



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

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

где $E_{ij}^n(r_j)$ – 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).

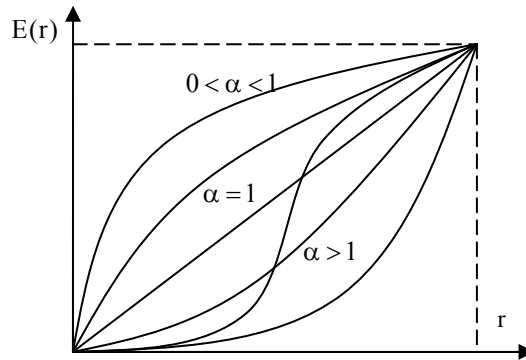


Рисунок 1 – Формы производственной функции

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

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

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, принимающим 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 investetsiynykh rishen /N.O. Brynza //4 International scientific conference "Problems and Prospects of IT Industry": T.6. – Kharkiv: Kharkivskiy universytet Povitryanykh Syl imeni Ivana Kozheduba, 2012. – P.235-236.

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