УДК 519.81

Н.А. Брынза

Харьковский национальный экономический университет имени С. Кузнеца, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрена проблема принятия решений в нестационарных условиях, формализованы этапы принятия решений в нестационарных условиях, рассмотрены математические модели оценки последствий вариаций в различных случаях, модель определения последствий изменения ограничений, структурирована процедура принятия решений в нестационарных системах. Предложены два подхода к решению задачи определение множества опорных решений, связанные с формированием исходных сценариев поведения внешней среды: эвристический, формальный.

Ключевые слова: *принятие решений, нестационарная система, сценарий поведения, оптимизационная модель.*

Введение

Принятие решений – это важная функция управления, являющаяся умением, которым должен овладеть каждый человек, работающий как в бизнесе, так и в науке. Принятие неоптимальных решений в жизненных и производственных ситуациях уменьшает значительную долю возможностей и ресурсов. И чем сложнее ситуация, тем больше потери. Поэтому проблеме принятия решений уделяется особое внимание.

Реализация эффективного организационного управления связана с необходимостью решения задач многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности на основе формализации и алгоритмизации процесса принятия решений. Актуальность решения этой проблемы состоит в том, что ее конструктивное формальное решение во многом определяет перспективы развития и степень интеллектуализации автоматизированных информационных систем поддержки принятия различной проблемной ориентации.

Большой вклад в исследование проблемы в целом и ее различных аспектов внесли зарубежные и отечественные ученые: обоснована и развита теории полезности при принятии решений [1], предложены принципы построения математических моделей трудно формализуемых конфликтных ситуаций [2], проведен анализ ситуаций и развитие методологии принятия решений, которая основывается на использовании функций полезности [3], рассматривается теоретическое и практическое значения понятия оптимального по Парето решения многокритериальных задач [4], приведено количественное обоснование принятых решений в производственных и экономических системах [5], представлены основы теории принятия решений, базовые понятия, модели, методы и алгоритмы, определяющие процессы принятия решений [6], описаны проблемы принятия решений в сложных, плохо структурированных ситуациях, в которых превалируют качественные, неформализованные факторы [7], рассматриваются вопросы построения моделей принятия решений при неточной исходной информации, используя понятия нечеткого множества, лингвистической переменной, распределения возможностей, нечеткого свидетельства [8], рассмотрены проблемы оптимизации систем в условиях неопределенности: формулировка, решение и постоптимизационный анализ задач оптимизации при вероятностной, интервальной и нечеткой формах описания факторов неопределенности [9], излагаются способы математического описания и анализа задач принятия решений на основе понятие нечеткого множества [10]. Их трудами создана базовая теория принятия многокритериальных решений в условиях неопределенности, однако проблема в целом далека от исчерпывающего решения. Это определяет необходимость дальнейших исследований и поиск новых подходов к решению объектно-ориентированных проблем.

Основная часть

В традиционной постановке задача математического программирования по умолчанию предполагает стационарность объекта и математической модели:

$$x^{o} = \arg \operatorname*{extr}_{x \in X} E(x) , \qquad (1)$$

где E(x) – обобщенный скалярный показатель качества решений, что означает неизменность структуры и количественных характеристик модели на интервале планирования. Однако не исключается наличие большей или меньшей неопределенности информации о структуре и параметрах модели, которая выражается в задании параметров в виде интервалов возможных значений и характера их распределения с помощью статистических характеристик или нечеткими множествами. Наряду со стационарными системами существует большой класс развивающихся систем. Для них характерно динамичное изменение в процессе функционирования структуры, состава и количественных значений параметров, предпочтений и т.д. Примерами таких нестационарных объектов являются экономические и социально-экономические объекты: предприятия, фирмы, биржи, банки и т.д. Их нестационарность усугубляется в условиях нестабильной, переходной экономики. Для таких объектов характерны следующие особенности [11]. структура объекта нестационарная (ее изменение происходит как в результате внутреннего развития, в том числе при измерении численных значений параметров, так и под воздействием внешней среды, в частности в результате действия внешних управляющих воздействий); большая часть параметров являются нестационарными; наличие большого количества нелинейных зависимостей; для объекта характерно множество обратных связей; объект не имеет конечного горизонта планирования.

Частые внешние директивные управляющие воздействия разбивают временные ряды выходных переменных на короткие статистически неоднородные последовательности, что затрудняет корректное решение задач прогнозирования, определение статистических параметров процессов и оценки их значений [12]. В этих условиях необходимо выбрать эффективную стратегию поведения. Решение проблемы требует рассмотрения трех задач: 1) синтеза адекватной имитационной математической модели системы; 2) определения целевого функционала; 3) выбора правила (алгоритма) принятия решения.

Данная статья не ставит целью рассмотрение задачи синтеза моделей системы. Полагается, что имитационная модель задана. При этом для стационарных систем характерна однозначность реакции и устойчивость поведения к малым вариациям входных воздействий, если они не выходят за границы области допустимых значений. Для моделирования поведения таких систем достаточно задания начального состояния системы [13, 14]. Для моделирования нестационарных систем необходимо задать временной сценарий поведения внешней среды Y(t) [15] и каждому сценарию будет соответствовать поведение системы, т.е. траектория изменения структуры, параметров, выходных переменных. Формально это означает, что модель (1) примет вид [12]:

$$x^0 = \arg\underset{x\in X}{\operatorname{extr}} P(x,y,t), \quad x\in E_N,\ y\in E_M; \qquad (2)$$

$$h_s(x,q_h,y,t)\le 0,\ \ s=\overline{1,S};\ \ g_l(x,q_g,y,t)=0,\ \ l=\overline{1,L},$$

где h_s, g_l – ограничения, определяющие допустимое множество решений X; q_h, q_g – соответствующие параметры.

Из модели (2) видно, что каждой конкретной реализации сценария развития внешней среды Y(t) соответствует некоторое эффективное решение x^0. Внешняя среда не полностью управляема и контролируема даже с позиций метасистемы, поэтому на уровне конкретной локальной системы точный сценарий изменения внешней среды неизвестен и, в силу указанных выше причин, плохо поддается прогнозу. Исходя из этого, можно делать только стохастические эвристические предположения о возможных значениях Y(t). Любое решение x^0, выбранное для конкретного сценария Y(t), для другого сценария Y(t) может оказаться неприемлемым. Это обусловлено тем, что экстремальное решение задачи условного математического программирования находится на границе критической допустимой области X. Так как для нестационарных систем, как видно из (2), ограничения, определяющие область допустимых решений X, явно зависят от сценария изменения внешней среды Y(t), то решение x^0, выбранное для конкретного Y(t), для другого сценария Y′(t) является в лучшем случае неэффективным, а в худшем – недопустимым или даже катастрофичным. Последнее связано с тем, что в силу нелинейности нестационарных систем, и особенно наличия в них переключательных функций типа булевых переменных [14], в некоторых ситуациях система становится неустойчивой, а ее модель некорректной по Адамару [16] – небольшие изменения Y(t) приводят к непропорционально большим изменениям выходных переменных. В результате могут возникнуть катастрофические последствия, которые для социально-экономических систем могут означать банкротство, глубокий финансовый кризис, резкий скачок цен или инфляции и т.д. Вместе с этим следует отметить, что в силу таких особенностей социально-экономических систем как консервативность, большая инерционность многих процессов, необратимость некоторых процессов традиционные для технических и технологических систем методы оперативного регулирования и адаптивного управления оказываются неэффективными. Процедуру принятия решений в нестационарных системах предлагается структурировать на два этапа.

На первом этапе формируется множество альтернативных исходов $X_k=\{x_{k_i}\}$, $i=\overline{1,n}$, соответствующих возможным сценариям поведения внешней среды $y_i(t)$, $t\in[t_0,t_k]$, $i=\overline{1,n}$, где t_0,t_k – соответственно начальный и конечный моменты интервала планирования. Для решения этой задачи необходима математическая модель, которая должна включать в себя достаточно адекватную имитационную модель, позволяющую получать ответы на вопросы типа ”что будет если ...”. При этом будем полагать, что целевая установка на момент принятия решения t_0 является стабильной. Это позволяет сформулировать соответствующую целевую функцию, которая экстремизируется путем выбора значений управляемых переменных x. Для каждого конкретного сценария $Y_i(t)$ на момент t_k будет получено состояние t_k, экстремизирующее целевую функцию системы. В результате будет определено множество возможных состояний системы $X_k=\{x_{k_i}\}$, $i=\overline{1,n}$. Задача второго этапа заключается в выборе на основе анализа множества возможных состояний X_k стратегии поведения системы в $x(t_0)$, т.е. в момент t_0. При этом предполагается, что на интервале времени $t \in [t_0, t_k]$ изменения начального решения $x(t_0)$ невозможно – в момент t_0 принимается решение о конверсии или модернизации некоторого предприятия. Это связано с принятием решения о номенклатуре и объемах будущего производства, определении мощности и типа оборудования, источниках ресурсов и т.д. Эти решения принимаются на основе анализа оценок емкости рынка, цен на продукцию, процентных ставок на кредиты и т.д.

В процессе реализации проекта, когда многие решения уже необратимы (например, заказано и оплачено оборудование) изменяются по различным причинам спрос, цены, ставки налогов, курсы валют и т.д. Задача заключается в том, чтобы в момент t_0 принять эффективное решение.

Математическая модель формирования множества альтернатив. Целью настоящего этапа является формирование аналога матрицы платежей, которая используется в качестве исходной информации при принятии решений в условиях риска и неопределенности традиционными методами [15]. Для этого необходимо: 1) сформировать оптимальные опорные решения; 2) оценить их чувствительность и эффективность в условиях вариаций сценариев поведения внешней среды.

Формирование множества опорных решений. Предполагаем, что для рассматриваемой системы известна оптимизационная модель вида (2), которую представим следующим образом:

$$\begin{gathered} x^o = \arg\operatorname*{extr}_x F[a_i, k_i^н(x), Y, t],\ x \in R^N,\ Y \in R^N; \\ h_s(x, q_h, Y, t) \le 0,\ s = \overline{1,S};\ g_l(x, q_g, Y, t) = 0,\ l = \overline{1,L}. \end{gathered} \tag{3}$$

Целевая установка на момент принятия решения t_0 является неизменной и не зависит от сценария поведения внешней среды $Y(t)$, то есть перечень управляемых переменных x, структура целевой функции и состав частных критериев $k_i^н(x)$, $i = \overline{1,n}$ остаются стабильными. В этом случае $Y(t)$ влияет на количественные значение весовых коэффициентов важности частных критериев a_i, структуру и параметры моделей вычисления частных критериев $k_i^н(x)$, т.е.

$$a_i = f_a[Y(t)];\ \ k_i(x) = f_k(x, Y, t)\ . \tag{4}$$

Что касается ограничений, то в зависимости от внешней среды могут изменяться вид операторов h_s, g_l, количество ограничений, т.е S и L, и значения параметров q_h, q_g.

Рассмотрим простейший пример: модель (3) является линейной моделью планирования производственной программы. Тогда целевая функция представляет собой прибыль; a_i, $i = \overline{1,n}$ – нормированные доходы от производства i-го типа продукции; $k_i^н(x)$ – объемы производства i-го типа продукции. Ограничения отражают производственные ресурсы, конъюнктуру рынка. Анализ производится в условиях нестабильного спроса, цен и лимитов на исходные ресурсы и т.д. В этом случае сценарии поведения внешней среды $Y(t)$ представляют собой различные варианты уровня спроса на продукцию, платежей, лимитов на внешние ресурсы, что приводит к изменению значений a_i, свободных членов ограничений, определяющих спрос, численных параметров ограничений, появлению новых ограничений по лимитируемым ресурсам.

Наличие модели системы (3) позволяет определить для каждого конкретного сценария поведения внешней среды $Y_j(t)$, $j = \overline{1,m}$, соответствующее ему оптимальное решение x_j^0, которое в дальнейшем будем называть опорным. В частном случае $Y(t)$ может не зависеть от времени на интервале $t \in [t_0, t_k]$, а быть постоянным, например $Y(t) = Y(t_0)$. Определение множества опорных решений x_j, $j = \overline{1,m}$, связано с формированием исходных сценариев поведения внешней среды $Y_j(t)$. Возможны два подхода к решению этой задачи: эвристический, формальный.

В первом случае возможные конкретные сценарии поведения внешней среды, их количество и параметры формируются экспертами-аналитиками на интуитивном уровне, что не исключает использования на различных этапах предварительного анализа формальных процедур. Второй подход ориентирован на создание некоторых более или менее глубоко формализованных процедур формирования сценариев $Y_j(t)$. Внешняя среда является не полностью управляемой и контролируемой даже с позиции метасистемы, поэтому по отношению к любой локальной системе она может рассматриваться как среда со случайными характеристиками. Будем полагать, что выполняются следующие гипотезы.

1. Внешняя среда характеризуется многомерной переменной $Y = \{y_m\}$, $m = \overline{1,M}$, где количество M и функциональный смысл переменной индивидуальны для каждой конкретной системы и задачи.

2. Компоненты y_m переменной Y являются взаимно независимыми. Очевидно, что существуют группы зависимых переменных. Так, на производстве – изменение цены продукции влечет изменение спроса и наоборот [7]. В каждой такой группе выделяется базовая переменная, но базовые переменные считаются независимыми.

3. Компоненты y_m переменной Y могут быть: случайными событиями; случайными величинами; случайными функциями; детерминированными переменными.

В общем случае Y является конкретной композицией указанных типов переменных.

Кроме того, для каждой из компонент случайной переменной Y с большей или меньшей определенностью известна информация о статистических параметрах. Для каждой конкретной компоненты указанная информация может быть: задана точно; задана приближенно в виде интервалов возможных значений или с помощью лингвистических переменных; неизвестна.

Для этих условий необходимо разработать алгоритм формирования переменой $Y(t)$, описывающей поведение внешней среды.

В результате реализации предыдущего этапа будут определены несколько опорных решений x^0. Каждое из них оптимально в рамках корректности моделей (3) и конкретного сценария $Y(t)$. Для простоты дальнейшего анализа, но без потери общности, рассмотрим одно опорное решение x^0. Оно получено для конкретной реализации сценария изменения характеристик внешней среды $Y_0(t)$ и определяется значениями управляемых переменных $x^0 = \{x_\nu\}$, $\nu = \overline{1, N}$, которые на интервале принятия решения по определению остаются неизменными. В силу нестабильности внешней среды реальный сценарий ее изменения $Y_k(t)$ будет отличаться от $Y_0(t)$, поэтому решение x^0 для условий $Y_k(t)$ является неоптимальным. Необходимо определить качественные и количественные последствия такой не оптимальности. Для этого необходимо синтезировать математическую модель оценки этих последствий. Вариации сценария $Y(t)$ могут иметь следующие формальные последствия [17]: изменение параметров целевого функционала без изменения ограничений, определяющих область допустимых значений управляемых переменных; трансформация ограничений при неизменном целевом функционале; одновременное изменение целевого функционала и ограничений.

Рассмотрим математические модели оценки последствий вариаций $Y(t)$.

Оценка последствий изменения целевой функции. В общем виде целевую функцию в рассматриваемом случае можно представить в виде

$$P = F[a_i, k_i(x), Y, t],\ x \in E_N, \qquad (5)$$

где a_i – количественные параметры функции; $k_i(x) = f_i(x)$ – частные критерии, $i = \overline{1, n}$.

Целевая установка на момент принятия решений остается неизменной, поэтому оператор F не зависит от $Y(t)$, а внешняя среда может частично или полностью изменять количественные характеристики a_i, $i = \overline{1, n}$, и вид операторов формирования частных критериев $f_i(x)$. При этом значение управляемых переменных соответствуют сценарию $Y(t)$. Например, целевая функция представляет собой прибыль предприятия и равна

$$P = \sum_{i=1}^{n} a_i x_i, \qquad (6)$$

где a_i – нормативная прибыль при производстве и реализации единицы i-го продукта; $x = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$, – управляемая переменная, определяющая номенклатуру и объемы выпускаемой продукции.

В свою очередь, коэффициенты a_i зависят от себестоимости и отпускной цены продукции и их можно интерпретировать как частные критерии k_1 и k_2 соответственно. Наряду с другими факторами значения k_1 и k_2 в определяющей степени зависят от таких параметров внешней среды как конъюнктура рынка, ставки налогов, стоимость первичных ресурсов и т.д. В конечном счете, функцию цели (6) можно записать в виде

$$P = \sum_{i=1}^{n} a_i(Y) x_i. \qquad (7)$$

Обозначим через x^0 оптимальное решение, полученное с учетом ограничений. В общем случае целевая функция имеет вид модели (3) для конкретного сценария внешних условий $Y_0(t)$. Значение целевой функции (7) в этом случае равно

$$P^0 = \sum_{i=1}^{n} a_i(Y_0) x_i^0, \qquad (8)$$

а для любой другой конкретной реализации сценария изменения параметров внешней среды $Y_j(t)$, $j = \overline{1, m}$, имеем

$$P_j = \sum_{i=1}^{n} a_i(Y_j) x_i^0. \qquad (9)$$

Оценка последствий изменения параметров внешней среды равна

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} a_i(Y_0) x_i^0 - \sum_{i=1}^{n} a_i(Y_i) x_i^0. \qquad (10)$$

$$P = F(x, Y), \qquad (11)$$

ее оптимальное значение для $Y(t)$ представим как

$$P = F(x^0, Y_0(t)), \qquad (12)$$

а оценка последствий изменения сценария развития внешней среды относительно опорного решения x^0 определится выражением

$$\Delta P_j = P^0 - F[x^0, Y_j(t)],\ j = \overline{1, m}, \qquad (13)$$

ΔP_j может принимать как положительное, так и отрицательное значения. Конструктивная реализация оценок (13) связана с синтезом конкретных моделей, описывающих взаимосвязь a_i и $k_i(x)$ с переменными Y (4). Вопросы синтеза таких моделей не рассматриваются, так как требуют глубокого изучения предметной области, особенностей функционирования и т.д. В дальнейшем предполагается, что такие модели являются заданными, так как невозможно дать общих рекомендаций по их синтезу [18].

Модель определения последствий изменения ограничений. Полагаем, что целевая функция (5) является стабильной, т.е. не зависит от вариаций кортежа внешних условий $Y(t)$, но последний определяет изменения ограничений в модели (3). В результате может измениться вид операторов ограничений неравенств h_s, $s=\overline{1,S}$, равенств g_l, $l=\overline{1,L}$, их численные параметры q_h, q_g и даже количество ограничений S и L. Таким образом,

$$h_s = f_s(Y);\ g_l = f_l(Y); \tag{14}$$

$$q_h = f_h(Y);\ q_l = f_g(Y); \tag{15}$$

$$S = f_1(Y);\ L = f_2(Y). \tag{16}$$

При этом математические модели (14) – (16) известны. В целом из моделей (14) – (16) следует, что изменения кортежа внешних условий Y приводит к деформации области допустимых решений X,

$$X = \Theta\left[Y\right], \tag{17}$$

в то время как опорное решение x^0 по определению остается неизменным. В результате могут возникнуть две ситуации:

$$x^o \in X(Y);\ x^o \notin X(Y). \tag{18}$$

В первом случае опорное решение x^0 удовлетворяет всем новым ограничениям и система не несет прямых потерь. Можно говорить только об упущенных возможностях, так как опорное решение в общем случае не оптимально в новых условиях.

Вторая ситуация означает, что опорное решение не принадлежит новой допустимой области, т.е. не удовлетворяет всем или части ограничений. Это приводит к прямым потерям системы. Величина суммарных потерь за счет нарушения ограничений равенств определяется выражением

$$\Delta P_g \sum_{l=1}^{L(Y)} \left| g_l(x^0, Y) \right|, \tag{19}$$

где H_l – оператор (линейный или нелинейный) штрафа за нарушение l-го ограничения; $L(Y)$ – число ограничений-равенств в зависимости от конкретной реализации Y. Модуль в формуле принят потому, что любое нарушение ограничения-равенства независимо от его знака приводит к отрицательным последствиям.

В отличие от (19) суммарные потери за счет нарушения ограничений-неравенств равны

$$\Delta P_h = \sum_{s=1}^{S(Y)} \delta_s \left[H_s h_s(x^0, Y) \right], \tag{20}$$

где H_s – оператор штрафа за нарушения s-го ограничения; $S(Y)$ – количество ограничений-неравенств в зависимости от Y;

$$\delta_s = \begin{cases} 0, & \text{если s-е неравенство удовле-ся;} \\ 1 & \text{в противном случае.} \end{cases} \tag{21}$$

Общие потери при нарушении ограничений за счет изменения сценария поведения внешней среды $Y(t)$ определяются выражением

$$\Delta P_Y = \sum_{l=1}^{L(Y)} H_l \left| g_l(x^0, Y) \right| + \sum_{s=1}^{S(Y)} \delta_s \left[H_s h_s(x^0, Y) \right]. \tag{22}$$

Эти потери всегда не положительны, т.е.

$$\Delta P \le 0\,. \tag{23}$$

Оценка комплексных последствий изменения кортежа Y. Во многих случаях изменение вектора Y или некоторых его компонент приводит к комплексным последствиям, т.е. к одновременному изменению функции цели и ограничений [19]. С учетом (13), (20) и (22) математическая модель оценки комплексных последствий изменения сценария поведения внешней среды $Y_j(t)$ примет вид

$$\Delta P_Y = F[x^0, Y_0(t)] - F[x^0, Y_j(t)] + \sum_{l=1}^{L(Y)} H_l \left| g_l(x^0, Y_j(t)) \right| + \sum_{s=1}^{S(Y)} \delta_s \left[H_s h_s(x^0, Y_j(t)) \right], \tag{24}$$

$$\delta_s = \begin{cases} 0, \text{если } s-\text{е нер}-\text{во удовл}-\text{ся;} \\ 1, \text{впротивном случае.} \end{cases}$$

При этом значение ΔP_{kj} может быть как отрицательным, так и положительным.

Предполагая, что математическая модель (24) определена, на ее основании для каждого опорного решения x^0 можно вычислить оценку последствий изменения поведения внешней среды для конкретных реализаций вектора $Y_j(t)$. Для того, чтобы различные опорные решения можно было сравнивать между собой по эффективности и степени устойчивости к вариациям характеристик внешней среды, целесообразно анализ всех x^0 проводить с учетом одинаковых значений $Y_j(t)$ (табл. 1).

Таблица 1

Оценка результатов изменения внешней среды

Опорные решения x_j^o	Вариации внешних условий		
	$Y_1(t)$	…	$Y_m(t)$
x_1^o	$P_{11}^o[x_1^o, Y_1(t)]$	…	$ДP_{1m}[x_1^o, Y_m(t)]$
…	…	…	…
x_m^o	$ДP_{m1}[x_m^o, Y_1(t)]$	…	$P_{mm}^o[x_m^o, Y_m(t)]$

В этой таблице по диагонали записаны значения функции цели для каждого из опорных решений x_j^0, соответствующих реализации внешних условий $Y_j(t)$, а все остальные элементы каждой строки являются оценками последствий вариаций $Y_j(t)$, $j=\overline{1,m}$.

Табл. 1 аналогична по форме и содержанию матрице платежей, которая используется при принятии решений в условиях риска и неопределенности. Эта таблица является исходной информацией для принятия эффективного решения.

Выводы

В статье рассмотрен пример целевой функции, которая является частным случаем многофакторной оценки, поскольку имеет стоимостную размерность, как и все ее компоненты. Поэтому не возникает проблемы многофакторного оценивания. В общем случае конечная эффективность может характеризоваться набором разнородных противоречивых факторов (частных критериев). В этом случае необходимо для оценки обобщенного эффекта (целевой функции) воспользоваться (в зависимости от конкретной ситуации) одной из метрик многофакторного оценивания. В условиях неопределенности необходимо учитывать не только эффективность решения, но и его устойчивость к изменению условий. Количественную информацию об устойчивости опорных решений x_j^0 к вариациям вектора $Y_j(t)$ несут соответствующие значения P_{ij}^0 в матрице оценок последствий вектора $Y(t)$. В настоящее время разрабатывается алгоритм, позволяющий принимать решения в таких нестационарных системах с учетом разнородной неопределенности без потери информации.

Список литературы

1. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

2. Саати Т. Математические модели конфликтных ситуаций / Т. Саати. – М.: Сов. радио, 1977. – 304 с.

3. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

4. Подиновский В.В. Парето–оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 254 с.

5. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. 7-ме вид. / Ю.П. Зайченко. – К.: Видавн/ Дім «Слово», 2006. – 816 с.

6. Волошин О.Ф. Теорія прийняття рішень: навчальний посібник / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. – К.: ВПЦ „Київський університет”, 2006. – 304 с.

7. Ларичев О.И. Количественные методы принятия решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука, Физматлит, 1996. – 208 с.

8. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

9. Вощинин А.П. Оптимизация в условиях неопределенности / А.П. Вощинин, Г.Р. Сотиров. – Изд-во МЭИ (СССР) и Техника (НРБ), 1989. – 224 с.

10. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 1981. – 206 с.

11. Кугаенко А.А. Использование методов динамического моделирования для совершенствования управления национальной экономикой / А.А. Кугаенко // Управляющие системы и машины. – 1957. – № 1/3. – С. 53-60.

12. Полякова О.Ю. Моделирование системных характеристик экономики / О.Ю. Полякова, А.В. Милов. – Х.: ИНЖЕК, 2004. – 296 с.

13. Бабенко П.О. Коллонациоанльные модели прогнозирования в финансовой сфере / П.О. Бабенко. – М.: Экзамен, 2001. – 288 с.

14. Баутин Н.Н. Поведение динамических систем вблизи границ устойчивости / Н.Н. Баутин – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. литературы, 1984. – 176 с.

15. Витминский В.В. Анализ, моделирование и управление экономическим риском / В.В. Витминский, П.Г. Верченко. – К.: КНЕУ, 2000. – 292 с.

16. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

17. Фомин Г.П. Методы и модели линейного программирования коммерческой деятельности / Г.П. Фомин. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 197 с.

18. Самочкин В.Н. Гибкое развитие предприятия / В.М. Самочкин, Ю.Б. Пронин, Е.Н. Логачева. – М.: Дело, 2000. – 352 с.

19. Балаганов И.Т. Финансовый анализ и менеджмент хозяйственного субъекта / И.Т. Балаганов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 300 с.

Поступила в редколлегию 18.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Э.Г. Петров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ПРИЙНЯТТЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ РІШЕНЬ В НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ

Н.О. Бринза

У статті розглянута проблема прийняття рішень в нестаціонарних умовах, формалізовані етапи прийняття рішень в нестаціонарних умовах, розглянуті математичні моделі оцінки наслідків варіацій в різних випадках, модель визначення наслідків зміни обмежень, структурована процедура прийняття рішень в нестаціонарних системах. Запропоновано два підходи до вирішення завдання визначення множини базових рішень, що пов'язані з формуванням вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища: евристичний, формальний.

Ключові слова: *прийняття рішень, нестаціонарна система, сценарій поведінки, оптимізаційна модель.*

FEATURES OF MULTI CRITERIA DECISION-MAKING IN NON-STATIONARY CONDITIONS

N.O. Brynza

The article deals with the problem of decision making in non-stationary conditions, formalized stages of decision-making in non-stationary conditions, the mathematical models of the impact assessment of variations in different cases, the model determining the impact of changes in restrictions structured decision-making process in the non-stationary systems. Propose two approaches he problem of determining a plurality of support decisions related to the formation of baseline scenarios of behavior of the environment: heuristic, formal.

Keywords: *decision-making, non-stationary system behavior scenarios, optimization model.*