УДК 658.012.23

Крючковський В. В.

ЗАДАЧІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ І НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

У роботі сформульована узагальнена постановка задачі підготовки і прийняття рішень для систем в умовах невизначеності та ризику. Показана необхідність розробки спеціальних проблемно-орієнтованих методів прийняття рішень. Процедуру прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності доцільно розглядати як двокроковий процес.

Ключові слова: *підприємство, управління, ризик, невизначеність, прийняття рішень, оптимізаційна модель.*

В работе сформулирована обобщенная постановка задачи подготовки и принятия решений для систем в условиях неопределенности и риска. Показана необходимость разработки специальных проблемно-ориентированных методов принятия решений. Процедуру принятия решений в условиях риска и неопределенности предлагается рассматривать как двухэтапный процесс.

Ключевые слова: *предприятие, управление, риск, неопределенность, принятие решений, оптимизационная модель.*

The generalized statement of a problem of preparation and decision-making for systems in the conditions of uncertainty and risk is formulated. Necessity of working out of the special problem-focused methods of decision-making is shown. Procedure of decision-making in the conditions of risk and uncertainty it is offered to consider as two-stage process.

Key words: *enterprise, management, risk, uncertainty, decision-making, optimizing model.*

Введення

В умовах широкого і інтенсивного впровадження обчислювальної техніки як інструменту автоматизації інтелектуальної діяльності, формалізація процесів прийняття рішень багато в чому визначає перспективи розвитку автоматизованих інформаційно-управляючих систем, міру їх ефективності і інтелектуалізації. Більшість досліджень по проблемах прийняття рішень присвячена аналізу і обгрунтуванню принципів і критеріїв прийняття рішень в умовах детермінізму, тобто в умовах, коли всі функціональні залежності і параметри системи, для яких ухвалюються рішення, однозначно визначені [1; 2; 3]. Разом з цим існує великий клас систем, наприклад підприємства, установи, функціонування яких в сучасних умовах проходить нестаціонарно, високодинамічно, з погано прогнозованою динамікою розвитку, тобто систем, для яких характерний високий ступінь невизначеності початкових даних [4; 5].

Аналіз досліджень і публікацій

Очевидно, перша спроба прийняття рішень в умовах невизначеності була зроблена Яковом Бернуллі (1654-1705) в його книзі «Искусство предположений» [6]. Саме на принцип недостатньої підстави Я. Бернуллі (який свідчить, що якщо розподіл ймовірності станів природи невідомий, то немає причин вважати їх різними) спирається критерій Байєса-Лапласа. Можливо, найбільший внесок в розвиток теорії прийняття рішень в умовах невизначеності вніс А. Вальд [7]. Відзначимо також роботи Севіджа, Гурвіца, Ходжа-Лемана [8]. Найважливіше поняття теорії прийняття рішень в умовах невизначеності, а саме «оптимальність по Парето», було введено італійським економістом і соціологом Вільфредо Парето (1848-1923) [9]. Завдяки роботі Л. Заде «Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений» (1973), невизначеність більше не розглядається як деяка зовнішня перешкода в поведінці складної системи, а трактується як її невід'ємна характеристика. У роботі [10] Л. Заде ввів клас множин з неточно визначеними межами – клас нечітких множин («Fuzzy Sets»).

Ризик почав досліджуватися в основному у зв'язку з комерційною і управлінською діяльністю, біржовою грою, прибутком тощо. Дж. М. Кейнс обгрунтував ідею, що у вартість товару повинні входити можливі витрати, спричинені непередбаченими обставинами. На його думку, в економічному житті доцільно враховувати три основні види ризику [11]:

– ризик підприємця;
– ризик кредитора;
– зменшення вартості грошової одиниці.

У класичній теорії ризику (Дж. Милль, Н. І. Сеніор) ризик визначається як збиток, який завдається здійсненням вибраного рішення. У 30-ті роки А. Маршалл і А. Пігу розробили неокласичну теорію ризику [11]. По ній підприємство, що працює в умовах невизначеності, повинне керуватися двома критеріями:

– розмірами очікуваного прибутку;
– величиною її можливих коливань.

Угорські економісти Т. Бачкаї, Д. Мессен та інші бачать ризик в можливості відхилення від мети, заради якої ухвалюється рішення. Серед дослідників немає єдиної думки щодо визначення ризику. Його визначають як збиток, недоотримання прибутку, діяльність по зняттю невизначеності [12]. Ризик найбільш пов'язаний з прийняттям рішень. Тому його вивченню приділяється велике значення. Видаються навіть журнали, присвячені проблемам ризику [11].

Мета роботи

Широке поширення таких систем пояснює необхідність систематизації і класифікації невизначеності, ризику, формулювання узагальненої постановки задачі, підготовки і прийняття рішень для систем в умовах ризику і невизначеності. Для систем такого класу необхідна розробка спеціальних проблемно-орієнтованих методів прийняття рішень.

Основний зміст роботи

Можна виділити два основні види невизначеності: структурну, коли не визначений вид критерію ефективності, число часних критеріїв, їх взаємозв'язок тощо, і параметричну, коли не визначені параметри моделі, наприклад, вагові коефіцієнти критерію ефективності, або параметри обмежень, що визначають область допустимих розв'язків X.

Тому при синтезі систем управління в умовах невизначеності виникають проблеми структурної і параметричної ідентифікації моделі. Синтез системи прийняття рішень при управлінні такими системами, як підприємство, в умовах невизначеності розпадається на такі задачі:

– синтез моделі прийняття рішень;
– обґрунтування і розробка методів і засобів прийняття рішень (ефективних, оптимальних, компромісних) з урахуванням особливостей моделі, які можуть полягати в точності, ефективності, визначеності структури і параметрів.

У свою чергу, задача синтезу моделі розпадається на підзадачі:

– синтезу структурно-параметричного багатокритеріального цільового функціоналу (синтез функціоналу багатофакторного оцінювання);
– ідентифікації параметрів обмежень, що визначають область допустимих розв'язків X;
– структурно-параметрична ідентифікація моделі зовнішнього середовища.

Параметрична невизначеність у загальному вигляді є обмеженим інтервалом можливих значень параметра. Межі можуть бути чіткими, заданими чисельно з різним ступенем точності, і нечіткими, заданими лінгвістичними змінними.

В даний час розвинена теорія управління для випадків, коли модель управління детермінована, а зовнішні дії є фіксованими (математичне програмування) або детермінованими випадковими величинами (статистичні характеристики є точними детермінованими значеннями, тобто отримані на нескінченно великій статистичній вибірці).

Залежно від інформованості особи, яка приймає рішення (ОПР), інтервальну невизначеність можна класифікувати на ризики і невизначеність. Ризики – це коли відомі імовірнісні характеристики моделі (функція щільності розподілу, математичне очікування, дисперсія). Вони можуть бути детермінованими (точними, визначеними на дуже великій вибірці) або інтервальними (визначеними на обмеженій вибірці і заданими з довірчою вірогідністю).

Визначення вказаних статистичних параметрів ризику вимагає наявності представницької однорідної, тобто отриманої в незмінних умовах, статистичної вибірки. В умовах стійкості економіки (розвинені капіталістичні країни) це можливо. В умовах економіки України, що розвивається, це практично неможливо по багатьом типам ризиків: зміни законів, зміни пріоритетів, політики центробанку тощо. У цих умовах необхідно переходити від управління ризиками до управління невизначеностями, які можуть бути задані у вигляді інтервалів [min, max] значень. При цьому інформація про розподіл значень в середині інтервалів не є об'єктивною (як у класичного ризику), а суб'єктивна, що генерується експертами у вигляді суб'єктивних функцій щільності розподілу, функцій приналежності розмитих множин, інтервальної невизначеності. Це викликає необхідність розвитку спеціальних, проблемно-орієнтованих на економіку, що розвивається, методів управління ризиками.

Невизначеність можна, у свою чергу, класифікувати на:

1) суб'єктивну інтервальну невизначеність, коли значення в середині інтервалу визначаються експертами на основі суб'єктивного неформалізованого досвіду (неформалізованої статистики). Вони можуть бути точковими або інтервальними, заданими за допомогою нечітких множин, або суб'єктивного ризику, коли думки експертів розглядаються як випадкові значення, які суб'єктивно (евристично) апроксимуються деякою функцією щільності розподілу ймовірності;

2) об'єктивну інтервальну невизначеність, коли переваги в середині інтервалу відсутні.

Нині прийняття рішень управління в умовах інтервального ризику, суб'єктивній і об'єктивній інтервальній невизначеності перебувають у стадії становлення і є актуальною науковою проблемою [13; 14].

Проблема управління в умовах детермінізму і в умовах детермінованого ризику (задачі дослідження операцій) традиційно розв'язується в рамках програмного, термінального управління із зворотнім зв'язком по відхиленню або збуренню. Для цього визначаються точкові ризики (можливих зовнішніх збурень) і для них визначаються резервні ресурси, які використовуються для управління діями збурень або викликаних ними відхилень від планових траєкторій.

Управління стійким функціонуванням спрямоване на парирування збурюючих дій зовнішнього середовища і підтримку виконання функцій системи. За рахунок цього управління забезпечується перерозподіл ресурсів в середині системи для досягнення цілей функціонування.

Задачі управління стійким функціонуванням можна розглядати як вид задач адаптивного оптимального управління «у великому», що припускає оптимальне використання на кожному етапі функціонування всіх ресурсів, які має в своєму розпорядженні система (трудових, енергетичних, інформаційних тощо) для досягнення головної на даному етапі мети при дотриманні безлічі обмежень. Такий підхід орієнтований на термінальне управління і технологію «just in time» (JIT).

В умовах невизначеності традиційні підходи вимагають значного резервування ресурсів і суттєво погіршують показники функціонування об'єкту. Ресурсна надмірність є принциповим обмеженням такого підходу, що призводить до необхідності відмови від термінального управління і переходу до явного управління з нефіксованим кінцевим станом за часом.

У реальних складних системах типу підприємства завжди присутньо декілька видів невизначеності, яка змінюється залежно від горизонту планування, тому необхідне універсальне гнучке управління – явно-програмне, таке, що адаптується до міри невизначеності.

Сформулюємо узагальнену постановку задачі прийняття рішень для підприємства в умовах ризику, інтервального ризику, суб'єктивної і об'єктивної невизначеності. Проблема прийняття рішень у загальному випадку може бути структурована на наступні три основні етапи:

– формування безлічі допустимих розв'язків X;
– визначення метрики, в якій проводиться порівняння допустимих розв'язків $x \in X$ (задача оцінювання);
– вибір з допустимої множини ефективного (найкращого) розв'язку $x^0 \in X$ (задача оптимізації).

Множина допустимих розв'язків X задається на основі змістовного аналізу конкретної задачі, найчастіше в неявному вигляді як підобласть області існування системи, обмежена співвідношеннями у вигляді нерівностей

$$h_i(x, q_i) \le 0; \;\; i = \overline{1, S} \tag{1}$$

і рівності

$$g_j(x, q_j) = 0; \;\; j = \overline{1, L}, \tag{2}$$

де x – N-мірна ($x \in R^N$) керована змінна; h_i, g_j – оператори, що визначають структуру математичної моделі відповідного обмеження; q_i, q_j – вектори кількісних параметрів відповідних обмежень.

Рішення задачі оптимізації, тобто визначення найкращого розв'язку $x^0 \in X$ пов'язане з формалізацією поняття «найкраще». Для цього необхідно визначити метрику, в якій проводиться порівняння якості розв'язків $x \in X$. Нехай у загальному випадку кожне розв'язання $x \in X$ описується n різними кількісними характеристиками (часними критеріями) $K_i(x), i = \overline{1, n}$. Вважатимемо, що на множині $\{K_i(x)\}$ існує модель оцінювання, що дозволяє отримати скалярну, кількісну оцінку будь-якого розв'язку $x \in X$ (функція корисності)

$$P(x) = G[a_i, K_i(x)], \tag{3}$$

де G – оператор моделі, що визначає її структуру; a_i – кількісні параметри моделі, наприклад коефіцієнти важливості приватних критеріїв: ціни тощо.

У загальному випадку (3) є функцією мети системи.

З урахуванням співвідношень (1)÷(3) задачу умовної оптимізації (математичного програмування) можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} & x^0 = \arg \underset{x \in X}{extr} \; P(x); \; x \in R^N; \\ & h_i(x, q_i) \le 0; \;\; i = \overline{1, S}; \\ & g_j(x, q_j) = 0; \;\; j = \overline{1, L}. \end{aligned} \tag{4}$$

У традиційній постановці задача математичного програмування передбачає детермінованість об'єкту, а, отже, і математичної моделі (4), що означає визначеність структури і кількісних характеристик моделі на інтервалі планування. Це не виключає наявність більшої або меншої невизначеності та інформації про структуру і параметри моделі, яка відбивається в завданні параметрів у вигляді інтервалів можливих значень за допомогою статистичних характеристик або розмитими множинами.

Для підприємства як системи, що розвивається, характерна динамічна зміна в процесі функціонування структури, складу і кількісних значень параметрів, переваг цільових установок тощо. Для них необхідно вибрати ефективну стратегію поведінки, тобто реалізувати задачу прийняття рішення. Проблема містить три задачі:

– синтез адекватної імітаційної математичної моделі системи;
– визначення цільового функціонала;
– вибір правила (алгоритму) прийняття рішення.

Для моделювання систем, що розвиваються, таких як підприємство, необхідно задати часовий сценарій поведінки зовнішнього середовища $y(t)$. Кожному сценарію відповідатиме деяка оптимальна поведінка системи, тобто траєкторія зміни структури, параметрів, керованих змінних. Формально це означає, що оптимізаційна модель (4) набере вигляду:

$$\begin{aligned} &x^0 = \arg \underset{x \in X}{extr}\ P(x, y, t);\ x \in R^N,\ y \in R^N; \\ &h_i(x, q_i, y, t) \le 0;\ i = \overline{1, S}; \\ &g_j(x, q_j, y, t) = 0;\ j = \overline{1, L}. \end{aligned} \tag{5}$$

З моделі (5) видно, що кожній конкретній реалізації сценарію розвитку зовнішнього середовища $y(t)$ відповідає деяке конкретне ефективне рішення x^0. Оскільки для підприємства зовнішнє середовище не повністю контрольоване, то це означає, що на рівні конкретної локальної системи точний сценарій зміни зовнішнього середовища невідомий і погано піддається прогнозу. Тому можна робити тільки евристичні припущення про можливі значення $y(t)$. У таких умовах рішення x^0, вибране для сценарію $y(t)$, для іншого сценарію $y'(t)$ може виявитися неприйнятним. Це обумовлено тим, що екстремальне рішення задачі умовного математичного програмування завжди знаходиться на межі допустимої області X. Оскільки для нестаціонарних систем, як видно з (5), обмеження, що визначають область допустимих рішень X, явно залежать від сценарію зміни зовнішнього середовища $y(t)$, то рішення x^0, вибране для $y(t)$, для іншого сценарію $y'(t)$ є, у кращому разі, неефективним, а у гіршому – неприпустимим або катастрофічним. Останнє пов'язане з тим, що через нелінійність нестаціонарних систем і особливо наявність в них перемикаючих функцій типу булєвих змінних у деяких ситуаціях система стає нестійкою, а її модель некоректною по Адамару.

Це означає, зокрема, що невеликі зміни $y(t)$ можуть призводити до непропорційно великих змін вихідних змінних (банкрутство, глибока фінансова криза, різкий стрибок цін або інфляції тощо).

Разом з цим слід зазначити, що через такі особливості підприємства, як консервативність, велика інерційність, безповоротність деяких процесів, такі традиційні для технічних і технологічних систем методи, як оперативне регулювання і адаптивне управління, виявляються неефективними [1; 5].

Таким чином, для нестаціонарних систем необхідні спеціальні проблемно-орієнтовані методи прийняття рішень. Процедуру прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності пропонується розглядати як двокроковий процес.

На першому етапі формується безліч альтернативних результатів $X_k = \{x_{k_i}\}, i = \overline{1, n}$, які відповідають можливим сценаріям поведінки зовнішнього середовища $y_i(t),\ t \in [t_0, t_k],\ i = \overline{1, n}$, де t_0, t_k − відповідно початковий і кінцевий моменти інтервалу ухвалення рішення. Для вирішення цієї задачі необхідна математична модель, яка повинна включати достатньо адекватну імітаційну модель, що дозволяє отримувати відповіді на питання типу «що буде, якщо...». Крім того, вважатимемо, що цільова установка на момент ухвалення рішення в момент t_0, є стабільною (незмінною). Це дозволяє сформулювати відповідну їй цільову функцію, яка підлягає оптимізації шляхом вибору відповідних значень керованих змінних x. Таким чином, для кожного конкретного сценарію $y_i(t)$ на момент t_k буде визначено стан x_{k_i}, який екстремізує цільову функцію системи. В результаті буде отримано множина можливих станів системи $X_k = \{x_{k_i}\},\ i = \overline{1, n}$.

Задача другого етапу полягає у виборі стратегії поведінки системи $x(t_0)$, тобто в момент t_0, на основі аналізу множин можливих станів X_k. При цьому передбачається, що на інтервалі часу $t \in [t_0, t_k]$ зміна початкового рішення $x(t_0)$ неможлива. Наприклад, в момент t_0 ухвалюється рішення про розвиток (модернізації) деякого підприємства. Це пов'язано з ухваленням рішення про номенклатуру і обсяги майбутнього виробництва, вибір потужності і постачальників устаткування, джерелах ресурсів і т. д. Ці рішення ухвалюються на основі аналізу оцінок ємкості ринку, цін на продукцію, устаткування і ресурсів, податків, процентних ставок на кредити і т. д. В процесі реалізації проекту, коли багато рішень вже незворотні, наприклад, сплачено устаткування, змінюються з різних причин попит, ціни, ставки податків, курси валют тощо. Завдання полягає в тому, щоб в момент t_0 ухвалити ефективне на даний момент рішення.

Висновок

Виконана систематизація і класифікація невизначеності і ризику, сформульована узагальнена постановка задачі підготовки і прийняття рішень для систем в умовах невизначеності і ризику. Показана необхідність розробки спеціальних проблемно-орієнтованих методів прийняття рішень. Процедуру прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності пропонується розглядати як двокроковий процес.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петров Э. Г. Управление устойчивым развитием предприятий / Э. Г. Петров, Н. В.Подмогильный, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков. – Херсон : Олди-Плюс, 2009. – 558 с.
2. Раєвнєва О. В. Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі : монографія / О. В. Раєвнева. – Харків : ВД «ІНЖЕК», 2006. – 496 с.
3. Годлевский М. Д. Проблемы и основные подходы к управлению распределенными технико-экономическими системами / М. Д. Годлевский // Вестник ХПИ. – Харьков : ХПИ, 2000. – Вып. 99. – С. 48–53.
4. Федорович О. Е. Методы и модели принятия решений при управлении сложными производственными компаниями / О. Е. Федорович, Н. В. Нечипорук, А. В. Прохоров. – Харьков : Из-во «ХАИ», 2005. – 235 с.
5. Авраменко В. П. Управление производством в условиях неопределенности / В. П. Авраменко. – К. : УМК ВО Минвуза Украины, 1992. – 48 с.
7. История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. – М. : Наука, 1970. – Т. II. Математика XVIII столетия. – 300 с.
8. Таха Х. А. Введение в исследование операций : [пер. англ.] / Х. А. Таха. – М. : ИД «Вильямс», 2001. – 912 с.
9. Кунда Н. Т. Дослідження операцій у транспортних системах : навчальний посібник / Н. Т. Кунда. – К. : ВД «Слово», 2008. – 400 с.
10. Крючковський В. В. Проблема прийняття рішень: історичні аспекти та сучасні підходи / В. В. Крючковський // Проблеми інформаційних технологій. – 2008. – № 2. – С. 76–85.
11. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближеннях решений / Л. Заде. – М. : Мир, 1968. – 476 с.
12. Христиановский В. В. Практикум по прогнозу и риску / В. В. Христиановский, В. П. Щербина, М. И. Медведева, Э. Флетчер. – Донецк : ДонГУ, 2000. – 316 с.
13. Альгин А. П. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 205 с.
14. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев – М. : Наука, 1981. – 488 с.
15. Авраменко В. П. Алгоритмы аппроксимации некорректно поставленных задач параметрической идентификации корректными / В. П. Авраменко, А. И. Пушкарь // Авторизированные системы управления и проблемы автоматики. – Харьков, 1982. – Вып. 61. – С. 20–24.

Рецензенти: Ходаков В. Є., д.т.н., професор;
Фісун М. Т., д.т.н., професор

© Крючковський В. В., 2010

Стаття надійшла до редколегії 18.11.2010 р.