

Компоненты и функциональность программного средства моделирования структуры импортозамещения

Ф.Н. Абу-Абед ¹✉, С.А. Жиронкин ²

¹ Тверской государственный технический университет, г. Тверь, 170026, Россия

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Россия

Ссылка для цитирования

Абу-Абед Ф.Н., Жиронкин С.А. Компоненты и функциональность программного средства моделирования структуры импортозамещения // Программные продукты и системы. 2024. Т. 37. № 3. С. 402–411. doi: 10.15827/0236-235X.142.402-411

Информация о статье

Группа специальностей ВАК: 2.3.1

Поступила в редакцию: 13.05.2024

После доработки: 10.06.2024

Принята к публикации: 17.06.2024

Аннотация. Предметом данного исследования являются создание основных компонентов средства для моделирования структуры импортозамещения в российской экономике и определение его функциональности. Актуальность заключается в отсутствии на сегодняшний день программных аналогов и разработок на отечественном рынке ИТ для решения поставленной задачи. Для исследования применяются методы системного анализа, имитационного моделирования, визуального проектирования и объектно-ориентированного программирования. Моделирование выпуска продукции для внутреннего рынка требует поиска оптимального сочетания значений объемов факторов производства (капитала и труда) и их эффективности. Для этого необходимо создать программное средство, которое отражает математическую модель импортозамещения, основанную на его целевой функции, и связывает различные классы, БД и пользовательский интерфейс. В настоящей статье приведены основные классы, каждый из которых играет определенную роль в расчетах и моделировании импортозамещения, исследуется их взаимодействие, представленное в виде диаграммы. В разработанном приложении через методы классов выполняются команды и процедуры; представлен алгоритм взаимодействия пользователя с приложением. Предложенная БД приложения включает в себя таблицы переменных, необходимых для определения значений целевой функции (количество отраслей и продуктов, массивы стоимости основного капитала и количества работников, изменения фондоотдачи и производительности труда и прочее) и результатов (искомых отраслевых объемов инвестиций, занятости и выпуска). Интерфейс приложения дает пользователю возможность рассчитать значения целевой функции структуры импортозамещения, используя кнопки, открывающие диалоговые окна для ввода значений и запуска расчетов. Научная новизна заключается в получении результатов, позволяющих оптимизировать решение важной задачи в контексте регулирования национальной экономики – в моделировании структуры импортозамещения в условиях усиления внешних шоков и технологических ограничений.

Ключевые слова: математическая модель, программное средство, структура, классы, пользовательский интерфейс, команды и процедуры, БД, импортозамещение

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01423, <https://rscf.ru/project/23-28-01423/>

Введение. Моделирование структуры импортозамещения в российской экономике представляет собой задачу, решаемую с помощью не только экономическо-математических, но информационно-технологических методов, в контексте поиска оптимальных решений по перераспределению инвестиций, рабочей силы, промежуточного продукта между отраслями.

Разработанные ранее подходы к моделированию импортозамещения основаны на целевой функции выпуска продукции для внутреннего рынка (по критерию оптимизации для достижения его максимума), в качестве аргументов которой предлагаются:

– конкурентоспособность отечественной продукции и производительность отраслевых предприятий по ее выпуску [1];

– зависимость экономики от импорта определенной продукции, объемы ее производства и затраты на выпуск внутри страны [2];

– промежуточное и конечное потребление импорта в экономике, выпуск отечественными предприятиями [3];

– выпуск в доминирующей модели российских рынков – монополий, их фондовооруженность, производительность и капиталотдача [4];

– дополнительные налоги, получаемые государством от предприятий, участвующих в импортозамещении, увеличение заработной платы и социальных выплат в целом по экономике, количество новых рабочих мест [5].

В зарубежной литературе моделирование импортозамещения рассматривается с позиции оптимизации общего равновесия при измене-

нии соотношения экспорта и импорта [6], изменения импорта и внутреннего отраслевого выпуска в ответ на изменения внутренних цен [7], выпуска в ресурсовозобновляемом и невозобновляемом секторах экономики [8], выгод и издержек от протекционизма [9].

В целом в литературе преобладают подходы к моделированию импортозамещения, в основе которых лежат переменные, характеризующие экономическую динамику (затраты, выпуск, налоги, импорт, экспорт и пр.). Такие модели достаточно изучены, и нахождение значений их целевых функций представляется сравнительно простым. В свою очередь, в условиях интенсивного воздействия внешних шоков (таких как санкции и эмбарго) на российскую экономику традиционные динамические модели теряют эффективность, поскольку доступ к ряду ресурсов значительно сокращается, а затраты на выпуск продукции для внутреннего рынка растут, что снижает конкурентоспособность – важный аргумент во многих подходах.

Поэтому, учитывая потери российской экономики от санкций, в данной работе предлагается более соответствующий проблеме подход к моделированию импортозамещения, основанный на оптимизации ее структуры. Следует отметить, что исследований, посвященных разработке программных продуктов в данной области, мало, исключением можно считать разработку алгоритмов [10, 11] и предложение модулей оптимального межотраслевого распределения ресурсов [12].

В связи с этим целесообразно создание программного продукта для модели структуры импортозамещения, целевая функция которой имеет два основных аргумента – объемы и эффективность использования труда и капитала как главных факторов производства (новые технологии учитываются как константа [13], а изменения в уровне образования работников – как экзогенный параметр [14]).

Модели и методы

Целевая функция в модели структуры импортозамещения. С учетом сказанного на уровне производства одного продукта на одном предприятии целевая функция модели структуры импортозамещения будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} C_x = \gamma FC \times \Delta CP + \lambda C_r + \varepsilon, \\ L_x = \Delta X \times Q_f \times LP^{-1} + \omega N + \varepsilon, \\ Q_x = \lambda C_x^\lambda + \theta L_x^{\Delta LP}, \end{cases} \quad (1)$$

где C_x – функция инвестиций для импортозамещения с учетом прироста новых технологий и воздействия внешних шоков на отечественный рынок капитала; FC – стоимость основного капитала на предприятии, занятого выпуском одного продукта; L_x – функция трудовых ресурсов для импортозамещения с учетом изменения доли отечественной продукции ΔX , заданной в отраслевых программах; Q_x – функция выпуска продукции с учетом двух факторов – труда и капитала (производственная функция); λ – показатель прироста производимого продукта от внедрения передовых производственных технологий (технологический мультипликатор); γ – показатель, учитывающий воздействие внешних шоков (в т.ч. санкций) на основные средства (потребность в дополнительных инвестициях): потери от ухода иностранных компаний, от ограничения доступа на мировой рынок капитала, от технологических ограничений; ε – ошибки регрессионных вычислений: $\varepsilon \sim N(0, \Sigma)$, где Σ – ковариационная матрица ошибок ε_t [15], в данной модели равная 0; LP – производительность труда; ΔLP – изменение производительности труда за счет внедрения новых передовых производственных технологий в процессе импортозамещения; ω – показатель потерь рынка труда вследствие внешних шоков (дополнительная потребность в рабочей силе); N – число работников, занятых в производстве продукта в целях импортозамещения; Θ – экзогенный параметр, учитывающий потребность в развитии профессионального образования в условиях внешних шоков и технологических ограничений.

Применительно к модели отраслевой структуры импортозамещения в национальной экономике целевая функция модели структуры импортозамещения для выпуска в отрасли i продукта j может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} C_x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma FC_{ij} \times \Delta CP_{ij} + \lambda C_{r_{ij}} + \varepsilon, \\ L_x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta X_{ij} \times Q_{f_{ij}} \times LP^{-1} + \omega N_{ij} + \varepsilon, \\ Q_{x_{ij}} = \lambda C_{x_{ij}}^\lambda + \theta L_{x_{ij}}^{\Delta LP}, \end{cases} \quad (2)$$

где n – конечное число отраслей i в экономике, занятых в импортозамещении; FC_{ij} – стоимость основного капитала отрасли i , занятой в выпуске продукта j ; ΔCP_{ij} – изменение фондотдачи в отрасли i по выпуску продукта j ; $C_{r_{ij}}$ – объем инвестиций в отрасли i , необходимый

для импортозамещения продукта j ; ΔX_{ij} – изменение доли продукта j отрасли i на внутреннем рынке; Q_{r_j} – текущий (фактический) объем выпуска продукта j в отрасли i ; N_{ij} – число работников отрасли i , занятых в импортозамещении продукта j ; C_{x_j} – функция инвестиций для импортозамещения продукта j в отрасли i ; L_{x_j} – функция трудовых ресурсов для импортозамещения продукта j в отрасли i ; Q_{x_j} – производственная функция для импортозамещения продукта j в отрасли i .

Далее описаны значения нормированного весового показателя факторов, определяющих их значимость, которые были определены в ходе построения матрицы критериев n (конечное значение количества видов структуры импортозамещения) и m (количество видов шоков).

γ – эндогенный показатель, учитывающий воздействие внешних шоков (в том числе санкций) на основные средства – потребность в дополнительных инвестициях: потери от ухода иностранных компаний – эндогенный фактор шокового воздействия на воспроизводственную структуру, $a_{ij} = 0,170$; потери от ограничения доступа на мировой рынок капитала – эндогенный фактор воздействия шоков на структуру факторов производства, $a_{ij} = 0,044$; потери от технологических ограничений – эндогенный фактор шокового воздействия на технологическую структуру, $a_{ij} = 0,325$.

Авторы использовали среднее квадратичное отклонение для усреднения весовых показателей воздействия шоков и санкций на инвестирование основных средств предприятий, занятых в импортозамещении, при котором $\gamma = 1 + a_{ij}^{cp.kb} = 1 + 0,149 = 1,149$.

λ – экзогенный показатель прироста производимого продукта от внедрения передовых производственных технологий (технологический мультипликатор) – экзогенный фактор шокового воздействия на технологическую структуру, $a_{ij} = 0,139$. Тогда $\lambda = 1 + a_{ij} = 1,139$.

ω – экзогенный показатель потерь рынка труда вследствие внешних шоков (дополнительная потребность в рабочей силе вследствие внешних санкций и утечки мозгов и рук), $a_{ij} = 0,68$. Тогда $\omega = 1 + a_{ij} = 1,68$.

Θ – экзогенный параметр, учитывающий потребность в развитии профессионального образования в условиях внешних шоков и технологических ограничений, $a_{ij} = 0,136$. Тогда $\Theta = 1 + a_{ij} = 1,136$.

Описание документации вычислительного обеспечения представленной выше модели

предназначено для пользователей, которые хотят понять структуру, функции и взаимодействие классов и модулей программного средства, разработанного для решения задачи межотраслевого распределения факторов производства (труда и капитала) в условиях внешних шоков с целью импортозамещения.

Разработка программного и алгоритмического обеспечения

Классы и структура их связей. Программное средство состоит из нескольких основных классов, каждый из которых играет определенную роль в расчетах и моделировании.

Класс *Constants* отвечает за хранение и управление константами, используемыми в расчетах. Константы включают в себя такие параметры, как погрешность регрессионных вычислений (`_epsilon`), показатель влияния внешних шоков на основные средства (`_gamma`), показатель прироста производимого продукта от внедрения новых технологий (`_lambda`), показатель потерь рынка труда вследствие внешних шоков (`_omega`) и потребность в развитии профессионального образования (`_teta`). Эти параметры могут быть заданы или изменены пользователем через методы класса.

```
class Constants:
    """
    Класс с константами
    """

    def __init__(self):
        self._epsilon = 0
        self._gamma = 1.149
        self._lambda = 1.139
        self._omega = 1.068
        self._teta = 1.136

    def set_epsilon(self, new_value:
float) -> None:
        """
        Задать эпсилон
        :param new_value: новое значение
        """
        self._epsilon = new_value

    def set_gamma(self, new_value:
float):
        """
        Задать гамма
        :param new_value: новое значение
        """
        self._gamma = new_value

    def set_lambda(self, new_value:
float):
        """
```

```

        Задать лямбда
        :param new_value: новое значение
        """
        self._lambda = new_value

    def set_omega(self, new_value:
float):
        """
        Задать омега
        :param new_value: новое значение
        """
        self._omega = new_value

    def set_teta(self, new_value: float):
        """
        Задать тета
        :param new_value: новое значение
        """
        self._teta = new_value

```

Класс *Variables* предназначен для хранения переменных, необходимых для расчетов. В него входят такие переменные, как количество отраслей (n), количество продуктов (m), массивы стоимости основного капитала (FC_array), изменения фондоотдачи ($delta_CP_array$), изменения фондоотдачи на уровне отрасли (C_r_array), изменения доли отечественного продукта ($delta_X_array$), фактический объем выпуска продукции (Q_f_array), количество работников (N_array), производительность труда (lp) и изменение производительности труда ($delta_lp$). Класс также содержит массивы для хранения результатов расчетов C_x , L_x и Q_x .

```

class Variables:
    """
    Класс переменных для расчета
    """
    def __init__(self, **kwargs):
        self.n = kwargs.get('n')
        self.m = kwargs.get('m')
        self.FC_array =
= kwargs.get('FC_array')
        self.delta_CP_array =
= kwargs.get('delta_CP_array')
        self.C_r_array =
= kwargs.get('C_r_array')
        self.delta_X_array =
= kwargs.get('delta_X_array')
        self.Q_f_array =
= kwargs.get('Q_f_array')
        self.N_array = kwargs.get('N_array')
        self.lp = kwargs.get('lp')
        self.delta_lp =
kwargs.get('delta_lp')

        # Инициализация массивов в этом
        классе
        self.C_x_array = [[0 for _ in
range(self.m)] for _ in range(self.n)]
        self.L_x_array = [[0 for _ in
range(self.m)] for _ in range(self.n)]
        self.Q_x_array = [[0 for _ in
range(self.m)] for _ in range(self.n)]

```

Для вычисления массива C_x используется класс *C_x_calculator*. Этот класс включает метод `_calculate_C_x_array`, который выполняет необходимые расчеты на основе значений констант и переменных. Метод `get_result` возвращает результат вычислений.

```

class C_x_calculator:
    """
    Класс подсчета массива C_x
    """
    def __init__(self, constants_obj:
Constants, variables_obj: Variables):
        self.C_x_result = self._calcula
te_C_x_array(constants_obj, varia
bles_obj)

    def _calculate_C_x_array(self, con
stants_obj, variables_obj):
        """
        Посчитать массив C_x
        """
        for i in range(variables_obj.n):
            for j in range(varia
bles_obj.m):
                # Вычисляем значение для
                текущего элемента массива
                value = con
stants_obj._gamma * varia
bles_obj.FC_array[i][j] * varia
bles_obj.delta_CP_array[i][
j] + con
stants_obj._lambda * \
                varia
bles_obj.C_r_array[i][j] + con
stants_obj._epsilon
                # Запишем вычисленное
                значение в элемент массива
                variables_obj.C_x_ar
ray[i][j] = value

            return variables_obj.C_x_array

    def get_result(self) ->
List[List[float]]:
    """
    Вернуть результат
    :return: массив
    """
    return self.C_x_result

```

Аналогично класс *L_x_calculator* выполняет вычисления для массива L_x с помощью метода `_calculate_L_x_array` и предоставляет результаты через метод `get_result`.

```

class L_x_calculator:
    """
    Класс подсчета массива L_x
    """
    def __init__(self, constants_obj:
Constants, variables_obj: Variables):
        self.L_x_result = self._calcu

```

```

late_L_x_array(constants_obj, variables_obj)

def _calculate_L_x_array(self, constants_obj: Constants, variables_obj: Variables):
    """
    Посчитать массив L_x
    """
    for i in range(variables_obj.n):
        for j in range(variables_obj.m):
            # Вычисляем значение для
            # текущего элемента массива
            value = variables_obj.delta_X_array[i][j] * variables_obj.Q_f_array[i][j] * variables_obj.lp ** (
                -1) + constants_obj._omega * \
                variables_obj.N_array[i][j] + constants_obj._epsilon
            # Запишем вычисленное
            # значение в элемент массива
            variables_obj.L_x_array[i][j] = value

    return variables_obj.L_x_array

def get_result(self) -> List[List[float]]:
    """
    Вернуть результат
    :return: массив
    """
    return self.L_x_result

```

Класс *Q_x_calculator* отвечает за вычисление массива Q_x, используя метод *_calculate_Q_x_array* и предоставляя результаты через метод *get_result*.

```

class Q_x_calculator:
    """
    Класс подсчёта массива Q_x
    """
    def __init__(self, constants_obj: Constants, variables_obj: Variables):
        self.Q_x_result = self._calculate_Q_x_array(constants_obj, variables_obj)

    def _calculate_Q_x_array(self, constants_obj: Constants, variables_obj: Variables):
        """
        Посчитать массив Q_x
        """
        for i in range(variables_obj.n):
            for j in range(variables_obj.m):
                # Вычисляем значение для
                # текущего элемента массива
                value = con-

```

```

stants_obj._lambda * variables_obj.C_x_array[i][j] ** constants_obj._lambda + constants_obj._teta * variables_obj.L_x_array[i][j] ** variables_obj.delta_lp
        # Запишем вычисленное
        # значение в элемент массива
        variables_obj.Q_x_array[i][j] = value

    return variables_obj.L_x_array
def get_result(self) -> List[List[float]]:
    """
    Вернуть результат
    :return: массив
    """
    return self.Q_x_result

```

Для координации выполнения всех расчетов служит класс *FormulaSolve*. Он управляет процессом решения целевой функции модели структуры импортозамещения. В его методы входят *_solve*, который выполняет необходимые вычисления, и методы *get_C_x*, *get_L_x*, *get_Q_x* для получения результатов соответствующих массивов.

```

class FormulaSolve:
    """
    Класс решения целевой функции модели
    структуры импортозамещения
    """
    def __init__(self, constants_obj: Constants, variables_obj: Variables):
        self.C_x_obj = None
        self.L_x_obj = None
        self.Q_x_obj = None

        self._solve(constants_obj, variables_obj)

    def _solve(self, constants_obj: Constants, variables_obj: Variables):
        """
        Посчитать целевую функцию
        """
        self.C_x_obj = C_x_calculator(constants_obj, variables_obj)
        self.L_x_obj = L_x_calculator(constants_obj, variables_obj)
        self.Q_x_obj = Q_x_calculator(constants_obj, variables_obj)

    def get_C_x(self) -> List[List[float]]:
        """
        Получить массив C_x
        :return: двумерный массив
        """

```

```

return self.C_x_obj.get_result()

def get_L_x(self) ->
List[List[float]]:
    """
    Получить массив L_x
    :return: двумерный массив
    """
    return self.L_x_obj.get_result()

def get_Q_x(self) ->
List[List[float]]:
    """
    Получить массив Q_x
    :return: двумерный массив
    """
    return self.Q_x_obj.get_result()
    
```

Взаимодействие классов. Пользователь задает через интерфейс значения констант и переменных, которые затем передаются в соответствующие классы Constants и Variables. После этого классы C_x_calculator, L_x_calculator и Q_x_calculator выполняют необходимые расчеты. Результаты расчетов координируются и сохраняются классом FormulaSolve. Взаимодействие классов отражено на рисунке 1.

Формат команд и процедур. Команды и процедуры в приложении выполняются через методы классов. Пользователь взаимодействует с приложением через графический интерфейс, который вызывает соответствующие методы для выполнения расчетов и отображения результатов. Работа алгоритма в виде блок-схемы представлена на рисунке 2.

Работа СУБД. Используемая в приложении БД состоит из двух основных таблиц – variables и results. Таблица variables хранит переменные, используемые в расчетах, такие как количество отраслей (n), количество продуктов (m), массивы стоимости основного капитала (FC_array), изменения фондоотдачи (delta_CP_array), изменения фондоотдачи на уровне отрасли (C_r_array), изменения доли отечественного продукта (delta_X_array), фактический объем выпуска продукции (Q_f_array), количество работников (N_array), производительность труда (lp) и изменение производительности труда (delta_lp). Каждая запись в таблице variables идентифицируется уникальным идентификатором.

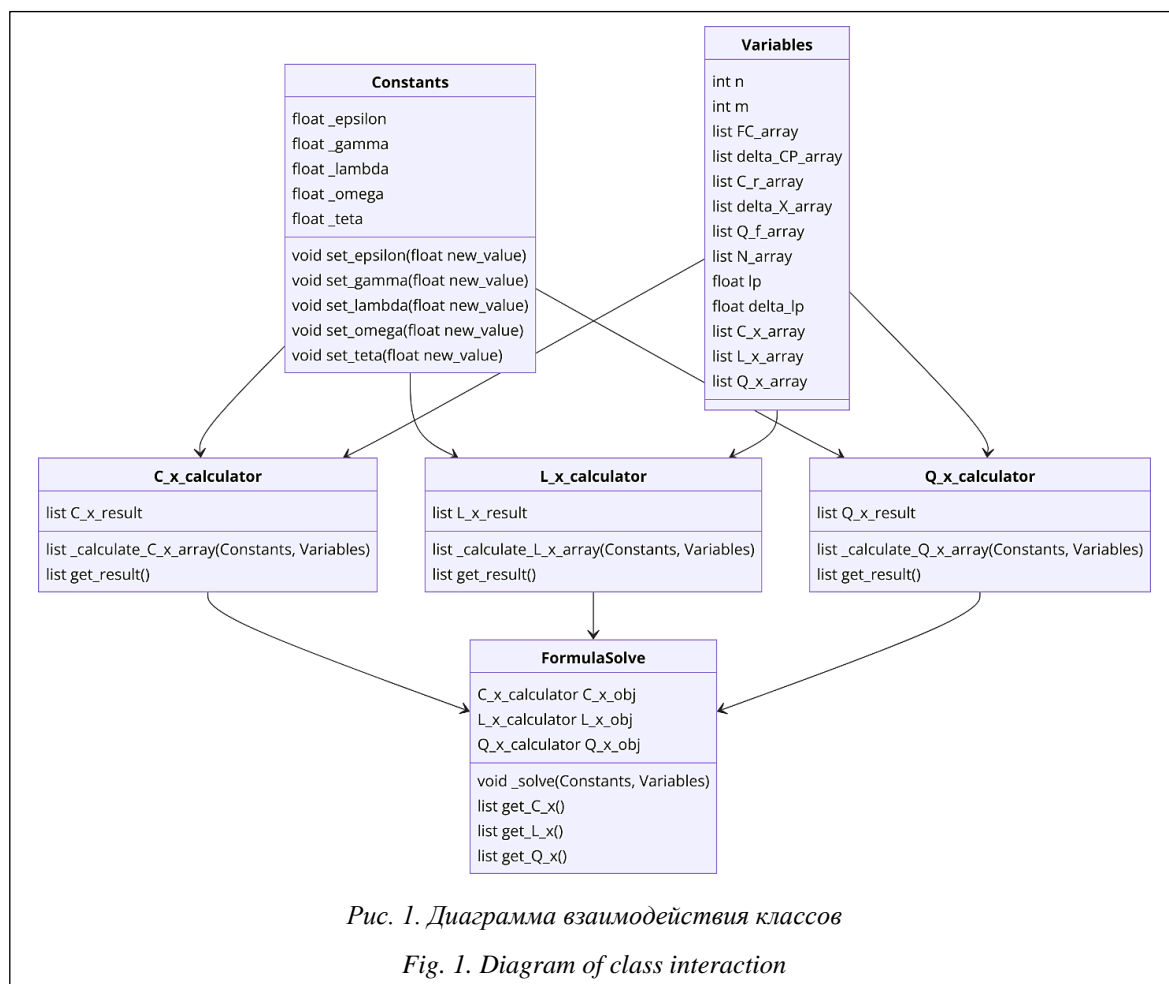
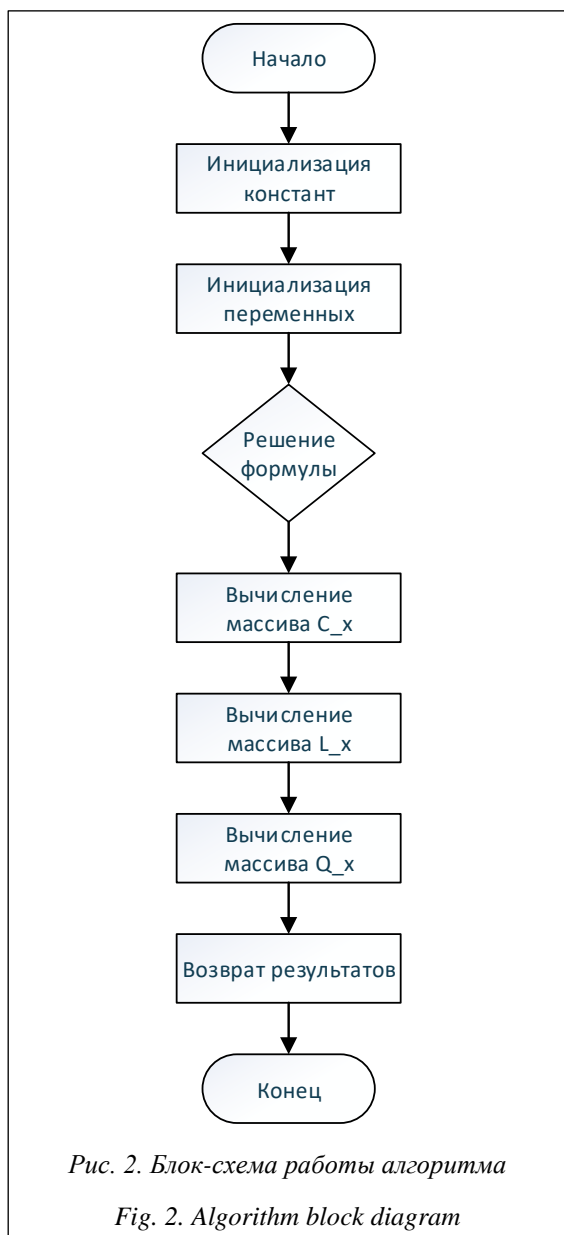


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия классов

Fig. 1. Diagram of class interaction



ром (uid) (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2024-3/15.jpg>).

Таблица results хранит результаты расчетов, такие как массивы C_x , L_x и Q_x . Эти результаты связываются с соответствующими переменными через uid (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2024-3/16.jpg>).

Связь между таблицами обеспечивается использованием uid, что позволяет отслеживать все вычисления, связанные с конкретным набором переменных.

Результаты разработки

Основная функция приложения. Основная функция приложения заключается в мо-

делировании структуры импортозамещения в условиях внешних шоков. Это позволяет пользователям оценивать воздействие различных факторов на производственные процессы и планировать необходимые изменения для повышения эффективности импортозамещения.

Алгоритм работы приложения. Работа приложения начинается с ввода данных пользователем через графический интерфейс. Пользователь вводит значения переменных и констант, таких как количество отраслей, количество продуктов, значения массивов стоимости основного капитала, изменения фондоотдачи, фактический объем выпуска продукции и количество работников. Введенные данные сохраняются в таблице variables БД.

После ввода всех необходимых данных пользователь нажимает кнопку для запуска расчетов. Программа выполняет расчеты, используя методы классов $C_x_calculator$, $L_x_calculator$ и $Q_x_calculator$. Результаты расчетов сохраняются в таблице results БД и связываются с соответствующими переменными через uid.

Результаты расчетов отображаются на экране в виде таблиц и графиков. Пользователь может просмотреть массивы C_x , L_x и Q_x , а также другие производные данные. Интерфейс предоставляет возможность визуализации данных для удобства анализа.

Графический интерфейс. Графический интерфейс приложения состоит из нескольких основных компонентов, обеспечивающих удобный ввод данных, запуск расчетов и просмотр результатов (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2024-3/17.jpg>).

Пользователь вводит значения переменных и констант через соответствующие поля ввода. Например, он может ввести количество отраслей (n) и количество продуктов (m), а также значения массивов стоимости основного капитала, изменения фондоотдачи, изменения доли отечественного продукта, фактического объема выпуска продукции и количества работников. Для каждого массива предусмотрены кнопки, открывающие диалоговые окна для ввода значений (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2024-3/21.jpg>).

После ввода всех данных пользователь подтверждает ввод и нажимает кнопку для запуска расчетов. Результаты расчетов отображаются на экране в виде таблиц и графиков, что позволяет пользователю анализировать данные и принимать решения на основе полученной информации.

Таблицы отображают результаты расчетов массивов C_x , L_x и Q_x , а графики визуально представляют эти данные для удобства анализа.

Заключение

Математическое моделирование структуры импортозамещения на основе определения оптимальных пропорций двух факторов производства – труда и капитала, а также их эффективности (производительности и фондоотдачи) дает возможность преодолеть те ограничения моделей импортозамещения, учитывающих динамические характеристики производства (выпуск, затраты, субсидии и пр.), которые усиливаются в периоды действия внешних шоков, таких как санкционные ограничения. Для этого в статье предложен подход к созданию программного средства, предназначенного для моделирования инвестиций и занятости, выпуска в импортозамещающих отраслях, включающего ряд основных классов (в том числе

класс решения целевой функции модели структуры импортозамещения), диаграмму, отражающую порядок их взаимодействия, алгоритм вызова соответствующих методов для выполнения расчетов и отображения результатов, а также систему управления БД.

Разработанный алгоритм работы приложения предусматривает ввод данных – переменных и констант – через графический интерфейс, запуск расчетов, сохранение результатов и вывод их на экран в виде графиков и таблиц. С учетом этого предложенное программное средство может быть использовано в процессе создания отраслевых программ импортозамещения и их корректировки в условиях усиления внешних шоков, а также для гармонизации федеральных и региональных направлений промышленной политики.

Дальнейшее направление исследования связано с развитием СУБД, отражающих результаты воздействия внешних шоков на структуру и масштаб импортозамещения.

Список литературы

1. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое моделирование импортозамещения // Вестн. евразийской науки. 2022. Т. 14. № 3. С. 1–9.
2. Стрижкова Л.А. Использование таблиц «затраты–выпуск» при оценке зависимости российской экономики от импорта и процессов импортозамещения // Вопросы статистики. 2016. № 5. С. 3–22.
3. Моисеев Н.А., Внуков И.А., Сокерин П.О. Оценка эффектов различных вариантов импортозамещения методом «затраты–выпуск» на примере Российской Федерации // Экономика и математические методы. 2023. Т. 59. № 1. С. 30–47. doi: 10.31857/S042473880024869-4.
4. Кутернин М.И. Моделирование комплексного процесса импортозамещения и модернизации экономики страны при управлении через ее естественные монополии // Вестн. университета. 2017. № 9. С. 39–44.
5. Палаш С.В. Моделирование экономических эффектов импортозамещения в обрабатывающей промышленности Российской Федерации // Науч.-технич. ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12. № 1. С. 59–69.
6. Clements K.W., Mariano M.J.M., Verikios G. Foreign-domestic substitution, import penetration and CGE modeling. *Applied Economics*, 2021, vol. 53, no. 35, pp. 4080–4099. doi: 10.1080/00036846.2021.1897072.
7. Енина Е.С. Модель вовлечения в процесс импортозамещения: маркетинговый подход // Экономика и управление. 2022. Т. 28. № 9. С. 905–911. doi: 10.35854/1998-1627-2022-9-905-911.
8. Nurkomariyah S., Vierke I.M. Import substitution in circular economy perspective: A study on textile and apparel industry. *IJSSHR*, 2023, vol. 6, no. 12, pp. 12–33. doi: 10.47191/ijsshr/v6-i12-33.
9. Cherif R., Hasanov F. The pitfalls of protectionism: Import substitution vs. export-oriented industrial policy. *ICT*, 2024, vol. 24, art. 14. doi: 10.1007/s10842-024-00414-9.
10. Кордюков Р.Ю., Домира Р.В., Иванова А.В., Абу-Абед Ф.Н., Мартынов Д.В. Модель и алгоритмизация оптимизационной задачи о назначениях в условиях дополнительных ограничений // Программные продукты и системы. 2016. Т. 29. № 2. С. 16–22. doi: 10.15827/0236-235X.114.016-022.
11. Моисеев Н.А., Ахмадеев Б.А. Алгоритм оценки импортозамещения на основе таблиц затрат–выпуска // Вестн. РЭА им. Г.В. Плеханова. 2021. № 3. С. 117–129. doi: 10.21686/2413-2829-2021-3-117-129.
12. Абу-Абед Ф.Н., Жиронкин С.А. Моделирование структуры импортозамещения на базе модели системы оптимального распределения // Программные продукты и системы. 2023. Т. 36. № 4. С. 644–653. doi: 10.15827/0236-235X.144.644-653.
13. Саидзода И.М., Ризоев С.С. Компьютерное исследование производственной функции Кобба–Дугласа с использованием электронной таблицы MS Excel // Вестн. ТГПУ. 2022. № 2. С. 80–85.
14. Сазонов А.А., Сазонова М.В. Выявление свойств экзогенности в моделях прогнозирования экономического роста // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2016. № 24. С. 176–180.
15. Коротких О. Межстрановая BVAR-модель внешнего сектора // Деньги и кредит. 2020. Т. 79. № 4. С. 98–112. doi: 10.31477/tjmf.202004.98.

Components and functionality of a software tool for modelling an import substitution structure

Fares N. Abu-Abed ¹✉, Sergey A. Zhironkin ²

¹Tver State Technical University, Tver, 170026, Russian Federation

²National Research Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, 634050, Russian Federation

For citation

Abu-Abed, F.N., Zhironkin, S.A. (2024) 'Components and functionality of a software tool for modelling an import substitution structure', *Software & Systems*, 37(3), pp. 402–411 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.142.402-411

Article info

Received: 13.05.2024

After revision: 10.06.2024

Accepted: 17.06.2024

Abstract. The subject of this research is creating the main components of a tool for modelling an import substitution structure in the Russian economy and determining its functionality. The research is relevant due to the lack of software analogues and developments in the domestic IT market to solve the task. The authors apply the methods of system analysis, simulation modelling, visual design and object-oriented programming as research methods. Modelling the output of products for the domestic market requires finding the optimal combination of the volume values of production factors (capital and labour) and their efficiency. For this purpose, it is necessary to create a software tool that reflects a mathematical model of import substitution based on its target function and links various classes, databases and user interface. This paper summarizes the main classes, each of which plays a certain role in calculating and modelling of import substitution, explores their interaction presented as a diagram. The developed application executes commands and procedures through class methods; there is an algorithm of user interaction with the application. The proposed application database includes tables of variables necessary for determining the target function values (the number of industries and products, arrays of the cost of fixed capital and the number of employees, changes in stock returns and labour productivity, etc.) and results (the desired sectoral volumes of investment, employment and output). The application interface allows the user to calculate the values of the target function of an import substitution structure by using buttons that open dialogue windows for entering values and starting calculations. The scientific novelty consists in obtaining results that allow optimizing the solution of an important problem in the context of national economy regulation – in modelling an import substitution structure under the conditions of increasing external shocks and technological constraints.

Keywords: structure, mathematical model, software tool, classes, user interface, commands and procedures, database, import substitution

Acknowledgements. The study was supported by the Russian Science Foundation grant no. 23-28-01423, <https://rscf.ru/project/23-28-01423/>

References

1. Urazaeva, L.Yu., Galimov, I.A. (2022) 'Mathematical modeling of import substitution', *The Eurasian Scientific J.*, 14(3), pp. 1–9 (in Russ.).
2. Strizhkova, L.A. (2016) 'Using "input–output" tables in estimating the dependence of Russian economy on import and import substitution processes', *Bull. of Statistics*, (5), pp. 3–22 (in Russ.).
3. Moiseev, N.A., Vnukov, I.A., Sokerin, P.O. (2023) 'Evaluation of the effects from various ways of import substitution "input–output" method: Evidence from the Russian Federation', *Economics and Mathematical Methods*, 59(1), pp. 30–47 (in Russ.). doi: 10.31857/S042473880024869-4.
4. Kuternin, M.I. (2017) 'Modeling of the import substitution and national economy modernization complex process with a management through the natural monopolies of the country', *Vestn. Univ.*, (9), pp. 39–44 (in Russ.).
5. Palash, S.V. (2019) 'Modeling the economic effects of import substitution in Russian manufacturing industry', *SPbSTU J. Economics*, 12(1), pp. 59–69 (in Russ.).
6. Clements, K.W., Mariano, M.J.M., Verikios, G. (2021) 'Foreign-domestic substitution, import penetration and CGE modelling', *Applied Economics*, 53(35), pp. 4080–4099. doi: 10.1080/00036846.2021.1897072.
7. Enina, E. (2022) 'Model of involvement in import substitution: A marketing approach', *Economics and Management*, 28(9), pp. 905–911 (in Russ.). doi: 10.35854/1998-1627-2022-9-905-911.
8. Nurkomariyah, S., Vierke, I.M. (2023) 'Import substitution in circular economy perspective: A study on textile and apparel industry', *IJSSHR*, 6(12), pp. 12–33. doi: 10.47191/ijsshr/v6-i12-33.
9. Cherif, R., Hasanov, F. (2024) 'The pitfalls of protectionism: Import substitution vs. export-oriented industrial policy', *JICT*, 24, art. 14. doi: 10.1007/s10842-024-00414-9.
10. Kordyukov, R.Yu., Dopira, R.V., Ivanova, A.V., Abu-Abed, F.N., Martynov, D.V. (2016) 'A model and algorithmization of the assignment problem under additional constraints', *Software & Systems*, 29(2), pp. 16–22 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.114.016-022.
11. Moiseev, N.A., Akhmadeev, B.A. (2021) 'Algorithm of estimating import-substitution based on costs – output tables', *Bull. of the Russian Plekhanov University of Economics*, 3(117), pp. 117–129 (in Russ.). doi: 10.21686/2413-2829-2021-3-117-129.

12. Abu-Abed, F.N., Zhironkin, S.A. (2023) 'Russian import-substitution structure based on an optimal distribution system model', *Software & Systems*, 36(4), pp. 644–653 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.144.644-653.
13. Saidzoda, I.M., Rizoiev, S.S. (2022) 'Computer study of Cobb–Douglas production function using MS excel spreadsheet', *Herald TSPU*, (2), pp. 80–85 (in Russ.).
14. Sazonov, A.A., Sazonova, M.V. (2016) 'Identification of exogeneity properties in economic growth forecasting models', *Fundamental and Applied Research: Problems and Results*, (24), pp. 176–180 (in Russ.).
15. Korotkikh, O. (2020) 'A multi-country BVAR model for the external sector', *Russ. J. of Money and Finance*, 79(4), pp. 98–112 (in Russ.). doi: 10.31477/rjmf.202004.98.

Авторы

Абу-Абед Фарес Надимович¹, к.т.н.,
доцент, декан, aafares@mail.ru

Жиронкин Сергей Александрович², д.э.н.,
профессор, zhironkin@tpu.ru

¹ Тверской государственный технический
университет, г. Тверь, 170026, Россия

² Национальный исследовательский Томский
политехнический университет,
г. Томск, 634050, Россия

Authors

Fares N. Abu-Abed¹, Cand. of Sci. (Engineering),
Associate Professor, Dean, aafares@mail.ru

Sergey A. Zhironkin², Dr.Sci. (Economics),
Professor, zhironkin@tpu.ru

¹ Tver State Technical University,
Tver, 170026, Russian Federation

² National Research Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, 634050,
Russian Federation