УДК 338.45
DOI https://www.doi.org/10.71050/2305-3348.2024.16.4.006

Еслямов С.Г., к.т.н., профессор,
Евразийский национальный университет им. Л.М.Гумилева,
010000 Астана, ул. Сатпаева, 2, eslyamov@mail.ru

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрены системы оперативного и адаптивного управления (СОАУ) с учетом комплекса показателей финансово-хозяйственной деятельности (ФХД) предприятия. Комплексный учет этих показателей весьма проблематичен из-за отсутствия системного подхода к проблеме в целом, недостаточной разработки вопросов информационного и математического обеспечения. Автором разработана математическая модель решения задачи многокритериальной оптимизации производственных процессов.

Ключевые слова: системы правления, комплекс показателей, финансово-хозяйственная деятельность, многокритериальная оптимизация, производственное предприятие.

Еслямов С.Г., т. ғ. к., профессор,
Л.М.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
010000 Астана, Сатпаев к-сі, 2, eslyamov@mail.ru

КӨПКРИТЕРИЯЛЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӨНДІРІС ПРОЦЕСТЕРІ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУ

Мақалада кәсіпорынның қаржылық-шаруашылық қызметінің (ҚЭҚ) көрсеткіштерінің жиынтығын ескере отырып, операциялық және бейімделген басқару жүйелері (OSAC) қарастырылады. Бұл көрсеткіштерді кешенді есепке алу проблемаға тұтастай жүйелі көзқарастың жоқтығынан, ақпараттық-математикалық қамтамасыз ету мәселелерінің жеткіліксіз дамуымен байланысты өте проблемалы болып табылады. Автор өндірістік процестерді көпкритериалды оңтайландыру мәселесін шешудің математикалық моделін жасады.

Түйін сөздер: басқару жүйелері, көрсеткіштер жиынтығы, қаржылық-шаруашылық қызмет, көп критерийлі оңтайландыру, өндірістік кәсіпорын.

Yeslyamov S.G., k.t.s., professor,
Eurasian National University named after L.M. Gumilyov
010000 Astana, st. Satpayeva, 2, eslyamov@mail.ru

SOLVING PROBLEMS OF MULTICRITERIA OPTIMISATION PRODUCTION PROCESSES.

The article considers the systems of operational and adaptive management (SOAM) taking into account a set of indicators of financial and economic activity (FEA) of the enterprise. Complex accounting of these indicators is very problematic due to the lack of a systematic approach to the problem as a whole, insufficient development of information and mathematical support. The author has developed a mathematical model of solving the problem of multicriteria optimisation of production processes.

Keywords: management systems, complex of indicators, financial and economic activity, multi-criteria optimisation, production enterprise.

Введение

Повышенная динамичность и неопределенность функционирования и развития экономики и общества, предприятия и внешней среды требуют качественно новых решений в создании эффективных систем управления: это должны быть системы реального времени, системы «быстрого реагирования», системы оперативного и адаптивного управления предприятием (СОАУП).

Системы оперативного и адаптивного управления (СОАУ) - это сложные человеко-машинные системы с рядом организационно-экономических, социальных и морально-психологических факторов, комплексный учет которых весьма проблематичен; кроме того, существуют проблемы реализации СОАУ: отсутствие системного подхода к проблеме в целом, недостаточная разработка вопросов информационного, математического и технического обеспечения (особенно ресурсно-технологическими звеньями производства) и, наконец, сложности технической реализации задач оперативного и адаптивного управления в реальном масштабе времени. Создание СОАУ требует решения широкого спектра проблем и развития методов их реализации. Одним из таких методов является построение структурно-информационной модели, определяющей структуру и информационную технологию оперативного и адаптивного управления, реализуемых на базе комплекса имитационных моделей и системы автоматизированных рабочих мест (АРМ) менеджеров и специалистов. На этой основе могут быть построены системы управления, адаптивные к широкому классу предприятий.

Методология

Эффективность оперативного управления, как всего процесса управления, так и его отдельных составляющих: этапов планирования, контроля, регулирования и т.д., определяется комплексом показателей финансово-хозяйственной деятельности (ФХД) предприятия.

По результатам исследования существующих методик анализа ФХД предприятий был сформирован комплекс показателей, наиболее полно отражающий состояние ФХД малых и средних предприятий торговли и включающий в себя четыре группы показателей: рентабельности, оборачиваемости, ликвидности и платежеспособности. Выбранные в качестве научной базы исследования системный подход и имитационное моделирование, реализованные в конкретных разработках современных информационных технологий, явились оправдавшими себя методами, позволяющими решать широкий круг задач оперативного и адаптивного управления. Сформулированы основные концептуальные положения создания СОАУ с применением системного подхода и имитационного моделирования, реализуемые на базе современных информационных технологий.

Обзор литературы

Исследования по созданию, практической реализации и развитию СОАУ опираются на работы А.Г. Аганбегяна, В.М. Глушкова, В.Л. Макарова, И.М. Бобко, Н.Б. Мироносецкого, В. Лычагина, Г.З. Винокурова, А.Д. Коробкина, В.В. Шкурбы, И. Ансоффа, В.Н.Фомина, А.Л.Фрадкова, а также отечественных ученых: А.А. Ашимова, К.С. Сагынгалиева, М.К. Шуакаева, Р.Г. Бияшева, Ж.С. Сарыпбекова и др. и представляют их дальнейшее развитие применительно к выделенной области исследований.

Результаты

Сформулируем следующую задачу многокритериальной оптимизации ФХД торгового предприятия:

$$f\left[z(x)\right]\xrightarrow[x,a]{}\max,\ z(x)\in Z, x\in X(a),\ a\in A, \qquad (1)$$

где f - результат ФХД предприятия, представляющий собой неизвестную целевую функцию;

$z=\{z_l, l\in L\}$ - критерии, представляющие собой функции, заданные в явном виде - показатели ФХД предприятия, например:

– выручка от реализации товаров и услуг;

– маржинальная прибыль от реализации товаров и услуг;

– чистая прибыль;

– коэффициент рентабельности

– коэффициент абсолютной ликвидности и др.

$x=\{x_m, m\in M\}$ - вектор решения - плановые значения по хозяйственным и финансовым операциям предприятия, например:

- номенклатура товаров и услуг;

– движение финансовых средств и др.

$a=\{a_h, h\in H\}$ - вектор параметров состояний, определяющих ограниченное множество допустимых решений, например:

– закупочные цены на товары;

– объемы спроса на товары и услуги на рынке;

– ограничения на объемы транспортировки, хранения и реализации товаров и услуг и др.

Как видно из постановки задачи необходимо оптимизировать несколько целевых функций $f_1(z_1)$, $f_2(z_2)$ и так далее. Для решения задачи методами математического программирования необходимо вначале нормализовать критерии[88]. Способами нормализации могут быть: сведение к безмерным величинам, приведение к одной размерности, смена ингредиента, естественная нормализация, нормализация сравнения, нормализация Савиджа или нормализация осреднения.

Свёрткой компонент многоцелевого показателя $f \in F$ называется отображение $g \in \{F \to R_1\}$, которое преобразует совокупность компонент многоцелевого показателя f, соответствующим целевым термам $y \in Y$ в скалярный целевой показатель $g\left(f\left(x|y\right)\right) = g\left[\left\{f\left(x|y\right)\right\}y \in Y\right] \in R_1$. Основными видами свёрток являются линейные, минимизационные, максимизационные, произведения и функции Кобба-Дугласа вида: $g\left(f\left(x\right)\right) = \sum_{y \in Y} \alpha(y) f\left(x|y\right)$

$$
\begin{aligned}
&g\left(f\left(x\right)\right) = \min\left[\alpha(y) f\left(x|y\right) + \beta(y)\right] \\
&g\left(f\left(x\right)\right) = \max\left[\alpha(y) f\left(x|y\right) + \beta(y)\right] \\
&g\left(f\left(x\right)\right) = \prod_{y \in Y} \alpha(y) f\left(x|y\right) \qquad (2) \\
&g\left(f\left(x\right)\right) = \prod_{y \in Y} \left[\alpha(y) f\left(x|y\right)\right]^{\beta(y)}
\end{aligned}
$$

проблемы получения и обоснования выбора свёрток составляют основное направление теории полезности.

В основном используют один из принципов: принцип доминантности R^{dom}, частичной доминантности, Парето, Слейтера, собственно эффективности Джерри, равенства, суммарной эффективности, Нэша, компромисса, доминирующего результата, гарантированного результата, наименьшего уклонения, ламда - критерия, альфа - критерия Гурвица, максимума функции неопределённости. В задачах выбора решения, формализуемых в виде модели векторной оптимизации, первым естественным шагом следует считать выделение области компромиссов (или решений оптимальных по Парето). Вектор называется оптимальным по Парето решением, если не существует $x \in X$ такого, что выполнены неравенства $f\left(x|y\right) \geq f\left(x^0|y\right) \quad \forall y \in Y \quad и \ f\left(x|y\right) \neq f\left(x^0|y\right)$. Оптимальное решение, выбираемое на основе многокритериального подхода независимо от избранного принципа, всегда должно принадлежать области компромиссов. Иначе оно может быть улучшено, следовательно, не является оптимальным.

Многокритериальная оптимизация представляет собой минимизацию некоторого вектора целей $\mathrm{F}(z)$, на который могут быть наложены дополнительные ограничения или предельные значения:

$$
F(z) \to \min \quad (z \in \Re^n) \quad
\begin{aligned}
&G_i(z) = 0 \ при \ i = 1, \ldots, m_e \\
&G_i(z) \leq 0 \ при \ i = m_e + 1, \ldots, m \\
&z_i \leq z \leq z_u
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

Отметим, что поскольку $\mathrm{F}(z)$ является неким вектором, то любые компоненты $\mathrm{F}(z)$ являются конкурирующими и отсутствует некое единое решение поставленной задачи. Взамен этого, для описания характеристик целей вводится концепция множества точек неулучшаемых решений (так называемая оптимальность по Парето). Неухудшаемое решение есть такое решение, в котором улучшение в одной из целей приводит к некому ослаблению другой. Для более точной формулировки данной концепции рассмотрим некую область допустимых решений Ω в параметрическом пространстве $z \in \Re^n$, которое удовлетворяет всем принятым ограничениям, т.е. $\Omega = \{z \in \Re^n\}$

$$
\text{при ограничениях:}\quad
\begin{aligned}
& g_i(z) = 0 \qquad i = 1, \ldots m_e, \\
& g_i(z) \le 0 \qquad i = m_e + 1, \ldots, m \\
& z_i \le z \le z_u
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

Отсюда возможно определить соответствующую область допустимых решений для пространства целевых функций Λ.

$$\Lambda = \{y \in \Re^n\},\ \textit{где}\ \ y = F(z) \quad \textit{при условии} \quad z \in \Omega$$

В двумерном случае, как это представлено на рисунке 12, вектор характеристик $\mathrm{F}(z)$ отображает параметрическое пространство в пространство целевых функций

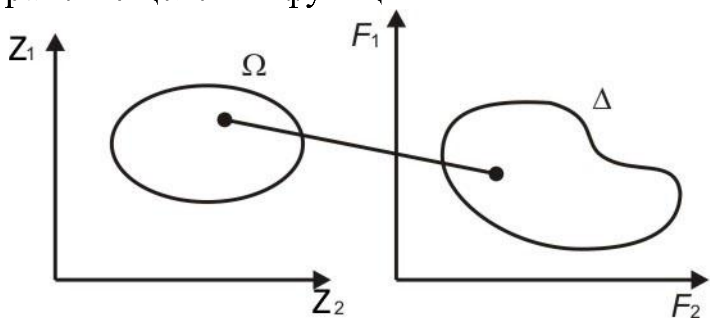

Рисунок 1. Отображение параметрического пространства в пространство целевых функций

Точка неулучшаемого решения может быть определена как:

Определение. Точка $z^* \in \Omega$ является неулучшаемым решением, если для некоторой окрестности $z*$ нет некого Δz такого, что $(z^* + \Delta z) \in \Omega$

и
$$
\begin{aligned}
& F_i(z^* + \Delta z) \le F_i(z^*)\ i = 1, \ldots m \\
& F_j(z^* + \Delta z) < F_j(z^*) \quad \textit{для различных } j
\end{aligned}
$$

Для двухмерной интерпретации множество точек неулучшаемых решений лежит на кривой между точками C и D. Точки A и B представляют специфические неулучшаемые точки.

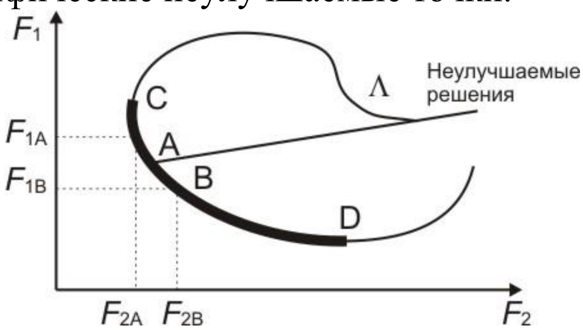

Рисунок 2. Множество неулучшаемых решений

Точки A и B являются безусловными точками неулучшаемых решений, поскольку любое улучшение для одной цели F_1 вызывает ухудшение для другой выбранной цели F_2, т.е. $F_{1B} \le F_{1A}$, $F_{2B} > F_{2A}$

Поскольку любая точка пространства Ω, то есть пространства, в котором отсутствуют неухудшаемые точки, представляет точку, в которой любое улучшение может быть достигнуто во всех выбранных целях, то ясно, что такая точка не представляет никакой ценности. Следовательно, многокритериальная оптимизация должна включать в себя определенную генерацию и выбор точек с неулучшаемыми решениями. Подобные методики для многокритериальной оптимизации весьма разнообразны. Далее предлагается частичное описание части методик данного направления многокритериальной оптимизации.

Стратегия взвешенных сумм

Данная стратегия взвешенных сумм преобразует многокритериальную задачу минимизации вектора в некую скалярную задачу путем построения неких взвешенных сумм для всех выбранных объектов.

$$f(z) = \sum_{i=1}^{m} w_i F_i(z)^2 \to \min \quad (z \in \Omega) \qquad (5)$$

Далее уже к данной задаче оптимизации уже может быть применён стандартный алгоритм оптимизации без наличия ограничений. В этом случае рассматриваются взвешенные коэффициенты для каждой из выбранных целей. Взвешенные коэффициенты необязательно должны напрямую соответствовать относительной значимости соответствующей цели или принимать во внимание взаимовлияние между конкретно выбранными целями. Более того, границы неулучшаемых решений могут быть, и не достигнуты, так что определенные решения являются по существу недостижимыми.

Все это допускает геометрическую интерпретацию. Рассмотрим случай двух взятых целей, как это представлено на рисунке 3. Геометрическая интерпретация метода взвешенных сумм. Отобразим линию L $w^T F(z) = c$ в пространстве целевых функций. Минимизацию этого уравнения можно интерпретировать как поиск такого значения с, при котором линия L будет как раз касаться границы при проведении данной процедуры решения задачи вне выбранной области. Путем подбора весов w_1 и w_2 возможно, по существу, задать наклон линии L таким образом, что, в свою очередь, приводит к искомой точке решения в месте касания линии L с границей области поиска решения Λ .

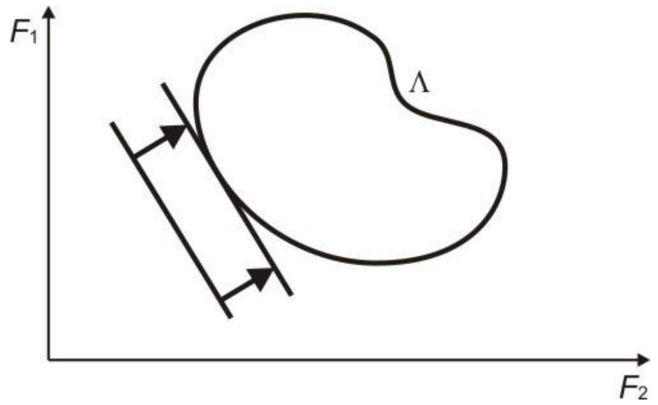

Рисунок 3. Геометрическая интерпретация метода вмешенных сумм

Упомянутая выше проблема выпуклости становится актуальной в случае, когда нижняя граница области Λ не является выпуклой, как это показано на рисунке 4. В этом случае множество неухудшаемых решений между точками A и B не является достижимым при использовании подобных процедур.

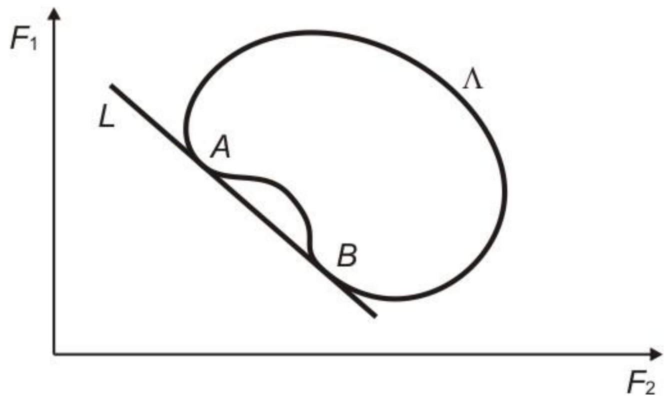

Рисунок 4. Граница невыпуклого решения

Метод ε - ограничений

Некий определенный способ, который отчасти позволяет преодолеть проблему выпуклости метода взвешенных сумм, есть метод ε -ограничений. В этом случае осуществляется минимизация основной цели F_p и при представлении остальных целей в форме ограничений типа неравенств.

$$F_p(z) \to \min \quad (z \in \Omega) \tag{6}$$

при выполнении условия $F_i(z) \le z_i\,, \quad i = 1, \dots, m \quad i \ne p$

На рисунке 5 геометрическая интерпретация метода ε-ограничений, представлена двумерная интерпретация метода ε -ограничений для задачи с двумя целями. $F_1(z) \to \min\ (z \in \Omega)$ *при условии* $F_2(z) \le \varepsilon_2$

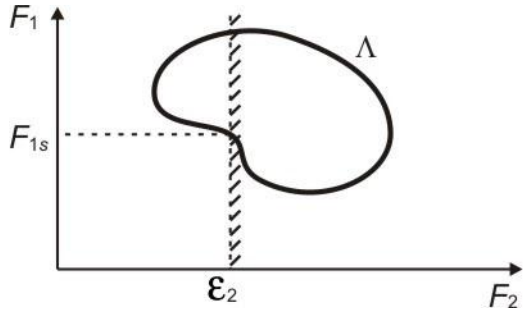

Рисунок 5. Геометрическая интерпретации метода ε-ограничений

Подобный подход позволяет определить некое количество неулучшаемых решений для случая вогнутой границы, что, по существу, является недоступным в методе взвешенных сумм, например, в точке искомого решения. Однако проблемой данного метода является подходящий выбор ε, который мог бы гарантировать допустимость некоего решения. Следующий недостаток данного метода заключается в необходимости использования жестких ограничений, которые не всегда являются адекватными для точного построения задаваемых целей. Подобные методы, строятся на основе выбора некоторого приоритета для задаваемых целей. Процедура оптимизации выполняется в соответствии с выбранными приоритетами и в пределах допустимости принятых границ. Основная трудность данного метода заключается в точной интерпретации подобной информации на ранних стадиях оптимизационного цикла.

Для того, что бы в математическом описании были надлежавшим образом представлены истинные цели разработчика необходимо, чтобы разработчик четко представлял полный набор всех его предпочтений, а также допустимые уровни диапазона сочетаний значений выбранных целей. Таким образом, требуемая методика должна быть реализована таким образом, что бы максимально учесть все выше сказанное. Приложение к непрерывным функциям может быть реализовано с помощью подходящих стратегий дискретизации, а также комплексных методов решения. Поскольку только в редких случаях, когда разработчику известна такая детальная информация, то приведенный выше метод является, скорее всего, мало практичным. Тем не менее, это может служить сферой для последующих исследований.

Метод достижения цели.

Описанный далее метод представляет собой метод достижения цели Гембики. Данный метод включает в себя выражение для множества намерений разработчика $F^* = \{F_1^*, F_2^*, \ldots F_m^*\}$, которое связано с множеством целей $F(z) = \{F_1(z), F_2(z), \ldots F_m(z)\}$. Такая формулировка задачи допускает, что цели могут быть или недо - или передостижимыми, и что дает разработчику возможность относительно точно выразить исходные намерения. Относительная степень недо - или передостижимости поставленных намерений контролируется посредством вектора взвешенных коэффициентов

$w = \{w_1, w_2, \dots w_m\}$ и может быть представлена как стандартная задача оптимизации с помощью следующей формулировки $\gamma \to \min, \quad \gamma \in \Re, z \in \Omega$

При условии, что $F_i(z) - w_i\gamma \le F_i^* \quad i = 1, \dots, m$ (7)

Член $w_i\gamma$ вносит в данную задачу элемент ослабления, что, иначе говоря, обозначает жесткость заданного намерения. Весовой вектор w_i дает исследователю возможность достаточно точно выразить меру взаимосвязи между двумя целями. Например, установка весового вектора w как равного исходному намерению указывает на то, что достигнут тот же самый процент недо - или передостижимости цели F^*. Посредством установки в ноль отдельного весового коэффициента (т.е. $w_i = 0$) можно внести жесткие ограничения в поставленную задачу. Метод достижения цели обеспечивает подходящую интуитивную интерпретацию поставленной исследовательской задачи, которая, в свою очередь, является вполне разрешимой с помощью стандартных процедур оптимизации. Иллюстративный пример подобного использования метода достижения цели для систем управления, и его геометрическая иллюстрация представлена ниже на рисунке 6. Геометрическая интерпретация метода достижения цели, представлена интерпретация двумерной задачи данного метода.

$$
\begin{aligned}
&F_1(z) - w_1\gamma \le F_1^* \\
&F_2(z) - w_2\gamma \le F_2^* \qquad (8)\\
&\gamma \to \min \quad (\gamma, z \in \Omega)
\end{aligned}
$$

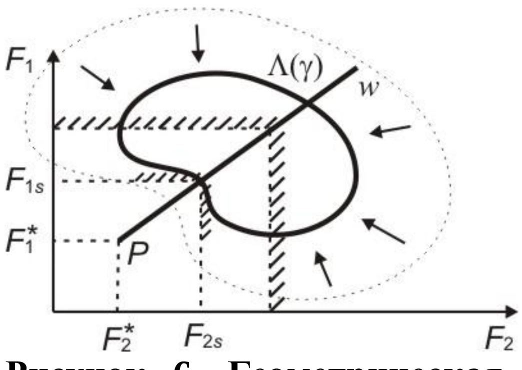

Рисунок 6. Геометрическая интерпретация метода достижения цели

Задание компонентов намерений $\{F_1^*, F_2^*\}$ определяет точку намерений P. Весовой вектор определяет поиск от точки P в сторону пространства допустимых функций $\Lambda(\gamma)$. В процессе оптимизации происходит изменение величины γ, что вызывает изменение размера заданной допустимой области. Границы ограничений стягиваются к единственной в своем роде точке решения F_{1S}, F_{2S}.

Алгоритмическое улучшение метода достижения цели

Метод достижения цели имеет определенные преимущества, а именно, на него может быть наложена задача нелинейного программирования.

Характерной особенностью данной проблемы является то, что в данном случае могут так же решаться задачи нелинейного программирования. Что касается метода последовательного квадратичного программирования, то выбор функции выгоды в случае линейного поиска является далеко нелегкой задачей, поскольку в большинстве случаев достаточно трудно "определить" относительную значимость между улучшением целевой функции и степенью отклонения от нарушения налагаемых ограничений. Такой подход приводит к ряду дифференциальных схем для построения функции выгоды. В задаче программирования достижения цели может быть найдена более подходящая функция выгоды, которая может быть получена путем наложения уравнения (8) на задачу минимакса $\min \max\{\Lambda_i\}$, $z \in \Re^n$

где $\Delta_i = \dfrac{F_i(z) - F_i^*}{w_i}$, $i = 1, \ldots, m$ (9)

Следуя заключениям Брайтона и др. для минимаксной оптимизации на основе метода SQP, применение функции выгоды для задачи достижения цели согласно уравнению (2) приводит к следующей

постановке задачи

$$\psi(z,\gamma) = \gamma + \sum_{i=1}^{m} r_i \max\{0, F_i(z) - w_i\gamma - F_i^*\}$$

(10)

Хотя функция выгоды согласно уравнению(7) используется как основа процедуры линейного поиска, то, хотя $\psi(z,\gamma)$ может и уменьшаться для некоего шага в заданном направлении поиска, максимум функции Λ_i может, как это ни парадоксально, увеличиваться. Это находится в согласии с ухудшением наиболее неблагоприятной цели. Поскольку наиболее неблагоприятная цель является также составляющей частью значения целевой функции γ, то в данном случае допускается некий шаг, который, в конечном счете, увеличивает подлежащую минимизации целевую функцию. И наоборот величина $\psi(z,\gamma)$ может возрастать при уменьшении максимума Λ_i тем самым, подразумевая некую отбраковку шага, приводящего к улучшению наиболее неблагоприятной цели.

Согласно пути движения поиск некоторого решения заключается в установке значения $\psi(z)$ как равного наиболее неблагоприятной цели, т.е. как

$$\psi(z) = \max_i \Lambda_i \qquad (11)$$

Проблема в методе достижения цели заключается в том, что в общем случае для того, что бы учитывать жесткие ограничения необходимо использовать или приравнять нулю весовой коэффициент. В этом случае функция выгоды согласно уравнению(2.98) становится бесконечной при произвольных отклонениях от заданных ограничений. Для того, что бы преодолеть эту проблему, а также сохранить присущие уравнению (11) особенности, что приводят к следующим соотношениям:

$$\psi(z)=\begin{cases} r_i \max\{0, F_i(z)-w_i\gamma-F_i^*\} & if\ w_i=0 \\ \max\limits_i \Lambda_i, \quad i=1,\ldots,m & otherwise \end{cases} \qquad (12)$$

Приведенные выше модификации были внесены в программу fgoalattain, и было обнаружено, что эти коррекции приводят к эффективности данного метода.

Систему управления предприятием в рамках концепции контроллинга на основе автоматизированной обработки информации можно представить в виде схемы на рис. 7.

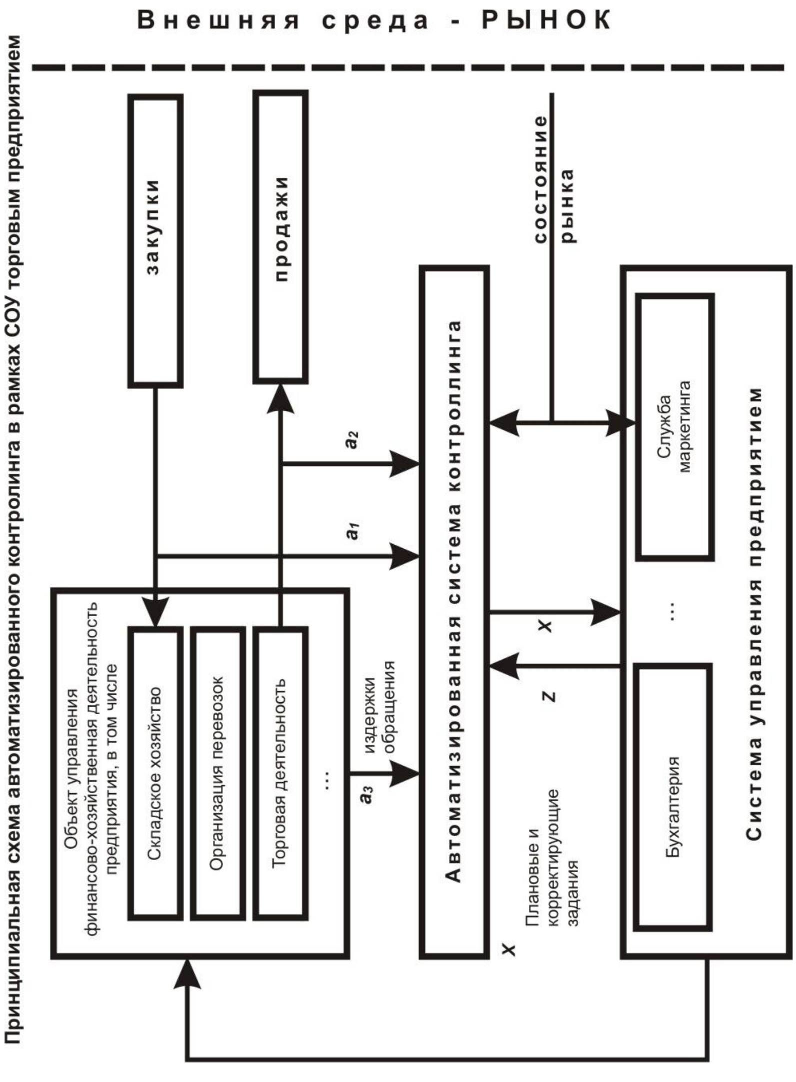

Рисунок 7. Принципиальная схема автоматизированного контроллинга в рамках СОУ торговым предприятием

Для решения задачи многокритериальной оптимизации ФХД предприятия в постановке (11) разработана процедура поиска локально-оптимальной точки в пространстве критериев в человеко-машинной системе управления с целью оптимизации ФХД предприятия. Блок-схема разработанной процедуры представлена на рис. 8.

В качестве экстремальных (однокритериальных) задач по определению промежуточных значений критериев оптимизации в рамках данной процедуры поиска выступают задачи формирования оптимальной по прибыли программы сбыта предприятия, оптимизации системы цен на товары и услуги, организации системы скидок и др.

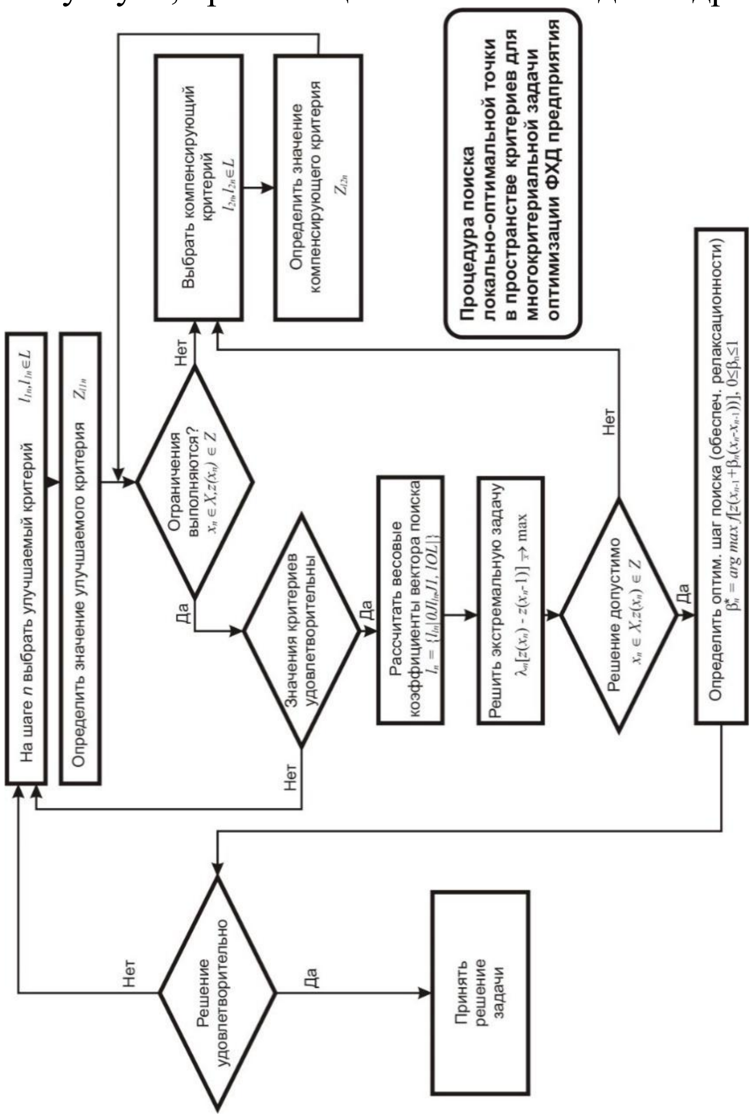

Рисунок 8. Процедура поиска локально-оптимальной точки в пространстве критериев для многокритериальной задачи оптимизации ФХД предприятия

Заключение

По результатам исследований можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1 В статье показаны актуальность проблемы совершенствования управления предприятием на современном этапе. В условиях повышенной динамичности и стохастичности функционирования и развития

производственного предприятия и внешней среды в качестве наиболее эффективных мер предлагаются системы оперативного и адаптивного управления производственными предприятиями. Проведен ретроспективный анализ и показано современное состояние вопроса создания СОУП и систем оперативного управления - СОУ.

Сформулированы основные концептуальные положения создания СОАУ с применением системного подхода и имитационного моделирования, реализуемые на базе современных информационных технологий.

В рамках сформулированной концепции исследован целевой модельный комплекс СОУП, увязывающий решение задач системы в едином комплексе целевого управления для улучшения технико-экономических показателей деятельности предприятия. Разработана математическая модель

решения задачи многокритериальной оптимизации производственных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.Н., Мироносецкий Н.В. Оптимизация управления предприятием (объединением). - Новосибирск, 1984.-152с.

2. Прасолов А.В. Математические модели динамики в экономике. СПб: Изд. С-Петербургского финансово-экономического университета. 2004.-165с.

3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления М.: "Физматлит", 2004.-248с.

4. Ехлаков Ю.П.,Тарасенко В.Ф. Моделирование организационного регламента с использованием сетей Петри // Кибернетика и ВУЗ. Томск: ТЛИ, 1991, №4- С.48-51.

5. Аганбегян А.Г. Управление социалистическими предприятиями. Вопросы теории и практики. - М.: Экономика, 1981. 218с.

6. Португал В.М., Семенов В.И., Кубликов В.К. Организационная структура оперативного управления производством. - М., 2003.-286с.

7. Титов В. В. Оптимизация в функционировании промышленного предприятия. - Новосибирск, 2007.-145с.

8. Кудубаева С.А. Математические модели и методы в исследовании производственно-экономических ситуаций. // Вестник КГУ, Костанай, 2005. - С.58-65.

9. Титов В. В. Оптимизация принятия решений в управлении производством. - Новосибирск, 2001.-187с.

10. Кобзев В.В. Методические основы обеспечения адаптивных систем в процессе организации проектирования. Диссертация д.э.н., СПб., 1997.

REFERENCES

1. Andreev V.N., Mironoseckij N.V. Optimizacija upravlenija predprijatiem (obieedineniem) [Optimization of enterprise (association) management]. Novosibirsk, 1984. 152 p.

2. Prasolov A.V. Matematicheskie modeli dinamiki v jekonomike [Mathematical models of dynamics in economics]. Saint Petersburg: Publ. Izd. S-

Peterburgskogo finansovo-jekonomicheskogo universiteta. 2004. 165 p.

3. Dorf R., Bishop R. Sovremennye sistemy upravlenija [Modern control systems]. Moscow: Publ. "Fizmatlit", 2004. 248 p.

4. Ehlakov Ju.P.,Tarasenko V.F. Modelirovanie organizacionnogo reglamenta s ispol'zovaniem setej Petri [Modeling organizational regulations using Petri nets]. Kibernetika i VUZ [Cybernetics and the University]. Tomsk: TLI, 1991, no. 4, pp. 48-51.

5. Aganbegjan A.G. Upravlenie socialisticheskimi predprijatijami. Voprosy teorii i praktiki [Management of socialist enterprises. Theoretical and practical issues]. Moscow: Publ. Jekonomika, 1981. 218 p.

6. Portugal V.M., Semenov V.I., Kublikov V.K. Organizacionnaja struktura operativnogo upravlenija proizvodstvom [Organizational structure of operational production management]. Moscow, 2003. 286 p.

7. Titov V. V. Optimizacija v funkcionirovanii promyshlennogo predprijatija [Optimization in the functioning of an industrial enterprise]. Novosibirsk, 2007. 145 p.

8.Kudubaeva S.A. Matematicheskie modeli i metody v issledovanii proizvodstvenno-jekonomicheskih situacij [Mathematical models and methods in the study of production and economic situations]. Vestnik KGU [KSU Bulletin]. Kostanaj, 2005, pp. 58-65.

9. Titov V. V. Optimizacija prinjatija reshenij v upravlenii proizvodstvom [Optimizing decision making in production management]. Novosibirsk, 2001. 187 p.

10. Kobzev V.V. Metodicheskie osnovy obespechenija adaptivnyh sistem v processe organizacii proektirovanija. Dissertacija d.je.n. [Methodological foundations for ensuring adaptive systems in the process of organizing design. Dr. Sci. (Economy) diss.]. Saint Petersburg, 1997.