

УДК 519.876.2

МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ERP-СИСТЕМЫ

А.В. Зимин

Сибирский государственный индустриальный университет
Россия, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42
E-mail: zimin.0169@yandex.ru

И.В. Буркова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: irbur27@mail.ru

В.В. Зимин

Сибирский государственный индустриальный университет
Россия, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42
E-mail: zimin.1945@mail.ru

Ключевые слова: задача управления, целеполагание, оптимизация скалярная, оптимизация векторная, иерархическая игровая модель, механизм управления, дихотомическое программирование, гибкое моделирование.

Аннотация: Гибкое целеполагание (возможность изменять цель) при планировании и реализации бизнес-процессов в настоящее время стало важнейшим фактором, обеспечивающим конкурентоспособность. Достижения в сфере ИТ-технологий (сетевое взаимодействие, доступность услуг и ресурсов в любое время и в любом месте, возможности анализа данных и облачные технологии) создали условия для практической реализации гибкого целеполагания. Последнее порождает потребность в создании семейства моделей решаемых и новых бизнес-задач. В статье сформулировано множество различных математических моделей задачи формирования программы повышения квалификации пользователей ERP-системы предприятия. Модели отличаются конкретизацией переменных и целевых показателей, включают оптимизационные (с различными скалярными и векторными критериями) и теоретико-игровые постановки. Для каждого варианта модели задачи предлагается метод решения.

1. Введение

Актуальность гибкого целеполагания и, как следствие, гибкого моделирования задач управления обусловлена угрозой потери конкурентоспособности в условиях цифровой трансформации, ориентированной на увеличение степени и скорости удовлетворения потребностей рынка и снижение издержек. Традиционной автоматизации «лучших практик» реализации бизнес-процессов (в том числе на основе интегрированных

ERP-систем), посредством которых бизнес решает свои задачи, на современном этапе недостаточно. Требуется технология управления, которая позволяет оперативно изменять целевые показатели и механизмы управления достижением лучших значений этих показателей в условиях изменяющейся обстановки или осознании бизнесом новых возможностей улучшения результата его деятельности. Компании, освоившие такую технологию управления, будут обладать неоспоримым конкурентным преимуществом. Условия для разработки и внедрения таких технологий созданы достижениями в ИТ-сфере: развитое сетевое взаимодействие, мобильность (доступность услуг и ресурсов в любое время и в любом месте), мощный аппарат анализа данных, облачные вычисления. Важнейшим компонентом новой технологии будут библиотеки семейств моделей и механизмов для задач управления, позволяющие ЛПП изменять целеполагание вместе с изменением обстановки.

2. Постановка задачи управления

Одним из важных факторов, определяющим длительность начальной (опытно-промышленной) эксплуатации ERP-системы, является качество подготовки пользователей к совместной работе в интегрированной системе управления. Очевидно, что длительность и соответствующие потери от инцидентов, вызванных неквалифицированными действиями пользователей, могут быть существенно уменьшены за счет повышения уровня их компетенций.

Пусть $\{\{p_{ji} \mid i = \overline{1, n_j}\} \mid j = \overline{1, m}\}$ – множество программ обучения, реализуемых консалтинговой компанией, участвующей в создании ERP-системы. Здесь j – номер бизнес-процесса, i – номер программы обучения, p_{ji} – i -ая программа обучения для j -го бизнес-процесса, n_j – количество программ обучения для j -го процесса, m – количество автоматизируемых бизнес-процессов. Пусть также k_{ji} – количество пользователей, которое требуется обучить по программе p_{ji} , $c_{ji} = c(p_{ji})$ – стоимость обучения одного пользователя по программе p_{ji} . Задача состоит в формировании программы обучения пользователей, обеспечивающей оптимизацию целевого показателя, выбираемого бизнесом.

Рассмотрим следующие два варианта формирования значений целевых показателей для рассматриваемой задачи:

- Целевой показатель эффективности программы обучения формируется на основе оценок полезности $q_{ji} = q(p_{ji})$ обучения одного пользователя по программе p_{ji} , которые представляются консалтинговой компанией.
- Целевой показатель эффективности программы формируется на основе оценок полезности $q_{ji}^k = q_{ji}^k(p_{ji}), k = \overline{1, k_{ji}}$ обучения конкретного k -го пользователя по программе p_{ji} , сформированных руководителями соответствующих бизнес-процессов.

Каждому из вариантов соответствует множество возможных математических моделей рассматриваемой задачи: оптимизационных (скалярных, векторных) и теоретико-игровых. Рассмотрим далее семейство моделей и механизмов управления, отвечающих гибкому целеполаганию.

3. Оптимизационные модели и механизмы управления

3.1. Модели и механизмы управления на основе оценок q_{ji}

Введем дискретную переменную x_{ji} , которая равна 1, если пользователи подлежат обучению в соответствии с программой p_{ji} , и равна 0 в противном случае. Тогда прямую задачу формирования оптимальной программы обучения пользователей можно сформулировать следующим образом:

$$(1) \quad q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \leq c^*; \quad \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

Здесь k_j^* – ограничение, устанавливаемое менеджером бизнес-процесса j на количество подлежащих обучению сотрудников.

Решением задачи (1) является такая программа $\{x_{ji} \mid i = \overline{1, n_j}\} \mid j = \overline{1, m}$ обучения пользователей, которая максимизирует суммарное «приращение» q компетенций пользователей при заданном ограничении на предельный объем средств c^* , выделенных на обучение, и которая удовлетворяет заданным руководством бизнес-процессов ограничениям на минимально необходимое количество пользователей, подлежащих обучению. Структурная декомпозиция задачи (1) и пример решения приведены в [1].

Обратная к прямой задаче (1) будет задача (2):

$$(2) \quad c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \geq q^*; \quad \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

Структурная декомпозиция задачи (2) и пример решения приведены в [2].

В силу структурного подобия функций c и q обе задачи могут быть эффективно решены методом дихотомического программирования [3]. Отметим следующую важную особенность этого метода. При решении каждой из последовательности оценочных задач, на которые декомпозируется исходная задача, формируется подмножество решений, которые допустимы по ограничениям и являются Парето-оптимальными по c и q . Объединение решений последних оценочных задач прямой и обратной задачи, в силу отмеченной особенности, представляет собой подмножество Парето-решений задачи векторной оптимизации:

$$(3) \quad (q, c) \rightarrow \max; \quad \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

Опираясь на свои предпочтения лицо, принимающее решение (ЛПР), может выбрать из этого подмножества лучший вариант. Процедура определения оптимума задачи (3) на указанном подмножестве Парето решений может быть формализована посредством применения механизма комплексного оценивания [4]. Процедура и пример решения задачи (3) приведены в [2].

3.2. Модели и механизмы управления на основе оценок q_{ji}^k

Введем дискретную переменную x_{ji}^k , которая равна 1, если k -ый пользователь j -го процесса подлежат обучению по программ p_{ji} , и равна 0 в противном случае. Тогда прямую задачу формирования оптимальной программы обучения пользователей можно сформулировать следующим образом:

$$(4) \quad q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max; \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} c_{ji} x_{ji}^k \leq c^*; \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

В задаче (4) формируется программа обучения для каждого конкретного пользователя. Обратной к сформулированной задаче (4) будет задача (5):

$$(5) \quad c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} c_{ji} x_{ji}^k \rightarrow \min; \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \geq q^*; \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

Задача векторной оптимизации принимает вид:

$$(6) \quad (q, c) \rightarrow \max; \sum_{i=1}^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}.$$

Задачи (4)-(6) решаются также как задачи (1)-(3) методом дихотомического программирования с применением механизма комплексного оценивания.

4. Игровые модели и механизмы управления

4.1. Игровая модель на основе оценок q_{ji}^k

Использование оптимизационных моделей предполагает, что лица, интересы которых затрагивает решаемая задача (в нашем случае это центр, распоряжающийся средствами на обучение и руководители бизнес-процессов, которых далее будем называть игроками), достигли согласия о едином целеполагании, то есть согласились, что формируемые совместно целевая функция и ограничения отражают в полной мере интересы и центра и игроков (случай совпадающих интересов). В общем случае такое предположение неверно, и, значит, решаемую задачу следует рассматривать как теоретико-игровую, в которой каждый игрок решает задачу со своей целевой функцией, а центр – со своей [5, 6].

Для более точного учета интересов игроков отразим в модели задачи в качестве одного из целевых показателей время, в течение которого пользователи не участвуют в выполнении текущих работ из-за обучения в консалтинговом центре. Пусть t_{ji} длительность обучения пользователя по программе p_{ji} . Тогда каждый игрок, в зависимости от текущей обстановки, может решать одну из следующих задач (7)-(9):

$$(7) \quad q_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max; t_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} t_{ji} x_{ji}^k \leq t_j^*.$$

Решая задачу (7) руководитель j -го бизнес-процесса стремится максимизировать прирост компетенций пользователей при ограничении на суммарное время их отсутствия вследствие обучения, так как оно влияет на его способность выполнять текущие функции.

$$(8) \quad t_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} t_{ji} x_{ji}^k \rightarrow \min; q_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \geq q_j^*,$$

$$(9) \quad (q_j, t_j) \rightarrow opt$$

Пусть $\{ \{ q_j^l \mid l = \overline{1, L_j} \} \mid j = \overline{1, m} \}$ - множество решений, сформированных всеми игроками в результате решения своих задач. Тогда центр, опираясь на эти решения, и в зависимости от текущей обстановки, может решать одну из следующих задач:

$$(10) \quad q = \sum_{j=1}^m q_j^l x_j^l \rightarrow \max ; \quad c = \sum_{j=1}^m c_j^l x_j^l \leq c^* ,$$

$$(11) \quad c = \sum_{j=1}^m c_j^l x_j^l \rightarrow \min ; \quad q = \sum_{j=1}^m q_j^l x_j^l \geq q^* ,$$

$$(12) \quad (q, c) \rightarrow opt ,$$

где x_j^l принимает значение 1, если центр включает в программу обучения l -ое решение j -го игрока и 0 в противном случае.

Можно уточнять модели задачи, например, посредством введения новых показателей, или путем учета предпочтительности обучения конкретного пользователя, исходя из способности передавать знания другим пользователям, вводя соответствующие весовые коэффициенты и т.п.

4.2. Повторяющаяся игровая модель

После каждого обучения пользователей по конкретной программе p_{ji} игроки получают информацию о качестве обучения, на основе которой они могут скорректировать значения q_{ji}^k . Если изменения величин q_{ji}^k значимы, то целесообразно повторить игру, то есть найти новое решение игры для еще нереализованной части программы обучения.

5. Заключение

Ключевая особенность гибкого моделирования – предоставление возможности ЛПР (для оптимизационных моделей) и игрокам (для игровых моделей) выбора из множества целевых показателей решаемой задачи управления того показателя и отвечающего ему механизма управления, которые наилучшим образом соответствуют сложившейся на момент принятия решения обстановке, а также возможности изменять показатель и механизм управления при изменении обстановки. Такой подход позволяет избежать издержек, связанных с реализацией механизмов управления ориентированных на целевой показатель, который перестал быть актуальным. Однако этот подход требует более мощного аппарата моделирования и инструментария его реализации.

Список литературы

1. Зимин А.В., Буркова И.В., Митьков В.В., Зимин В.В. Формирование программ обучения пользователей ERP-системы // Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. 2018. Т. 61, № 10. С. 813-817. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2018-10-813-817>
2. Митьков В.В., Зимин В.В., Зимин А.В., Степанов И.Г. Механизм векторной оптимизации для задач ресурсного планирования // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 398-402.
3. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: автореферат дисс. на соиск. степени доктора технических наук: 05.13.10. М.: ИПУ РАН, 2012. 40 с.
4. Бурков В.Н., Кондратьев В.Д., Щепкин А.В. Механизмы повышения безопасности дорожного движения. М.: Книжный дом ЛИБРИКОМ, 2012. 208 с.
5. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами М.: ИПУ РАН, 2005. 138 с.
6. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами М.: 1979, Наука 328 с.