

СИНТЕЗ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ

УДК 519.81

ПЕТРОВ Эдуард Георгиевич

д.т.н., профессор, профессор кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Научные интересы: системный анализ, теория принятия решения, моделирование информационных систем.

e-mail: st@kture.kharkov.ua

БРЫНЗА Наталья Александровна

к.т.н., преподаватель кафедры информатики и компьютерной техники

Харьковского национального экономического университета.

Научные интересы: теория принятия решения, информационные технологии, системный анализ.

e-mail: brynz@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

По определению [1] необходимыми условиями эффективности технико-экономических и организационных решений являются: комплексность, своевременность и оптимальность.

В условиях перехода мировой экономики от концепции экономического роста к концепции устойчивого развития социально-экономической системы, предусматривающей комплексный учет экономических, социальных и экологических факторов [2], задача принятия инвестиционных решений по необходимости превращается в многокритериальную, а невозможность точной оценки последствий, особенно социальных и экологических – в интервально неопределенную.

Целью статьи является синтез формальной модели принятия инвестиционных решений в условиях многокритериальности на примере решения задачи распределения инвестиционных ресурсов в масштабной производственной системе с целью повышения её эффективности.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается централизованная иерархическая производственная система: организационно – управляющий центр (УЦ) – подчиненные производственные подразделения (ПП). Цели всех локальных подразделений полностью согласованы и совпадают с глобальной целью производственной системы, которая состоит в стремлении максимизировать эффект системы в целом.

В процессе нормального функционирования каждое i -е производственное подразделение, перерабатывая производственные ресурсы, производит эффект E_i , $i = \overline{1, n}$, где n – количество подразделений. Цель системы имеет вид

$$E_s = F(E_i) \rightarrow \max_{E_i}, \quad (1)$$

где F – оператор, определяющий структуру модели (1).

В режиме нормального стабильного функционирования все локальные производственные подразделения функционируют в окрестностях точек оптимальности. Поэтому конструктивное решение задач (1) связано с необходимостью изменения (развития) характе-

ристик производственных подразделений на основе привлечения некоторых дополнительных инвестиционных ресурсов.

Управляющий центр производственной системы располагает некоторым ограниченным количеством универсального моноресурса R (в качестве которого выступают денежные средства), которые необходимо инвестировать в развитие производственных подразделений системы с целью повышения их эффективности. Задача (1) трансформируется в задачу вида

$$E_s = E_s^o + \max_{r_i} F[E_i(r_i)], \quad (2)$$

где r_i – объем инвестиционных ресурсов, выделенных на развитие i -го производственного подразделения системы;

$$R \geq \sum_{i=1}^n r_i, \quad (3)$$

R – ограничение на суммарный объем инвестиционных ресурсов.

СИНТЕЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Таким образом, исходная задача (1) сводится к задаче формирования эффективной инвестиционной политики развития системы, т.е. принятию решения о распределении инвестиционных ресурсов между подсистемами

$$r_i^o = \arg \max_{r_i \in R} F[E_i(r_i)]. \quad (4)$$

Комплексная эффективность любой социально-экономической системы оценивается кортежем частных характеристик эффективности: экономической E_i^E , социальной E_i^S и экологической E_i^{EK} .

$$E_i = \langle E_{i1}^E(r_{i1}), E_{i2}^S(r_{i2}), E_{i3}^{EK}(r_{i3}) \rangle. \quad (5)$$

С учетом этого исходная задача (4) превращается в задачу многокритериальной оптимизации вида

$$r_i^o = \arg \max_{r_i \in R} F[\langle E_i(r_i) \rangle] \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где $\langle E_i(r_i) \rangle$ – трехмерный кортеж вида (5), компонентами которого являются разнородные по размерности, интервалам изменения и измерительным шкалам величины.

В большинстве случаев распределительные задачи приходится решать в условиях интервальной неоп-

ределенности. Основными источниками неопределенности являются [3]: неполнота знаний о виде и параметрах производственных функций; а также неточности задания системы ограничений.

Таким образом, задача является задачей многокритериальной оптимизации, решаемой в условиях интервальной неопределенности исходных данных.

В общем случае задачи многокритериальной оптимизации являются некорректными по Адамару, так как не имеют единственного решения [4] и для определения единственного решения требуют регуляризации [5], которая заключается в скаляризации целевой функции. Наиболее аргументированный подход к регуляризации задач многокритериальной оптимизации основан на теории полезности [6] и заключается в формировании обобщенной скалярной оценки (функции полезности) эффективности допустимых решений. В рассматриваемом случае принятия инвестиционных решений такая функция полезности будет иметь вид

$$P(r_i^o) = Q[\langle \lambda_i \rangle, \langle E_i(r_i) \rangle], \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где $\langle \lambda_i \rangle$ – кортеж коэффициентов изоморфизма разнородных эффектов;

$\langle E_i(r_i) \rangle$ – кортеж значений разнородных оценок эффективности производственной системы.

В качестве обобщенной оценки эффективности (полезности) локальной производственной подсистемы, для простоты, но без потери общности, примем аддитивную модель вида

$$P(r_i) = \sum_{j=1}^n a_j E_{ij}^H(r_j), \quad (8)$$

где $E_{ij}^H(r_j)$ – нормализованные, т.е. безразмерные, приведенные к стандартному интервалу измерения $[0,1]$ и одинаковому направлению доминирования значения, локальные эффекты i -го производственного подразделения;

a_j – безразмерные коэффициенты относительной важности, локальных эффектов (экономического, социального, экологического), подчиняющиеся следующим ограничениям:

$$0 \leq a_j \leq 1, \quad \forall j = \overline{1, 3}; \quad \sum_{j=1}^3 a_j = 1. \quad (9)$$

Нормализация эффектов производится по следующей общей модели [7]

$$E_{ij}^n(r_j) = \frac{E_{ij}(r_j) - E_{ij}^o}{E_{ij}^G(r_j) - E_{ij}^o}, \quad (10)$$

где E_{ij}^o – значение оценки j -го эффекта i -й подсистемы до инвестирования ($E_{ij}^o = 0$);

$E_{ij}(r_j)$ – j -й эффект i -й подсистемы при инвестициях r_j количества ресурсов;

$E_{ij}^G(r_j)$ – состояние насыщения, когда увеличение количества инвестиционного ресурса не даст ощутимого приращения эффекта.

В экономике функциональную зависимость значения эффекта от количества используемых ресурсов независимо от вида эффекта и ресурсов называют производственными функциями, и их принято аппроксимировать некоторыми полиномиальными зависимостями. В общем случае производственная функция имеют вид S -образной (логистической) кривой.

Анализ логистической кривой показывает, что при увеличении количества инвестиционного ресурса ожидаемый эффект асимптотически стремится к некоторому предельному значению. С другой стороны, существует минимальное предельное значение, ниже которого проведение инвестиционных мероприятий не целесообразно, так как не дает ощутимых результатов. В общем случае, инвестиционные ресурсы ограничены, и поэтому интервал возможных инвестиционных решений всегда ограничен и сравнительно узок $r_{ij} \in [r_{ij}^{\min}, r_{ij}^{\max}]$. Эти ограничения «вырезают» из логистической кривой некоторые локальные участки выпуклые вниз, линейные или выпуклые вверх участки. Эти локальные фрагменты логистической кривой достаточно корректно аппроксимируются функциями вида

$$E(r_{ij}) = \left(\frac{r_{ij} - r_{ij}^{\min}}{r_{ij}^{\max} - r_{ij}^{\min}} \right)^{\alpha_{ij}}, \quad (11)$$

которые при $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$ реализуют выпуклые вверх зависимости, при $\alpha_{ij} = 1$ – линейные и при $\alpha_{ij} > 1$ – выпуклые вниз (рис. 1).

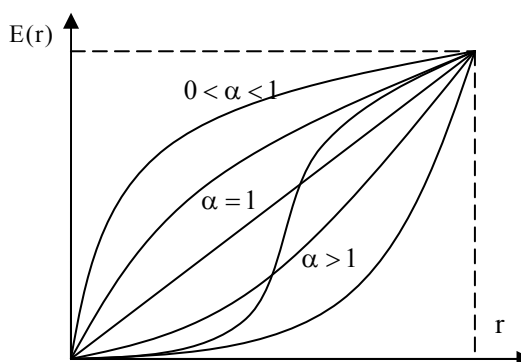


Рисунок 1 – Формы производственной функции

Подставляя выражение (11) последовательно в модели (10) и (8) получим для случая $E_{ij}^o = 0$ и $E_{ij}^G(r_i) = r_{ij}^{\max}$ следующую регуляризованную модель оценки полезности инвестиционных ресурсов для развития i -й производственной подсистемы [8]

$$\diamond P(r_i) = \sum_{j=1}^3 a_{ij} \left[\frac{\left(\frac{r_{ij} - r_{ij}^{\min}}{r_{ij}^{\max} - r_{ij}^{\min}} \right)^{\alpha_{ij}}}{r_{ij}^{\max}} \right], \quad (12)$$

где a_{ij} – безразмерные коэффициенты относительной важности соответствующих локальных эффектов, удовлетворяющие условию

$$0 \leq a_{ij} \leq 1; \quad \sum_{j=1}^3 a_{ij} = 1;$$

$r_{ij}^{\min}; r_{ij}^{\max}$ – константы, определяющие область допустимых решений;

α_{ij} – параметры, определяющие вид соответствующих производственных функций.

Таким образом, модель (12) представляет собой безразмерную обобщенную оценку трехфакторного потенциального эффекта (экономического, социального, экологического), который может быть получен в результате выделения i -й производственной подсистемы инвестиционного ресурса в количестве r_i . Управляемой переменной в модели (12) является только r_{ij} , а все остальные значения – постоянными параметрами, назначаемыми пользователем (лицом, прини-

мающим решение (ЛПР)) на основе экспертных оценок, отражающих его субъективные предпочтения

Общая цель всей производственной системы определяется как функция эффективности локальных производственных подсистем (4). Целевой функционал производственной системы имеет вид

$$E_s = \sum_{i=1}^n E_i(r_i) \rightarrow \max_{r_i \in R} . \quad (13)$$

Задача заключается в том, чтобы распределить ограниченные инвестиционные ресурсы (определить инвестиционный план) между локальными производственными элементами таким образом, чтобы максимизировать суммарный эффект системы

$$r_i^o = \arg \max_{r_i \in R} \sum_{i=1}^n b_i E_i(r_i) . \quad (14)$$

при ограничении (3) на суммарный объем ресурсов. Здесь b_i – коэффициенты относительной важности производственных подразделений, отвечающие требованиям аналогичным (9)

С учетом (12), целевая функция (14) принимает вид

$$r_i^o = \arg \max_{r_i \in R} \sum_{i=1}^n b_i \left\{ \sum_{j=1}^3 a_{ij} \left[\frac{r_{ij} - r_{ij}^{\min}}{r_{ij}^{\max} - r_{ij}^{\min}} \right]^{\alpha_{ij}} \right\} \quad (15)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, отметим, что в статье синтезирована модель принятия многокритериальных инвестиционных решений по развитию сложной централизованной производственной системы в рамках ограниченных ресурсов. Модель ориентирована на принятие решений в условиях детерминированных исходных данных. Дальнейшее развитие предложенной модели должно быть направлено на учет интервальных неопределенностей исходных данных, в частности производственных функций формирования эффектов подсистем в целом и их локальных эффектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Glushkov V.M. Vvedenie v ASU /V. M. Glushkov. – K.: Tekhnika, 1972. – 312 p.
2. Petrov E.G. Tseli il ustoychivost sotsialno – ekonomicheskikh system pri realizatsii kontseptsii ustoychivoho razvitiya /E.G. Petrov, E.V. Gubarenko //Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2012. – №1 (78). – P.17-22.
3. Pasklakova O.A. Analiz osobennostey resheniya zadachi mnogokriterialnoy optimizatsii v usloviyakh neopredelennosti /O.A. Pasklakova, N.A. Brynza, D.I. Filipkaya //System Technologies – Vypusk3 (56) – 2008. – №01. – P.147-157.
4. Podinovskiy V.V. Pareto-optimalnye resheniya mnogokriterialnykh zadach /V.V. Podinovskiy, V.D. Nogin. – M.: Nauka, 1982. – 254 p.
5. Tikhonov A.N. Metody resheniya nekorrektnykh zadach /A.N. Tikhonov, V.Ya. Arsenin – M.: Nauka, 1986. – 286 p.
6. Fishbern P. Teoriyz poleznosti dlya prinyatiya resheniy /P. Fishbern. – M.: Nauka, 1978. – 352 p.
7. Kryuchkovskiy V.V. Informativnaya predpochtitelnost statisticheskoy formy predstavleniya iskhodnykh dannykh v usloviyakh intervalnoy neopredelennosti /V.V. Kryuchkovskiy, E.G. Petrov, N.A. Brynza //St. Petersburg state polytechnical university journal "Computer science. Telecommunications and control systems". – 2010. – №4 (103). – P.11-18.
8. Brynza N.O. Syntez modeli bagatokriterialnoy optimizatsiyi investetsionnykh rishen /N.O. Brynza //4 International scientific conference "Problems and Prospects of IT Industry": Т.6. – Kharkiv: Kharkivskiy universytet Povitryanykh Syl imeni Ivana Kozheduba, 2012. – P.235-236.

Рецензент: д.т.н., проф. Пуятин Е.П.,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.