

Технология ситуационного планирования расходов на социально-экономические проекты

Ильин А. В., Ильин В. Д.

Аннотация — В обзоре обновленная технология ситуационного планирования расходов представлена как совокупность методов и средств мониторинга доходной и расходной части социально-экономического проекта, построения и анализа портретов ситуаций, формирования набора требований к искомому плану расходов, вычисления и оценки вариантов решения. Ситуационное планирование расходов рассматривается как линейная задача одноресурсного распределения, в которой распределяемый ресурс, расходные запросы и компоненты вектора плана представлены вещественными отрезками. Для расходных статей предусмотрена возможность задания приоритетов и произвольных линейных соотношений, определяющих связи между компонентами вектора плана. Задача формулируется на основе обязательных и ориентирующих требований, определяющих распределение суммы денег по расходным статьям с произвольным числом уровней детализации. Набор требований формируется на основе экономического анализа портретов ситуаций (целевой, стартовой и достигнутой), отражающих соответствующие состояния доходной и расходной части проекта. К обязательным требованиям отнесены ограничения на расход распределяемой суммы, определяющие реализуемость плана, и требования неизбыточности удовлетворения расходных запросов. Ориентирующие требования определяют направление поиска решения с более высокими показателями экономической эффективности и реализуемости. В зависимости от состава требований задача решается либо методом приоритетного интервального распределения, либо методом целевого перемещения решения. На каждом шаге поиска плана в интерактивном режиме вычислительного эксперимента предусмотрена возможность изменения системы требований, показателей качества решения и требуемой прикладной точности. Важной характеристикой метода целевого перемещения решения является возможность получить реализуемое решение в случаях формальной несовместности системы ограничений. Обсуждаемая технология рассчитана на реализацию в виде онлайн-сервисов, работающих в среде обучаемых цифровых двойников. Приведено краткое описание действующего интернет-сервиса планирования расходов, реализующего метод приоритетного интервального распределения.

Ключевые слова — ресурсное обеспечение социально-экономического проекта; технология ситуационного планирования расходов; обязательные и ориентирующие требования к плану; линейная задача одноресурсного распределения; метод приоритетного интервального распределения; метод целевого перемещения решения; онлайн-сервисы в среде цифровых двойников.

I. ВВЕДЕНИЕ

Экономическое развитие страны и ее регионов [1] во многом зависит от целесообразного выбора, методологической обоснованности и эффективности реализации социально-экономических проектов (далее – проектов). На современном этапе развития экономики России² задачи социально-экономического проектирования во многом определяются необходимостью развития *экономики замкнутого цикла* [2-3], основными принципами которой являются максимальное использование ресурсов и возобновляемых источников энергии, минимизация отходов производства и их повторное использование в замкнутых системах производства продукции из вторичного сырья³. Для регионов с повышенным отрицательным воздействием отходов производств на население и среду обитания решение этой проблемы имеет первостепенное значение.

А. Совершенствование технологической среды социально-экономического развития и методологическое сближение экономики и информатики

Со времени концептуального оформления идеи цифровизации экономики [4-5] не утихают дискуссии о ее значении, направлениях развития и последствиях [6-7]. Одновременно в регионах развитых и развивающихся стран осуществляется информатизация производственной, торговой и других видов деятельности.

Растущее применение информационных технологий определяет необходимость методологического сближения экономики и информатики в исследованиях, посвященных совершенствованию экономической деятельности в соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации». В рассматриваемой в данной статье технологии ситуационного планирования расходов на социально-экономические проекты методы экономического анализа (при формировании экспертом-экономистом обязательных и ориентирующих требований к плану, оценке портретов ситуаций и вычисленных планов) сочетаются с методами моделирования социально-экономических

² Цифровая экономика Российской Федерации: программа, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – 87 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2017/07/programma-tsifrov-econ.pdf> (дата обращения: 5.10.2020)

³ Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 24-р – 59 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzI.pdf> (дата обращения: 5.10.2020)

¹Статья получена 12 октября 2020.

А.В. Ильин, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (e-mail: ilyin@res-plan.com)

В.Д. Ильин, Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” (e-mail: vdilyin@yandex.ru)

процессов и решения задач распределения ресурсов на основе онлайн-сервисов, применяемыми в информатике.

К настоящему времени сформировались достаточные основания рассматривать социально-экономическую состоятельность каждого региона страны в тесной связи с уровнем продуктивного применения высоких технологий в ключевых (для данного региона) видах деятельности [8].

На современном этапе технологическим ядром цифровизации служат M2M-технологии (Machine-to-Machine, M2M) [9-10], технологии облачных вычислений (Cloud Computing) и электронных сервисов [11-15], Интернета вещей (Internet of Things, IoT) [16] и цифровых двойников (Digital Twins⁴). Успешное развитие этого ядра создает предпосылки для ускорения перехода к *нормализованному экономическому механизму*, основанному на электронных сервисах [17, с. 40-47].

В. Запись формул и выделение фрагментов текста

Для записи формул, выделения определений и замечаний далее используются средства языка *TSM-комплекса* (TSM: Textual Symbolic Modeling), разработанного для формализованного описания текстовых моделей⁵.

В статье применены следующие средства выделения фрагментов текста:

□ <фрагмент описания> □ ≈ утверждение (определение, аксиома и др.) (здесь и далее символ ≈ заменяет слово «означает»);

◇ <фрагмент описания> ◇ ≈ замечание;

◦ <фрагмент описания> ◦ ≈ пример.

Курсивом выделены первые вхождения названий понятий и фрагменты описания, к которым авторы хотят привлечь внимание.

Приоритеты требований записываются в форме <требование> ← <приоритет>.

С. Тематически связанные результаты

В обзоре представлены результаты, полученные авторами при выполнении научно-исследовательской работы "*Моделирование социальных, экономических и экологических процессов*" (№ 0063-2016-0005), выполняемой в соответствии с государственным заданием ФАНО России для Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН. Они служат тематическим дополнением и развитием результатов исследований, посвященных *ситуационной информатизации жизнедеятельности*

⁴ The digital twin. <https://www.ge.com/digital/sites/default/files/The-Digital-Twin-Compressing-Time-to-Value-for-Digital-IndustrialCompanies.pdf> (дата обращения: 5.10.2020); The New Age of Manufacturing: Digital Twin Technology & IoT. <https://www.seebo.com/digital-twin-technology/> (дата обращения: 5.10.2020).

⁵ Ильин В. Д. Символьное моделирование // Большая российская энциклопедия, 2018. http://dev.bigenc.ru/technology_and_technique/text/4010980 (дата обращения: 5.10.2020).

населения страны, рассматриваемой как совокупность образовательной, производственной и других видов деятельности [18].

II. ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА, ПРОГРАММЫ И ПРОЕКТЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Задачи, представленные в проектах, рассматриваем как *конкретизации задач* [18, с. 131], определенных в программах. Показатели качества выполнения проектов определяем на основе характеристик потенциала региона.

□ *Потенциал региона как ресурсное основание его социально-экономического развития* определяется характеристиками *населения, среды обитания и систем организации и обеспечения жизни*. □

Изменение потенциала региона позволяет судить о состоянии объекта регионального управления (одной из форм которого является реализация региональных проектов). Приоритетный список показателей уровня развития потенциала региона и их истолкование (включающее способы оценки и стимулирования изменений) составляют основу планирования процесса управления жизнедеятельностью населения региона.

Население региона характеризуется: профессиональной и квалификационной структурами трудоспособной части населения; уровнем изобретательности (определяется числом и значимостью открытий, изобретений, рационализаций; количеством и уровнем создаваемых и применяемых средств и технологий); численностью, половой и возрастной структурой, рождаемостью и смертностью, плотностью на территории региона; уровнем здоровья; уровнем культуры, который характеризует отношение населения к генофондам семьи, нации и биосферы, отношение к труду, образованию, творчеству, сохранению традиций, укрепляющих семью и народ.

Региональная среда обитания характеризуется: размерами и плодородием земель; запасами питьевой воды и воды для хозяйственных нужд; разведанными запасами полезных ископаемых; размером и географическим положением территории региона, растительностью и животным миром (их промышленными характеристиками), рельефом, климатическими условиями (привлекательностью для развития туризма); подверженностью стихийным бедствиям; реками, озерами и другими водоемами (их пригодностью для промысла и судоходства).

Региональные системы организации и обеспечения жизни (включающие систему регионального управления и экономический механизм региона) характеризуются: уровнем удовлетворения спроса на воду, энергию, продукты питания, жилье, одежду; образование и медицинское обслуживание, социальное обеспечение; уровнем удовлетворения спроса на производственное сырье; уровнем адекватности экономического механизма региона; уровнем охраны окружающей среды; уровнем информационного обеспечения (определяется распространенностью и совершенством электронных сервисов, доступных населению в образовательных, научных, производственных и других

процессах); уровнем обеспечения коммуникационными средствами (связи и транспорта); уровнем защиты населения и среды обитания от эпидемий, стихийных бедствий и техногенных катастроф; размером созданного регионального богатства [определяемого количеством и качеством действующих систем обеспечения энергией, водой, продовольствием; коммуникационными средствами (связь, транспорт); количеством и качеством жилищ, сооружений хозяйственного, образовательного, научного, оздоровительного, оборонного и культурного назначения; количеством и качеством средств производства и средств для образовательной, научной, оздоровительной и культурной деятельности; количеством и качеством средств защиты населения и среды обитания от эпидемий, стихийных бедствий и катастроф; обновляемыми запасами необходимых средств жизнеобеспечения населения]; уровнями правового и правоохранительного обеспечения.

Список задач социально-экономического развития, решаемых в рамках региональных проектов, обычно включает следующие основные классы задач⁶, от решения которых зависит потенциал региона и страны [18, с. 28-31]: уровень жизни населения региона; человеческий капитал (здоровье и активное долголетие населения, здоровый образ жизни и др.); производственный и сервисный сектора, малое и среднее предпринимательство (условия для бизнеса, система привлечения инвестиций и др.); научно-инновационная сфера и информационные технологии; рациональное природопользование и развитие «зеленой» экономики; системы территориального размещения населения и распределения производительных сил; межрегиональные и глобальные социально-экономические отношения.

III. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСУРСНОГО ОБОСНОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Повышение эффективности региональных проектов предполагает совершенствование технологий их ресурсного обоснования. Среди них – технология планирования расходов на разработку и реализацию проекта (далее – расходов на проект).

План расходов обычно обновляется в течение всего жизненного цикла проекта. Это связано с конкретизацией деталей проекта, уточнением величины располагаемых денежных средств, изменением цен и др. факторами. Невозможность точного прогноза доходной части регионального проекта – аксиома, справедливая и для расходов по составляющим проекта.

Более адекватным является представление данных и результата в виде числовых отрезков (левая граница отрезка соответствует наименьшему

ожидаемому значению, а правая – наибольшему) с учетом реальной точности данных и реализации решений [19].

Указанный методологический недостаток устранен в рассматриваемой далее новой постановке задачи *ситуационного планирования расходов*.

IV. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОХОДНОЙ И РАСХОДНОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА: ПОРТРЕТЫ СИТУАЦИЙ

□ *Ситуацией* называем состояние доходной и расходной части проекта, представленное совокупностью параметров, описывающих источники поступлений денежных средств, расходные статьи и др.

Целевой называем ситуацию, которую планируется создать в результате завершения проекта; *стартовой* – существующую в начале разработки проекта; *достигнутой* – созданную в результате выполнения этапа проекта. □

□ *Портрет ситуации* – формализованное описание состояния доходной и расходной части проекта [18, с. 78-79]. □

Совокупность правил, применяемых для построения портрета ситуации, порядок их срабатывания и истинность описаний определяет *механизм интерпретации* запросов на заданном множестве правил [18, с. 95-104].

В рассматриваемой технологии ситуационного планирования расходов мониторинг выполняется комплексом цифровых двойников, представляющим собой сетевую обучаемую *символьную модель* доходной и расходной части проекта, реализованную в *человеко-машинной среде решения задач (s-среде)*⁷.

V. СИТУАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАСХОДОВ

Приведём неформальную постановку задачи ситуационного планирования расходов на проект, ориентированную на решение экспертом в режиме вычислительного эксперимента.

Для числового отрезка $[a^{\min}, a^{\max}]$ ($a^{\min} \geq 0$, $a^{\max} > 0$), задающего распределяемую величину (○ сумму денег ○), отрезков $[b_i^{\min}, b_i^{\max}]$ ($b_i^{\min} \geq 0$, $b_i^{\max} > 0$, $i = 1, \dots, n$), задающих запросы по расходным статьям, и весовых коэффициентов (приоритетов) расходных статей $p_i > 0$ ($i = 1, \dots, n$), требуется найти план расходов по статьям $[x_i^{\min}, x_i^{\max}]$: $\{0 \leq x_i^{\min} \leq b_i^{\min}, x_i^{\max} \leq b_i^{\max}, \sum x_i^{\min} \leq a^{\min}, \sum x_i^{\max} \leq a^{\max}, i = 1, \dots, n\}$.

Для совокупного вектора искомого плана $x = (x_1^{\min}, \dots, x_n^{\min}, x_1^{\max}, \dots, x_n^{\max})$ может быть также задан набор требований $Cx \leq d \leftarrow q$,

где C – матрица вещественных коэффициентов размера $k \times 2n$ ($k \geq 1$), d – вектор-столбец вещественных констант размера k , q – вектор-столбец весовых коэффициентов (приоритетов) требований ($0 < q_i \leq +\infty$, $i = 1, \dots, k$).

Обязательные требования имеют приоритет $+\infty$. Приоритеты *ориентирующих требований* задаются

⁶ Минэкономразвития России. Территориальное планирование. – 2019. <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/StrategTerPlanning/terplan/> (дата обращения: 5.10.2020)

⁷ Ильин В. Д. Символьное моделирование // Большая российская энциклопедия, 2018. http://dev.bigenc.ru/technology_and_technique/text/4010980 (дата обращения: 5.10.2020).

положительными вещественными числами. \diamond Это делает эксперт, учитывая относительную важность выполнения рассматриваемых требований (см. раздел «Схема планирования с помощью клиентского приложения интернет-сервиса «Планирование расходов»).

Требования, определяющие запросы по расходным статьям, являются обязательными. Требования, задаваемые вектором $Cx \leq d \leftarrow q$, могут быть как обязательными, так и ориентирующими.

В трёх следующих случаях задача решается итеративным методом приоритетного интервального распределения [20], реализованным в действующем интернет-сервисе планирования расходов⁸:

- $\sum b_i^{\min} > a^{\min}, \sum b_i^{\max} > a^{\max} (i = 1, \dots, n)$, и набор требований имеет вид $\{\sum x_i^{\min} = a^{\min} \leftarrow +\infty, \sum x_i^{\max} = a^{\max} \leftarrow +\infty (i = 1, \dots, n), p_j b_j^{\min} x_j^{\min} - p_i b_i^{\min} x_j^{\min} = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j \{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$, $p_j(b_j^{\max} - b_j^{\min})(x_i^{\max} - x_i^{\min}) - p_i(b_i^{\max} - b_i^{\min})(x_j^{\max} - x_j^{\min}) = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j: \{b_i^{\max} > b_i^{\min}, b_j^{\max} > b_j^{\min}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$, $p_j b_j^{\max} x_i^{\max} - p_i b_i^{\max} x_j^{\max} = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j: \{b_i^{\max} = b_i^{\min}, b_j^{\max} = b_j^{\min}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$;
- $\sum b_i^{\min} \leq a^{\min}, \sum b_i^{\max} > a^{\max} (i = 1, \dots, n)$, и набор требований имеет вид $\{x_i^{\min} = b_i^{\min} \leftarrow +\infty, \sum x_i^{\max} = a^{\max} \leftarrow +\infty (i = 1, \dots, n), p_j(b_j^{\max} - b_j^{\min})(x_i^{\max} - x_i^{\min}) - p_i(b_i^{\max} - b_i^{\min})(x_j^{\max} - x_j^{\min}) = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j: \{b_i^{\max} > b_i^{\min}, b_j^{\max} > b_j^{\min}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$, $p_j b_j^{\max} x_i^{\max} - p_i b_i^{\max} x_j^{\max} = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j: \{b_i^{\max} = b_i^{\min}, b_j^{\max} = b_j^{\min}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$;
- $\sum b_i^{\min} > a^{\min}, \sum b_i^{\max} \leq a^{\max} (i = 1, \dots, n)$, и набор требований имеет вид $\{\sum x_i^{\min} = a^{\min} \leftarrow +\infty, x_j^{\max} = b_j^{\max} \leftarrow +\infty (i = 1, \dots, n), p_j b_j^{\min} x_i^{\min} - p_i b_i^{\min} x_j^{\min} = 0 \leftarrow 1$ для каждой пары $i, j \{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$.

\diamond Прикладная точность, задаваемая экспертом, определяет в выбранных единицах измерения минимальную значимую сумму (\circ целые степени 10 от -4 до 9 \circ). Данные округляются в соответствии с заданной прикладной точностью. Результаты расчетов округляются по специальному алгоритму – с сохранением требуемой суммы, учетом запросов и приоритетов. Возможность задания прикладной точности позволяет, в частности, решать целочисленные задачи. \diamond

В случаях, когда набор требований отличается от приведенных выше вариантов, позволяющих применить метод приоритетного интервального распределения [20], задача решается методом целевого перемещения решения [21, с. 17-21]. Для удобства читателя далее приведено схематическое описание идеи этого метода.

При несовместности системы ограничений в качестве начального плана рассматривается чебышевская точка [21, с. 25-26], минимизирующая максимальный дефицит:

$\min_x \max_i (c_{i1}x_1 + \dots + c_{i,2n}x_{2n} - d_i), i = 1, \dots, k$ (здесь и далее для удобства записи $x_1 = x_1^{\min}, \dots, x_n = x_n^{\min}, x_{n+1} = x_1^{\max}, \dots, x_{2n} = x_n^{\max}$).

На последующих шагах диалогового поиска плана эксперт, сопоставляя значения левых и правых частей набора неравенств $Cx \leq d$, оценивает реализуемость и эффективность полученных решений. Текущий план, получивший оценку эксперта, может быть определен как окончательный или могут быть изменены требования, направляющие перемещение решения. Каждый план (с оценкой) может быть сохранен в базе данных для сравнительного анализа и возможного возврата.

Если x^0 – текущий план и эксперт определил ориентирующие требования для перемещения от x^0 к целевому плану x в виде набора

$C^*x = C^*x^0 + h$, где C^* – подмножество из m строк матрицы C , а $h = (h_1, \dots, h_m)$ – вектор ненулевых констант, направляющих перемещение решения, то кандидатом на улучшенное решение будет

$$x = (x_1^0 + \sum q_i \Delta x_1 / \sum q_i (i = 1, \dots, m)$$

$$\dots x_{2n}^0 + \sum q_i \Delta x_{2n} / \sum q_i (i = 1, \dots, m)),$$

где $\Delta x_j = c_{ij}h_i / (c_{i1}^2 + \dots + c_{i,2n}^2), j = 1, \dots, 2n, i = 1, \dots, m$.

Такое решение «ближе» к гиперплоскостям, определяемым требованиями с более высокими приоритетами. Детальное обоснование метода и изложение алгоритма приведено в [21, с. 17-21, 26-31].

Задача решается с помощью специальных программных средств [21, с. 26].

Методологические истоки традиционного подхода определены в работах [22-24].

VI. ИНТЕРНЕТ-СЕРВИС ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДОВ

Действующий интернет-сервис планирования расходов (далее – сервис) реализует метод приоритетного интервального распределения [20]. Предлагая эксперту-экономисту методологически обоснованное и практически удобное средство распределения ожидаемого количества ресурса по расходным статьям, сервис позволяет радикально увеличить эффективность планирования.

Сервис реализован в соответствии с концепцией, предложенной А. В. Ильиным [21, с. 42-44], которая отличается от известной концепции SaaS (Software as a Service [25-27]) тем, что данные задач и результаты хранятся у пользователя, а не на сервере. Алгоритмы вычислений плана расходов реализованы в серверных приложениях, работающих на надежных и высокопроизводительных серверах 24 часа в сутки 7 дней в неделю.

Соответствующую своей операционной системе программу установки клиентского приложения пользователь скачивает с сайта сервиса. В комплекте с клиентским приложением поставляются полезные обучающие примеры (задачи планирования бюджетов различного уровня – см. пример [21, с. 37-40]).

⁸ Ильин А. В. Интернет-сервис планирования расходов. <https://www.res-plan.com/services-ru> (дата обращения: 5.10.2020).

А. Схема планирования с помощью клиентского приложения интернет-сервиса «Планирование расходов»

1. Пользователь задает минимальное и максимальное ожидаемое количество распределяемого ресурса (как суммы имеющегося запаса и ожидаемых поступлений при наихудшем и наилучшем развитии ситуации ресурсного обеспечения проекта).
2. Пользователь по шаблону создает таблицу расходных статей проекта, для каждой из которых предусмотрена возможность ввода минимального и максимального значений предполагаемого расхода (запросов по расходным статьям). Можно задать приоритеты расходных статей и некоторые расходные запросы пометить как «обязательные» (для которых нельзя выделить средств меньше, чем указано в минимальном значении запроса).
3. При выполнении команды «Распределить» клиентское приложение через Интернет связывается с сервисом и отправляет ему запрос (содержащий только числа без названий расходных статей и единиц измерения, что «обезличивает» запрос с точки зрения конфиденциальности данных). Получив ответ, клиентское приложение представляет таблицу вычисленного плана (для каждой расходной статьи – значения «Выделить мин.» и «Выделить макс.», дополнительно – значение «Выделить средн.» и диаграммы среднего распределения).
4. Когда в процессе выполнения плана обновляются портреты ситуаций (появляются сведения о фактических поступлениях или расходах, или появляются уточнения по предстоящим поступлениям или расходам), пользователь вводит соответствующие данные и повторно выполняет команду «Распределить», чтобы получить обновленный (уточненный) план. ◊ Если уже известно точное значение распределяемой суммы, то полученные значения «Выделить макс.» служат «точечным» представлением вычисленного плана. ◊

В. Интерфейс пользователя, взаимодействие с известными табличными процессорами

Клиентское приложение предоставляет привычный интерфейс работы с таблицами расходных статей. Результаты расчетов, ошибочные и нелогичные данные выделяются цветом (зеленый, красный, синий).

Пользователь может задать произвольные название и единицы измерения распределяемого денежного ресурса (руб., тыс. руб. или др.), а также прикладную точность.

Для любой расходной статьи предусмотрена возможность задания таблицы детализации: денежная сумма, выделенная расходной статье, распределяется по детализирующим расходным статьям.

Команда «Распределить» может быть выполнена отдельно для любой части системы. Предусмотрена возможность временного исключения из рассмотрения части статей. В качестве расходных статей можно

задавать календарные периоды, для чего предусмотрен удобный интерфейс.

Предусмотрены возможности: «ручной» коррекции полученных результатов под контролем приложения (оно сообщает о некорректности сделанного изменения); копирования данных между различными таблицами задач планирования расходов и листами Microsoft Excel, OpenOffice Calc, LibreOffice Calc и других табличных процессоров; операций импорта/экспорта данных для файлов формата MS Excel.

С. Результаты сравнения

Сравнение с известными программными продуктами для неинтервального расчета бюджета⁹ (включая представленные в [28]), подтвердило преимущества интернет-сервиса «Планирование расходов».

ВII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационная *технология ситуационного планирования расходов на социально-экономические проекты* рассчитана на реализацию в виде онлайн-сервисов, работающих в среде цифровых двойников.

Технология позволяет использовать знания и навыки экспертов в формировании набора требований к искомому плану и оценке портретов ситуаций, отражающих состояние доходной и расходной части проекта. Мониторинг доходной и расходной части проекта осуществляется цифровыми двойниками, передающими данные для построения портретов ситуаций.

Линейная задача ситуационного планирования расходов формулируется на основе набора обязательных и ориентирующих требований, формируемого экспертом с учетом результатов анализа портретов ситуаций (целевой, стартовой и достигнутой). На каждом шаге интерактивного поиска решения в режиме вычислительного эксперимента существует возможность задать несколько показателей качества решения.

Представление данных и результата планирования в виде числовых отрезков позволяет учесть точность прогнозирования распределяемой суммы и ожидаемых расходов. Такое представление данных и результата (уточняемое в процессе реализации плана) радикально уменьшает вероятность нарушения плана при его исполнении.

В зависимости от состава требований задача решается либо *методом приоритетного интервального распределения*, либо *методом целевого перемещения решения*. Каждый из методов позволяет найти план расходов, всегда удовлетворяющий обязательным требованиям и максимально удовлетворяющий ориентирующим требованиям.

Основные преимущества предложенных интервальных методов в сравнении с известными

⁹ Top Budgeting Software Products. <http://www.capterra.com/budgeting-software/> (дата обращения: 5.10.2020); PlanGuru. <http://www.planguru.com/> (дата обращения: 5.10.2020); BizBudg Online. <http://bizbudg.com/budgeting.html> (дата обращения: 5.10.2020); Budget Cruncher 3.10. <http://www.budgetcruncher.com/> (дата обращения: 5.10.2020); Questica Budget. <http://www.questica.com/solutions/questica-budget-software/> (дата обращения: 5.10.2020).

неинтервальными методами планирования расходов: регулируемая набором требований реализуемость и эффективность плана, учет точности прогнозирования распределяемой суммы и ожидаемых расходов, гарантированное получение реализуемого плана с максимально достижимой эффективностью и возможность задания требуемой прикладной точности. Важной особенностью метода целевого перемещения решения является возможность получения решения при несовместности системы ограничений.

Результаты работы действующего *интернет-сервиса планирования расходов* подтверждают методологическую и практическую состоятельность предложенного подхода к решению задачи планирования расходов в условиях изменяющейся информированности.

Использование интернет-сервиса планирования расходов предоставляет следующие основные преимущества.

1. Задавая предполагаемые доходы и запросы по расходным статьям отрезками, эксперты-экономисты, получая от сервиса результаты расчётов, заранее видят границы возможных расходов для каждой расходной статьи и сужают их по ходу выполнения плана, оставаясь в рамках бюджета.
2. Если для некоторой расходной статьи верхняя граница рассчитанного плана меньше минимального запроса, эксперты могут вовремя попытаться привлечь инвестиции или скорректировать набор и/или величины запросов (при стандартном неинтервальном планировании в случае значительных расхождений ожидаемых и реальных доходов и/или расходов регулярно возникает необходимость срочного получения кредитов).
3. Эксперты-экономисты могут задавать весовые коэффициенты (приоритеты) расходных статей, детализацию статей неограниченной глубины, различную прикладную точность для разных таблиц детализации.
4. Применение программных систем планирования расходов, реализованных в виде автономных приложений, обходится намного дороже, чем использование сервиса по принципу «подписки». Кроме того, автономные приложения зачастую требуют платной профессиональной настройки. В стоимость сервиса включены все обновления клиентских приложений и техническая поддержка.
5. Алгоритмы вычисления плана расходов реализованы на сервере, что позволяет сторонним разработчикам, получив формат запросов на вычисления, использовать сервис в произвольных приложениях планирования. Формат запросов включает только числовые данные, а политика конфиденциальности

сервиса исключает передачу через Интернет и хранение на серверах любых смысловых привязок этих данных.

Интернет-сервис планирования расходов может эффективно использоваться как для планирования региональных и государственных бюджетов, так и для планирования бюджетов корпораций, малых и средних предприятий.

VIII. БИБЛИОГРАФИЯ

1. Куклин А. А., Коробков И. В. Выбор эффективной траектории социально-экономического развития региона // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, вып. 4. — С. 1145-1155. – DOI: 10.17059/2018-4-7.
2. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Production. – 2016. – Vol. 4, no. 7. – P. 11-32. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.
3. Birat J. Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling // Metallurgical Research and Technology. – 2015. – Vol. 112, no. 2. – P. 206. – DOI: 10.1051/metal/2015009.
4. Tapscott D. The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence. – New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1996. – 342 p.
5. Christensen C. M. The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail. – Boston, MA, USA: Harvard Business School Press, 1997. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46> (дата обращения: 5.07.2019).
6. Lasi H., Fettke P., Kemper HG. et al. Application-Pull and Technology-Push as Driving Forces for the Fourth Industrial Revolution // Bus Inf Syst Eng. – 2014. – Vol. 6, no. 4. – P. 239 – 242. – DOI:10.1007/s12599-014-0334-4.
7. Skog D. A., Wimelius H., Sandberg J. Digital Disruption // Bus Inf Syst Eng. – 2014. – Vol. 60, no. 5. – P. 431-437. – DOI: 10.1007/s12599-018-0550-4.
8. Li Lan-bing, Liu Bing-lian, Liu Wei-lin et al. Efficiency evaluation of the regional high-tech industry in China: A new framework based on meta-frontier dynamic DEA analysis // Socio-Economic Planning Sciences. – 2017. – Vol. 60, December 2017. – P. 26-33. – DOI: 10.1016/j.seps.2017.02.001.
9. Lien S. Y., Liao T. H., Kao C. Y. et al. Cooperative access class barring for machine-to-machine communications // IEEE Trans. Wireless Commun. – 2012. – Vol. 11, no. 1. – P. 27–32.
10. Kim R. Y. Efficient wireless communications schemes for machine to machine communications // Commun. Comput. Inf. Sci. – 2011. – Vol. 181, no. 3. – P. 313–323.
11. Armbrust M., Fox A., Griffith R. et al. A view of cloud computing // Communications of the ACM. – 2010. – Vol. 53, no. 4. – P. 50-58. – DOI 10.1145/1721654.1721672.
12. Wang L., Laszewski G., Younge A. et al. Cloud computing: a perspective study // New Generation Computing. – 2010. – No. 28. – P. 137-146. – DOI:10.1007/s00354-008-0081-5.

13. Rogers O., Cliff D. A financial brokerage model for cloud computing // *Journal of Cloud Computing*. – 2012. – Vol. 1, no. 1. – P. 1-12. – DOI: 10.1186/2192-113X-1-2.
14. Wei Y., Blake M. B. Service-oriented computing and cloud computing: challenges and opportunities // *IEEE Internet Computing*. – 2010. – No. 14. – P. 72-75.
15. Jede A., Teuteberg F. Understanding Socio-Technical Impacts Arising from Software-as-a-Service Usage in Companies // *Business & Information Systems Engineering*. – 2016. – Vol. 58, no. 3, – P. 161-176. – DOI 10.1007/s12599-016-0429-1.
16. Perera C., Liu C. H., Jayawardena S. The emerging Internet of Things marketplace from an industrial perspective: A Survey // *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*. – 2015. – Vol. 3, no. 4. – P. 585-598. – DOI: 10.1109/TETC.2015.2390034.
17. Илин А. В., Илин В. Д. Towards a Normalized Economic Mechanism Based on E-services // *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*. – 2014. – Vol. 6, no. 3. – P. 39–49. [Электронный ресурс]. URL: <http://online.agris.cz/archive/2014/3/4> (дата обращения: 5.07.2019).
18. Ильин В. Д. Основания ситуационной информатизации. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 180 с.
19. Куров Б. Н. Сравнение эффективности алгоритмов управления с учётом точности данных и реализации решений // *Управление большими системами*. – 2011. Вып. 34. – С. 279–291.
20. Илин А. В., Илин В. Д. Interval Planning the Supplies of Scarce Product // *Contemporary Engineering Sciences*. – 2015. – Vol. 8, no. 31, P. 1495–1498. DOI: 10.12988/ces.2015.59263.
21. Ильин А. В. Экспертное планирование ресурсов. – М.: ИПИ РАН, 2013. – 58 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27662070> (дата обращения: 5.07.2019).
22. Канторович Л. В. Математические методы организации и планирования производства. – Л.: ЛГУ, 1939. – 67 с.
23. Dantzig G. Programming of interdependent activities, Mathematical model // *Econometrica*. – 1949. – No. 17. – P. 200-211.
24. Karmarkar N. A new polynomial-time algorithm for linear programming // *Combinatorica*. – 1984. – No. 4. – P. 373-395.
25. Jamsa K. A. *Cloud Computing*. – Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2013. – 322 p.
26. Benlian A., Hess T., Buxmann P. Drivers of SaaS-Adoption – An Empirical Study of Different Application Types // *Business & Information Systems Engineering*. – 2009. – Vol. 1, no. 5. – P. 357-369. – DOI 10.1007/s12599-009-0068-x.
27. Ardagna D., Casale G., Ciavotta M. et al. Quality-of-service in cloud computing: modeling techniques and their applications // *Journal of Internet Services and Applications*. – 2014. – Vol. 5, no. 11. – DOI: 10.1186/s13174-014-0011-3.
28. Barrett R. *Planning and Budgeting for the Agile Enterprise: A driver-based budgeting toolkit*. – CIMA Publishing, 2007. – 240 p.

The technology of situational cost planning for socio-economic projects

Alexander V. Ilyin, Vladimir D. Ilyin

Abstract – The updated technology of situational cost planning is considered as a set of methods and means of monitoring the state of a socio-economic project, building and analyzing portraits of situations, forming a set of requirements for the desired cost plan, calculating and evaluating the solution options. Situational cost planning is considered as a linear one-resource allocation problem, where the resource to be allocated, the requests for expense items, and the components of the plan vector are represented by the numeric segments. The technology provides the possibility of setting priorities for expense items and arbitrary linear relationships for the components of the plan vector. The problem is formulated on the basis of mandatory and orienting requirements that determine the allocation of the money resource for expense items with an arbitrary number of detail levels. The mandatory requirements include restrictions on the expenditure of the expected sum, which determine the feasibility of the plan, and the requirements of non-redundancy in the satisfaction of expenditure requests. The orienting requirements determine the direction of search for solution with higher efficiency and feasibility indicators. Depending on composition of the requirements, the problem is solved either by the method of priority interval allocation, or by the method of target displacement of the solution. An important feature of the method of target displacement of the solution is the ability to obtain a realizable solution in cases of formal incompatibility of the restrictions system. A brief description of the working online cost planning service is given.

Keywords – resource support of the socio-economic project, technology of situational cost planning, mandatory and orienting requirements for the plan, linear one-resource allocation problem, method of priority interval allocation, method of target displacement of solution, online services in the environment of digital twins.

REFERENCES

1. Kuklin, A. A. & Korobkov I. V. 2018. Vybor effektivnoy traektorii social'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Selection of an Effective Trajectory of Regional Socio-Economic Development]. *Ekonomika Regiona [Economy of Region]*, 14(4), 1145-1155. DOI: 10.17059/2018-4-7.
2. Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati S. 2016. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 4(7), 11-32. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.
3. Birat, J. 2015. Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling. *Metallurgical Research and Technology*, 112(2), 206. DOI: 10.1051/metal/2015009.
4. Tapscott, D. 1996. *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 342 p.
5. Christensen, C. M. 1997. *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston, MA, USA: Harvard Business School Press. Available at: <http://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46> (accessed October 05, 2020).
6. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, HG. et al. 2014. Application-Pull and Technology-Push as Driving Forces for the Fourth Industrial Revolution. *Bus Inf Syst Eng.*, 6(4), 239-242. DOI:10.1007/s12599-014-0334-4.
7. Skog, D. A., Wimelius, H. & Sandberg J. 2014. Digital Disruption. *Bus Inf Syst Eng.*, 60(5), 431-437. DOI: 10.1007/s12599-018-0550-4.
8. Li, Lan-bing, Liu, Bing-lian, Liu, Wei-lin et al. 2017. Efficiency evaluation of the regional high-tech industry in China: A new framework based on meta-frontier dynamic DEA analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 60(December 2017), 26-33. DOI: 10.1016/j.seps.2017.02.001.
9. Lien, S. Y., Liao, T. H., Kao, C. Y. et al. 2012. Cooperative access class barring for machine-to-machine communications. *IEEE Trans. Wireless Commun.*, 11(1), 27-32.
10. Kim, R. Y. 2011. Efficient wireless communications schemes for machine to machine communications. *Commun. Comput. Inf. Sci.*, 181(3), 313–323.
11. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R. et al. 2010. A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58. DOI 10.1145/1721654.1721672.
12. Wang, L., Laszewski, G., Younge, A. et al. 2010. Cloud computing: a perspective study. *New Generation Computing*, 28, 137-146. DOI:10.1007/s00354-008-0081-5.
13. Rogers, O. & Cliff D. 2012. A financial brokerage model for cloud computing. *Journal of Cloud Computing*, 1(1), 1-12. DOI: 10.1186/2192-113X-1-2.
14. Wei, Y. & Blake M. B. 2010. Service-oriented computing and cloud computing: challenges and opportunities. *IEEE Internet Computing*, 14, 72-75.
15. Jede, A. & Teuteberg F. 2016. Understanding Socio-Technical Impacts Arising from Software-as-a-Service Usage in Companies. *Business & Information Systems Engineering*, 58(3), 161-176. DOI 10.1007/s12599-016-0429-1.
16. Perera, C., Liu, C. H. & Jayawardena S. 2015. The emerging Internet of Things marketplace from an industrial perspective: A Survey. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 3(4), 585-598. DOI: 10.1109/TETC.2015.2390034.
17. Ilyin, A. V. & Ilyin V. D. 2014. Towards a Normalized Economic Mechanism Based on E-services. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 6(3), 39–49. Available at: http://online.agris.cz/files/2014/agris_on-line_2014_3_ilyin_ilyin.pdf (accessed October 05, 2020).

18. Ilyin, V. D. 1996. Osnovaniya situacionnoy informatizacii [Foundations of situational informatization], Moscow: Nauka. Fizmatlit, 180 p.

19. Kurov, B. N. 2011. Sravnenie effektivnosti algoritmov upravleniya s uchyotom tochnosti dannyh i realizacii resheniy [Comparison of control algorithms efficiency taking into account data accuracy and solutions implementation]. Upravlenie bol'shimi sistemami [UBS], 34, 279–291.

20. Ilyin A. V., Ilyin V. D. 2015. Interval Planning the Supplies of Scarce Product. Contemporary Engineering Sciences, 8(31), 1495–1498. DOI: 10.12988/ces.2015.59263.

21. Ilyin, A. V. 2013. Ekspertnoe planirovanie resursov [Expert resource planning]. Moscow: IPI RAN [Institute of Informatics Problems], 58 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27662070> (accessed October 05, 2020).

22. Kantorovich, L. V. 1939. Matematicheskie metody organizacii i planirovaniya proizvodstva [Mathematical methods of organizing and planning production]. Leningrad: LGU [Leningrad State University], 67 p.

23. Dantzig, G. 1949. Programming of interdependent activities, Mathematical model. Econometrica, 17, 200-211.

24. Karmarkar, N. 1984. A new polynomial-time algorithm for linear programming. Combinatorica, 4, 373-395.

25. Jamsa K. A. 2013. Cloud Computing. – Burlington: Jones & Bartlett Learning, 322.

26. Benlian, A., Hess, T. & Buxmann P. 2009. Drivers of SaaS-Adoption – An Empirical Study of Different Application Types. Business & Information Systems Engineering, 1(5), 357-369. DOI: 10.1007/s12599-009-0068-x.

27. Ardagna, D., Casale, G., Ciavotta, M. et al. 2014. Quality-of-service in cloud computing: modeling techniques and their applications. Journal of Internet Services and Applications, 5(11). DOI: 10.1186/s13174-014-0011-3.

28. Barrett, R. 2007. Planning and Budgeting for the Agile Enterprise: A driver-based budgeting toolkit. CIMA Publishing, 240 p.

A.V. Ilyin. Candidate of Science (PhD) in technology, State Research Institute of Aviation Systems, 7 Viktorenko str., Moscow, 125319, Russia, e-mail: ilyin@res-plan.com.

V.D. Ilyin. Doctor of Science in technology, Professor, A. A. Dorodnicyn Computing Center, Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences, 40 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia, e-mail: vdilyin@yandex.ru (corresponding author).