). При этом

$$F_1^*(\hat{S}_N) = \max_{U_N} f_N(S_N, U_N).$$

Пусть теперь система находится в состоянии $\hat{S}_{N-1}$ и надлежит выбрать оптимальное двухшаговое управление (U_{N-1}, U_N) таким образом, чтобы максимизировать (3). Тогда в соответствии с принципом оптимальности Беллмана

$$\begin{gathered} F_2^*(\hat{S}_{N-1}) = \max_{U_{N-2}, U_N} \sum_{i=N-1}^{N} f_i(\hat{S}_i, U_i) = \\ = \max_{U_{N-1}} \{ f_{N-1}(\hat{S}_{N-1}, U_{N-1}) + F_1^*[g(\hat{S}_{N-1}, U_{N-1})]\}. \end{gathered} \qquad (4)$$

Рассуждая аналогично, имеем

$$\begin{gathered} F_k^*(\hat{S}_{N-k+1}) = \max_{U_{N-k+1}} \{ f_{N-k+1}(\hat{S}_{N-k+1}, U_{N-k+1}) + \\ + F_{k-1}^*[g(\hat{S}_{N-k+1}, U_{N-k+1}]\}, \\ 2 \le k \le N, \end{gathered} \qquad (5)$$

откуда, в частности,

$$F_N^*(\hat{S}_1) = \max_{U_1}\{ f(\hat{S}_1, U_1) + F_{N-1}^*[g(\hat{S}_1, U_1)]\}. \qquad (6)$$

Вычислительная процедура решения задачи теперь ясна. Отыскание оптимального управления начнем с последнего шага. При этом для каждого из возможных состояний системы $\hat{S}_N \in S$, используя (4), необходимо отыскать и запомнить оптимальное управление $U_N^* \in \hat{S}_N$. Таким образом, будет известно оптимальное одношаговое управление для любого из возможных состояний системы. Теперь, используя (5) при $k=2$ для каждого из возможных состояний системы, найдем оптимальное двухшаговое поведение $(U^*{}_{N-1}, U^*{}_N)$. Обратим внимание на то, что при этом фактически приходится решать одношаговую оптимизационную задачу отыскания U_{N-1}^*, так как после отыскания U_{N-1}^* с использованием соотношения $\hat{S}_{i+1} = g(\hat{S}_i, U_i)$ вычисляется состояние S_N, причем для каждого из $\hat{S}_N$ оптимальное управление уже было найдено ранее. Аналогично отыскивается оптимальное поведение для $k = 3,\ 4,\ \ldots,\ N-1$.

Поскольку начальное состояние системы $\hat{S}_1$ фиксировано при отыскании оптимального управления на первом шаге U_1^* нет необходимости решать оптимизационную задачу для всех $\hat{S}_N \in S$. Нужно сделать это только для исходного состояния $\hat{S}_1$.

Выводы. Таким образом, задача многостадийного распределения активов предприятия по выбранным стратегическим направлениям деятельности с использованием технологии динамического программирования сведена к решению совокупности одношаговых оптимизационных задач, обеспечивая при этом получение точного решения исходной задачи. При этом важно, что характер вычислительной процедуры, реализующей метод, не зависит от того, насколько длительным оказывается влияние очередного распределения на последующие.

Список литературы: **1.** *Алферов В.И.* Модели и методы распределения ресурсов при управлении проектами дорожного строительства: дис. … доктора технических наук: 05.13.10 / Виктор Иванович Алферов. – Воронеж, 2011. – 287 с. **2.** *Баркалов П.С.* Модели и методы распределения ресурсов при управлении проектами с учетом времени их перемещения: дис. … кандидата технических наук: 05.13.10 / *Павел Сергеевич Баркалов*. – Москва, 2004. – 136 с. **3.** *Серая О.В.* Задача распределения ресурса при нечетко заданных исходных данных / *О.В. Серая, Т.И. Каткова* // Систем. дослідж. та інформ. технології. – 2013. – № 2. – С. 44-53. **4.** *Потапенко А.М.* Эвристические методы распределения ресурсов при управлении проектами: дис. … кандидата технических наук: 05.13.10 / *Анатолий*

Михайлович Потапенко. – Воронеж, 2004. – 156 с. **5.** *Филиппов А. В.* Поддержка принятия решений при управлении распределением ресурсов в двухуровневых производственных системах: дис. … кандидата технических наук: 05.13.10 / Арсений Викторович Филиппов. – Уфа, 2004. – 152 с. **6.** *Гросул В. А.* Ресурси підприємства: теоретичне осмислення сутності / *В.А. Гросул* // Бізнес Інформ. – 2013. – № 7. – С. 236-242. **7.** *Бєлай С.В.* Оптимізація розподілу ресурсів за видами забезпечення в умовах обмеженого фінансування частин та підрозділів сил охорони правопорядку / *С.В. Бєлай* // Системи озброєння і військ. техніка. – 2009. – Вип. 1. – С. 80-84. **8.** *Лабскер Л. Г.* Теория критериев оптимальности и экономические решения / *Л.Г. Лабскер*. – М.: КноРус, 2010. – 744 с. **9.** *Токарев В.В.* Методы оптимальных решений. Многокритериальность. Динамика. Неопределенность / *В.В. Токарев, А.В. Соколов*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 416 с. **10.** *Христофор О.В.* Оптимізація розподілу ресурсів у логістичних каналах збуту / *О.В. Христофор* // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. – 2004. – № 1. – С. 28-35. **11.** *Alba Enrique.* Optimization techniques for solving complex problems / *Enrique Alba, Christian Blum, Pedro Asasi, Coromoto Leon, Juan Antonio Gomez*. – New York: John Wiley and Sons, 2009. – 476 p. **12.** *Onwubolu Godfrey C.* Emerging optimization techniques in production planning and control / *Godfrey C. Onwubolu*. – London: Imperial College Press, 2002. – 632 p. **13.** *Ватутин В.А.* Ветвящиеся процессы // *В.А. Ватутин, А.И. Зубков*. – Теория вероятностей. – 1985. – Т. 3. – С. 3-67. **14.** *Раскин Л. Г.* Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / *Л.Г. Раскин*. – М.: Сов.радио, 1976. – 344 с. **15.** *Лисак Ю. В.* Визначення функції відмінності дворівневим методом динамічного програмування з використанням фільтра Габора / *Ю.В. Лисак, Б.П. Русин* // Відбір і оброб. інформації. – 2008.–- Вип. 29. – С. 96-100. **16.** *Плещинский А. С.* Согласованная оптимизация логистической и производственно-финансовой деятельности многостадийных предприятий (динамические модели) / *А.С. Плещинский, Э.М. Пачковский, И.М. Михайлина*. – М.: ЦЭМИ РАН, 2008. – 116 с. **17.** *Беллман Р.* Динамическое программирование / *Р. Беллман*. – М.: ИИЛ, 1960. – 400 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Alferov V.I.* Modeli i metody raspredelenija resursov pri upravlenii proektami dorozhnogo stroitel'stva: dis. … doktora tehnicheskih nauk: 05.13.10 / *Viktor Ivanovich Alferov*. – Voronezh, 2011. – 287 s. **2.** *Barkalov P.S.* Modeli i metody raspredelenija resursov pri upravlenii proektami s uchetom vremeni ih peremeshhenija: dis. … kandidata tehnicheskih nauk: 05.13.10 / *Pavel Sergeevich Barkalov*. – Moskva, 2004. – 136 s. **3.** *Seraja O.V.* Zadacha raspredelenija resursa pri nechetko zadannyh ishodnyh dannyh / *O.V. Seraja, T.I. Katkova* // Sistem. doslidzh. ta inform. tehnologiї. – 2013. – № 2. – S. 44-53. **4.** *Potapenko A.M.* Jevristicheskie metody raspredelenija resursov pri upravlenii proektami: dis. … kandidata tehnicheskih nauk: 05.13.10 / *Anatolij Mihajlovich Potapenko*. – Voronezh, 2004. – 156 s. **5.** *Filippov A.V.* Podderzhka prinjatija reshenij pri upravlenii raspredeleniem resursov v dvuhurovnevyh proizvodstvennyh sistemah: dis. … kandidata tehnicheskih nauk: 05.13.10 / *Arsenij Viktorovich Filippov*. – Ufa, 2004. – 152 s. **6.** *Grosul V.A.* Resursi pidpriєmstva: teoretichne osmislennja sutnosti / *V.A. Grosul* // Biznes Inform. – 2013. – № 7. – S. 236-242. **7.** *Belaj S.V.* Optimizacija rozpodilu resursiv za vidami zabezpechennja v umovah obmezhenogo finansuvannja chastin ta pidrozdiliv sil ohoroni pravoporjadku / *S.V. Belaj* // Sistemi ozbroennja i vijs'k. tehnika. – 2009. – Vip. 1.–- S. 80-84. **8.** *Labsker L.G.* Teorija kriteriev optimal'nosti i jekonomicheskie reshenija / *L.G. Labsker*. – M.: KnoRus, 2010. – 744 s. **9.** *Tokarev V.V.* Metody optimal'nyh reshenij. Mnogokriterial'nost'. Dinamika. Neopredelennost' / *V.V. Tokarev, A.V. Sokolov*. – M.: FIZMATLIT, 2010. – 416 s. **10.** *Hristofor O.V.* Optimizacija rozpodilu resursiv u logistichnih kanalah zbutu / *O.V. Hristofor* // Visn. Vinnic. politehn. in-tu. – 2004. – № 1. – S. 28-35. **11.** *Alba Enrique*. Optimization techniques for solving complex problems / *Enrique Alba, Christian Blum, Pedro Asasi, Coromoto Leon, Juan Antonio Gomez*. – New York: John Wiley and Sons, 2009. – 476 p. **12.** *Onwubolu Godfrey S.* Emerging optimization techniques in production planning and control / *Godfrey C. Onwubolu*. – London: Imperial College Press,

2002. – 632 p. **13.** *Vatutin V.A.* Vetvyaschiesya protsessyi // *V.A. Vatutin, A.I. Zubkov*. – Teoriya veroyatnostey. – 1985. – T. 3. – S. 3-67. **14**. *Raskin L.G.* Analiz slozhnyih sistem i elementyi teorii optimalnogo upravleniya / *L.G. Raskin*. – M.: Sov.radio, 1976. – 344 s. **15.** *Lisak Ju.V.* Viznachennja funkcії vidminnosti dvorivnevim metodom dinamichnogo programuvannja z vikoristannjam fil'tra Gabora / *Ju.V. Lisak, B.P. Rusin* // Vidbir i obrob. informacії. – 2008. – Vip. 29. – S. 96-100. **16.** *Pleshhinskij A.S.* Soglasovannaja optimizacija logisticheskoj i proizvodstvenno-finansovoj dejatel'nosti mnogostadijnyh predprijatij (dinamicheskie modeli) / *A.S. Pleshhinskij, Je.M. Pachkovskij, I.M. Mihajlina*. – M.: CJeMI RAN, 2008. – 116 s. **17.** *Bellman R.* Dinamicheskoe programmirovanie / *R. Bellman*. – M.: IIL, 1960. – 400 s.

Поступила (received) 07.04.2014

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Раскин Л.Г.

Tatiana Katkova, PhD. ped. sciences, docent
Berdyansk University of Management and Business
Svobody, 117, Berdyansk, Ukraine, 71100
tel.: (068) 449-41-81; (099) 467-70-20, e-mail: 777-kit@ukr.net; 777-kit@list.ru
ORCID: 0000-0002-1051-4262