



УДК 338.24

**АНАЛИЗ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА****Батьковский Александр Михайлович**

доктор экономических наук, главный научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, Москва,
E-mail: batkovsky@yandex.ru

Батьковский Михаил Александрович

кандидат экономических наук, научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, Москва,
E-mail: batkovsky@yandex.ru

Ермакова Ясмينا Маратовна

научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, Москва,
E-mail: Yasmin-mustafina@yandex.ru

Омельченко Алексей Николаевич

кандидат экономических наук, ведущий инженер,
Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, Москва,
E-mail: alexey.n.omelchenko@gmail.com

Аннотация

В статье предложен инструментарий анализа и формализации информационной базы, необходимой для разработки моделей важнейших управленческих задач, используемых в процессе регулирования диверсификации производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. При проведении исследования, результаты которого представлены в данной статье, использованы методы экономического анализа и экономико-математического моделирования. Разработанный инструментарий необходим для совершенствования теории управления диверсификацией производства продукции и оптимизации управленческих решений. Реализация разработанного инструментария на практике позволит повысить эффективность диверсификационной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Ключевые слова: диверсификация производства, информационное обеспечение, оборонно-промышленный комплекс, инструментарий, анализ, формализация.

FORMALIZATION OF THE INITIAL INFORMATION NEEDED TO MODEL THE DIVERSIFICATION OF PRODUCTION

Alexander M. Batkovsky

Doctor of Economic Sciences, Chief Scientific Officer,
Central Economics and Mathematics Institute of the RAS,
Russia, Moscow,
E-mail: batkovsky@yandex.ru

Mikhail A. Batkovsky

Candidate of Economic Sciences, research associate,
Central Economics and Mathematics Institute of the RAS,
Russia, Moscow,
E-mail: batkovsky@yandex.ru

Yasmina M. Ermakova

research associate,
Central Economics and Mathematics Institute RAS,
Russia, Moscow,
E-mail: Yasmin-mustafina@yandex.ru

Alexey N. Omelchenko

Candidate of Economic Sciences, Leading Engineer,
Central Economics and Mathematics Institute RAS,
Russia, Moscow
E-mail: alexey.n.omelchenko@gmail.com

ABSTRACT

The article offers tools for analyzing and formalizing the information base necessary for the development of models of the most important management tasks used in the process of regulating the diversification of production at enterprises of the military-industrial complex. During the research, the results of which are presented in this article, methods of economic analysis and economic and mathematical modeling were used. The developed tools are necessary to improve the management theory of product diversification and optimization of management decisions. The implementation of the developed tools in practice will increase the efficiency of the diversification activities of enterprises of the military-industrial complex.

Keywords: diversification of production, information support, military-industrial complex, tools, analysis, formalization.

Введение

Результативность программы диверсификации производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) во многом зависит от точности оценки риска ее реализации и методов воздействия на него. В ходе выполнения данной программы

необходимо выдерживать ее запланированные временные и стоимостные показатели [1, 2]. Их достижение в меняющихся экономических условиях часто сопряжено с различными рисками, методы оценки которых различаются [3 - 5]. Например, при оценке риска превышения утвержденного объема финансирования программы диверсификации производства обычно используются методы оценки величины рисков абсолютных экономических потерь, которые достаточно широко известны. Однако специфические особенности диверсификационной деятельности предприятий ОПК требуют совершенствования процесса систематизации и формализации ее информационного обеспечения на основе использования зависимостей между экономическими процессами [6].

Цель исследования

Целью данного исследования является системное и формализованное представление информационной базы, используемой при разработке экономико-математических моделей, применяемых в процессе управления диверсификацией производства на предприятиях ОПК.

Материалы и методы исследования

Вопросам исследования информационного обеспечения процесса управления диверсификацией производства уделялось и уделяется должное внимание во многих научных работах. Однако следует отметить, что большая часть исследований по данной проблематике имеют описательно-рекомендательный характер, концептуальный и фрагментарный уровни изложения материала. Кроме того, работы по данной проблеме имеют обычно закрытый характер и поэтому в открытой литературе приводятся лишь отдельные результаты анализа и моделирования данного информационного обеспечения.

Основными недостатками большинства работ по рассматриваемой тематике являются следующие обстоятельства:

- в них не учитывается межотраслевой баланс в системе отраслей экономики страны и ОПК;
- решения поставленных задач проводятся при детерминированных факторах, то есть в условиях полной определенности, что не соответствует действительности;
- не рассматриваются различные стратегии наращивания производства военной или гражданской продукции, создаваемой оборонными предприятиями.

Анализ научных исследований по рассматриваемой тематике, позволяет сделать вывод об отсутствии фундаментальных проработок по анализу и моделированию информационного обеспечения процесса управления диверсификацией производства на предприятиях ОПК, позволяющих получить закономерности изменения основных выходных параметров моделей в условиях существенной неопределенности исходной информации и на их основе оценить потенциальные возможности ОПК с использованием векторных показателей для принятия управленческих решений по развитию диверсификации производства [7 - 9].

Анализ информационного обеспечения процесса управления диверсификацией производства на предприятиях ОПК в меняющихся экономических условиях требует учета различных рисков, методы оценки которых различаются. Например, при оценке риска превышения утвержденного объема финансирования программы диверсификации производства обычно используются методы оценки величины рисков абсолютных экономических потерь, которые достаточно широко известны [10, 11]. Специфические особенности диверсификационной деятельности предприятий ОПК требуют совершенствования инструментария оценки указанного риска с применением формализованных методов анализа на основе использования зависимостей между

экономическими процессами и нормального распределения вероятностей их осуществления [12].

Результаты и их обсуждение

Анализ имеющейся информационной базы по рассматриваемой проблеме показывает, что для ее решения целесообразно использовать агрегированную промышленно-отраслевую структуру, состоящую из одиннадцати отраслей, в том числе: 8 отраслей ОПК: авиационной (А); ракетно-космической (РК); судостроения (СС); промышленности вооружений (ПВ); промышленности боеприпасов и спецхимии (ПБС); радиопромышленности (РП); промышленности средств связи (ПСС); электронной промышленности (ЭП) и 3 отраслей экономической системы государства (ЭСГ), не входящих в ОПК, но оказывающих сильное влияние на его развитие: строительство (С); добывающая промышленность (ДП) и обрабатывающая промышленность (ОП).

При моделировании процессов диверсификации производства необходимо использовать в качестве исходной информации основные количественно-качественные характеристики экономической системы государства, оборонно-промышленного комплекса, его интегрированных структур и предприятий. Следует отметить, что большинство из них взаимосвязаны между собой, постоянно изменяются во времени (обновляются) и не всегда подвержены закономерному описанию из-за влияния внешней среды и фактора неопределенности [13]. В качестве исходной информации (входных параметров моделей процесса диверсификации производства) могут использоваться, с нашей точки зрения, следующие основные количественные характеристики четырехуровневого масштаба:

1. В масштабе экономической системы государства (ЭСГ):

- количество населения государства, N ;
 - количество трудоспособного населения государства, N_T ;
 - количество трудовых ресурсов, занятых на производстве продукции военного назначения, $N_{ЗВ}$;
 - количество трудовых ресурсов, занятых на производстве продукции гражданского назначения, $N_{ЗГ}$;
 - объем задействованных основных фондов ЭСГ, Φ ;
 - объем резервных (незадействованных) основных фондов ЭСГ, Φ_p ;
 - величина задействованных производственных мощностей ЭСГ, W ;
 - величина резервных (незадействованных) производственных мощностей ЭСГ, W_p ;
 - объем выпуска продукции добывающей промышленности ЭСГ, $X_{ДП}$;
 - объем выпуска продукции обрабатывающей промышленности ЭСГ, $X_{ОП}$;
 - объем выпуска валовой продукции ЭСГ, X ;
 - объем выпуска промежуточной продукции ЭСГ, X_n ;
 - объем выпуска конечной продукции ЭСГ, Y ;
 - объем выпуска валовой продукции военного назначения, X_B ;
 - объем выпуска конечной продукции военного назначения, Y_6 ;
 - объем выпуска промежуточной продукции военного назначения, $X_{ПВ}$;
 - объем выпуска конечной продукции гражданского назначения, $Y_г$;
 - объем выпуска валовой продукции гражданского назначения, $X_Г$;
 - объем выпуска промежуточной продукции гражданского назначения, $X_{ПГ}$;
 - количество задействованных рабочих мест в ЭСГ, R ;
 - количество резервных рабочих мест в ЭСГ, R_p ;
- #### 2. В масштабе оборонно-промышленного комплекса:

- общее количество отраслей ОПК, N_o ;
- количество отраслей ОПК, обеспечивающих выпуск конечной продукции военного назначения, N_{ov} ;
- объем задействованных основных фондов ОПК, $\hat{O}_i^c, (i = \overline{1, n})$;
- объем резервных (незадействованных) основных фондов, $\hat{O}_i^d, (i = \overline{1, n})$;
- величина задействованных производственных мощностей ОПК, $W_i^c, (i = \overline{1, n})$;
- величина резервных (незадействованных) производственных мощностей ОПК, $W_i^d, (i = \overline{1, n})$;
- общий объем выпуска ОПК валовой продукции $\tilde{O}_i, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК валовой продукции гражданского назначения $\tilde{O}_{\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК валовой продукции военного назначения $\tilde{O}_{\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- общий объем выпуска ОПК промежуточной продукции, $\tilde{O}_{ni}, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК промежуточной продукции гражданского назначения, $\tilde{O}_{n\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК промежуточной продукции военного назначения $\tilde{O}_{n\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- общий объем выпуска ОПК конечной продукции, $\acute{O}_i, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК конечной продукции военного назначения, $\acute{O}_{\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- объем выпуска ОПК конечной продукции гражданского назначения, $\acute{O}_{\tilde{ai}}, (i = \overline{1, n})$;
- количество трудовых ресурсов, занятых в производстве промежуточной продукции в отраслях ОПК, $N_{\tilde{ci}}, (i = \overline{1, n})$;
- количество трудовых ресурсов, занятых в производстве конечной продукции в отраслях ОПК, $N_{\tilde{ci}}, (i = \overline{1, n})$;
- общее количество трудовых ресурсов, занятых в производстве продукции в ОПК, $N_{\tilde{ci}}, (i = \overline{1, n})$;
- значения коэффициентов матрицы технологических связей между отраслями ОПК, $\|a_{ij}\|, (i, j = \overline{1, n})$;
- количество предприятий, учреждений, организаций, входящих в состав отраслей ОПК, $N_{i \in \tilde{D}}, (i = \overline{1, n})$;
- количество задействованных рабочих мест в отраслях ОПК, $R_i^c, (i = \overline{1, n})$;
- количество резервных незадействованных рабочих мест в отраслях ОПК, $R_i^d, (i = \overline{1, n})$.

3. В масштабе крупных системообразующих интегрированных структур ОПК:

- общее количество интегрированных структур (ИС) ОПК, $N_{\text{ОД}}^{\text{с}}$;
- общее количество трудовых ресурсов, занятых на предприятиях интегрированных структур ОПК, $N_{\text{ОД}}^{\text{с}}$;
- количество трудовых ресурсов, занятых на предприятиях в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $N_{ij}^{\text{с}}$, ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- общее количество предприятий, сосредоточенных в интегрированных структурах ОПК, $N_{\text{ОД}}^{\text{п}}$;
- количество предприятий i-ой отрасли, сосредоточенных в j-ой интегрированной структуре ОПК, $N_{ij}^{\text{п}}$, ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём задействованных основных фондов в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\hat{O}_{ij}^{\text{с}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём резервных незадействованных основных фондов в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\hat{O}_{ij}^{\text{д}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- величина задействованных производственных мощностей в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $W_{ij}^{\text{с}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- уровень резервных (незадействованных) производственных мощностей i-ой отрасли в j-ой интегрированной структуре, $W_{ij}^{\text{д}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём выпуска валовой продукции в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\tilde{O}_{ij}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём выпуска промежуточной продукции в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\tilde{O}_{ij}^{\text{р}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём выпуска конечной продукции в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{ij}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём выпуска конечной продукции военного назначения в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{\text{а}ij}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- объём выпуска конечной продукции гражданского назначения в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{\text{г}ij}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- количество задействованных рабочих мест в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $R_{ij}^{\text{с}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);
- количество резервных (незадействованных) рабочих мест в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $R_{ij}^{\text{д}}$; ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$);

- значения коэффициентов матрицы технологических связей между предприятиями интегрированной структуры $\|a_{ij}\|$, $(i, j = \overline{1, n})$;

- значения коэффициентов матрицы территориально-функциональных связей между интегрированными структурами, $\|l_{ij}\|$, $(i, j = \overline{1, m})$.

4. В масштабе системы основных элементов ОПК (предприятий):

- общее количество предприятий ОПК, N_{ID} ;

- количество военно-ориентированных предприятий ОПК, $N_{\hat{A}ID}$;

- количество трудовых ресурсов, занятых на военно-ориентированных предприятиях ОПК, $N_{\hat{C}ID}$;

- количество трудовых ресурсов, занятых на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, N_{ijk}^c , $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём задействованных основных фондов на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\hat{O}_{ijk}^c$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём резервных (незадействованных) основных фондов на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\hat{O}_{ijk}^{\delta}$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- величина задействованных производственных мощностей на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, W_{ijk}^c ; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- величина резервных (незадействованных) производственных мощностей на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, W_{ijk}^{δ} ; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём выпуска валовой продукции на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\tilde{O}_{ijk}$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём выпуска промежуточной продукции на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\tilde{O}_{ijk}^r$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём выпуска конечной продукции на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{ijk}$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём выпуска конечной продукции военного назначения на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{\hat{a}ijk}$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- объём выпуска конечной продукции гражданского назначения на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, $\acute{O}_{\hat{a}ijk}$; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- количество задействованных рабочих мест на k-ом предприятии в j-ой интегрированной структуре i-ой отрасли ОПК, R_{ijk}^c ; $(i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;

- количество резервных (незадействованных) рабочих мест на k -ом предприятии в j -ой интегрированной структуре i -ой отрасли ОПК, $R_{ijk}^{\delta}; (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, z})$;
- значения коэффициентов матрицы территориально-функциональных связей между предприятиями интегрированных структур отрасли ОПК, $\|l_{ij}\|, (i, j = \overline{1, z})$;
- значения коэффициентов матрицы технологических связей между предприятиями интегрированных структур различных отраслей ОПК $\|a_{ij}\|, (i, j = \overline{1, z})$.

Если предприятия ОПК не входят в состав интегрированных структур, то необходимо использовать те же показатели, но в привязке их только к отраслевой структуре оборонно-промышленного комплекса.

В связи с вышеизложенным, следует отметить, что основная часть исходной информации о состоянии и развитии ОПК может быть представлена в векторной и матричной формах, а количество характеристик базы данных может достигать десятков тысяч единиц в зависимости от уровней масштаба и детализации исследуемой системы. Основными преимуществами четырехуровневой характеристики процесса управления диверсификацией производства продукции на предприятиях ОПК являются:

- возможность использования официальной статистики, включая прогнозные оценки развития ОПК;
- возможность проведения как макроэкономического, так и микроэкономического моделирования исследуемого процесса.

Анализ изменчивости и возможной периодичности обновления во времени основных характеристик ОПК должен проводиться на основе результатов обработки обширных статистических материалов [14]. Следует отметить, что для каждой интегрированной структуры или предприятия ОПК характерны свои особенности изменчивости значений указанных характеристик. Поэтому для оценки устойчивости исходной информации при моделировании расширенного инновационного развития производства продукции ОПК необходимо использовать осреднённые значения указанных характеристик в течение рассматриваемого периода.

В качестве показателя необходимой периодичности обновления исходной информации или допустимого периода запаздывания во времени при использовании устаревших исходных данных (именно такая ситуация является типичной при использовании статистических материалов о состоянии ОПК), предлагается использовать при анализе и моделировании среднее время устойчивости T_y . Тогда сущность оценки изменчивости исходной информации во времени сводится к определению T_y и состоит в следующем:

- выбирается статистический интервал времени;
- назначается диапазон относительной погрешности исходной информации;
- производится формирование групп объектов (элементов) по уровням выбранных характеристик, например по уровню выпуска конкретной продукции военного назначения, объему основных фондов и др.;
- группы составляются таким образом, чтобы было достаточное (с точки зрения требований математической статистики) количество объектов (элементов) в заданном интервале изменения характеристик;
- для контрольных промежутков времени проводится отбор объектов (элементов) по значениям выбранных характеристик в ту или иную группы;

- для каждого объекта (элемента) из взятой совокупности определяется относительная величина прироста выбранных характеристик за заданный интервал времени, а затем находится средняя относительная величина прироста по каждой характеристике для каждой группы объектов (элементов);

- определяется среднее время устойчивости для каждой характеристики объекта (элемента) на контрольный момент времени при заданных величинах относительной погрешности;

- определяется среднее время устойчивости каждой характеристики на контрольный момент времени для каждой группы объектов (элементов) в зависимости от процентной ошибки (для оборонно-промышленного комплекса в целом, его отраслей, интегрированных структур и предприятий).

Наиболее изменчивой во времени является информация об объеме выпуска промежуточной продукции военного назначения и о технологических связях, а наиболее устойчивой – об объеме основных фондов и объеме выпуска конечной продукции военного назначения. Следовательно, статистическая оценка изменчивости исходной информации позволяет получить значения среднего времени устойчивости основных характеристик объектов анализа в условиях старения и обновления базы данных, характеризующих диверсификацию производства на предприятиях ОПК. Полученные результаты необходимо учитывать при моделировании процесса данного процесса.

В процессе анализ и формализации информации, необходимой для моделирования диверсификации производства является получение показателей изменчивости основных характеристик отраслей, интегрированных структур и предприятий ОПК во времени. Для прогнозирования изменчивости во времени данных характеристик можно использовать зависимости (1)-(3):

$$Y_n = (-1)^n Y_1 + (-1)^{n-1} (n-1) Y_2 + (-1)^{n-2} \frac{(n-1)(n-2)}{2!} Y_3 + \dots, \quad (1)$$

где Y – значение функции в фиксированные моменты времени; n – номер интервалов.

$$Y_n = Y_0 \left[1 + V(e^{n\varphi} - 1) \right], \quad (2)$$

$$V = \frac{2(k_1 - k_0)}{\varphi(e^\varphi + 1)}$$

где φ – функция ускорения прироста значения выбранной характеристики; Y_0 – базовое (начальное) значение характеристики; k_1, k_0, φ – коэффициенты, определяемые статистическим данным.

$$Y_n = Y_0 \left[1 + \sum_{i=k}^{n-k} (a\Delta t_i^2 + b\Delta t_i + c) \right], \quad (3)$$

где Δt_i – i -й временной интервал; a, b, c – параметры уравнения.

При математическом моделировании процесса диверсификации производства на предприятиях ОПК необходимо комплексно проанализировать исходную информацию с точки зрения её получения, объёмности, разнородности, достоверности, точности, надёжности и обновлении, так как с течением времени значительная ее часть устаревает и требует корректировки и дополнения. Анализ исходной информации показал, что часть данных включает неопределенные факторы. В связи с этим выявлены наиболее неопределенные параметры условий решаемых задач, к которым относятся элементы матрицы технологических связей между отраслями оборонно-промышленного комплекса

и компоненты вектора конечной продукции военного и гражданского назначения, производимой ими.

В результате развития данного инструментария в 2022 г. Грачёвым И.Д. и Неволным И.В. разработана модель сравнительной динамики развития отраслей в условиях диверсификации военного производства. Данная модель является достаточно абстрактной, поэтому в ней выделены следующие агрегированные отрасли: «оборонная промышленность», «гражданская промышленность», «финансовый сектор», «наука» и «внешний мир». Динамика их развития в модели представлена уравнением вида [15]:

$$a_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^j) \cdot f(\gamma_i^j) \cdot (1 + \beta) \cdot a_i, \quad (4)$$

где a_i – выпуск отрасли в период i , β – параметр текущего роста отрасли в отсутствии значимых перетоков ресурсов в структуре экономики, γ_i^j – параметр изъятий отрасли (вложения ресурсов в остальные четыре отрасли экономики), $f(\gamma_i^j)$ – функция, характеризующая отдачу вложения в отрасли (возврат инвестиций в финансовые инструменты, отдача от вложений в исследования и разработки и т.п.).

Принято, что функция $f(\gamma_i^j)$ является линейной и принимает вид:

$$f(\gamma_i^j) = 1 + k_i^j \cdot \gamma_i^j. \quad (5)$$

Установлено, что динамику системы характеризуют уравнения, которые для отдельных отраслей имеют следующий вид:

- «Оборона»:

$$a_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^{aj}) \cdot f(\gamma_i^{aj}) \cdot (1 + \beta_a) \cdot a_i \quad (6)$$

- «Гражданский сектор»:

$$c_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^{cj}) \cdot f(\gamma_i^{cj}) \cdot (1 + \beta_c) \cdot c_i \quad (7)$$

- «Наука»:

$$b_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^{bj}) \cdot f(\gamma_i^{bj}) \cdot (1 + \beta_b) \cdot b_i \quad (8)$$

- «Финансы»:

$$\varphi_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^{\varphi j}) \cdot f(\gamma_i^{\varphi j}) \cdot (1 + \beta_\varphi) \cdot \varphi_i \quad (9)$$

- «Внешний мир»:

$$p_{i+1} = \sum_{j=1}^{j=4} (1 - \gamma_i^{pj}) \cdot f(\gamma_i^{pj}) \cdot (1 + \beta_p) \cdot p_i \quad (10)$$

Данная модель доведена до компьютерной реализации с использованием вычислительного узла K100 Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук.

Заключение

Анализ большого числа трудов по информационному обеспечению процесса диверсификации показал, что:

- существующим методологическим основам и инструментарии формализации данного обеспечения до сих пор присущи фрагментарность и противоречивость. Они не позволяют системно оценить влияние на диверсификационную деятельность предприятий ОПК различных факторов и, как следствие, разрабатывать оптимальные управленческие решения;

- используемые разными авторами теоретические подходы к исследованию рассматриваемой проблемы базируются на различных, зачастую противоречащих друг другу теориях, т.к. они создавались представителями различных экономических школ: эволюционной, неоклассической и других, что затрудняет их использование в практической деятельности.

Поэтому предлагаемый инструментарий анализа и формализации информации, необходимой для анализа и моделирования диверсификации производства, предназначен

для решения рассматриваемой научно-практической задачи, значимость которой в настоящее время резко возросла.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 21-78-20001.

Список литературы:

1. Ожиганов Э.Н. Влияние диверсификации и вертикальной интеграции производства на взаимодействие государственных корпораций и компаний частного сектора. // В сборнике: Интеллектуальный и научный потенциал XXI века. Сборник статей Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 113-118.
2. Батьковский А.М., Клочков В.В., Фомина А.В. и др. Управление производственным потенциалом оборонно-промышленного комплекса. // Вопросы радиоэлектроники, серия Общетехническая (ОТ). Выпуск 3. - 2015. - № 5. - С. 222-246.
3. Рахимов Ж.Б. Экономико-математическое моделирование стратегии диверсификации предприятия. // В сборнике: Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах. Труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - 2016. - С. 265-267.
4. Батьковский А.М., Коновалова А.В., Фомина А.В. Оценка рисков реализации инновационных проектов в радиоэлектронной промышленности. // Вопросы радиоэлектроники. - 2014. - Т. 2. - № 3. - С. 168-182.
5. Чебышев И. И. Информационное обеспечение внутреннего контроля программ диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. // Бухгалтерский учет и налогообложение в бюджетных организациях. - 2021. - № 7. - С. 24-31.
6. Батьковский А.М. Экономико-математический инструментальный анализ инновационной деятельности высокотехнологичных предприятий. // Экономический анализ: теория и практика. - 2011. - № 12 (219). - С. 51-60.
7. Мамедов Ф.М. Экономико-математическое моделирование стратегии диверсификации предприятия. // В сборнике: Моделирование в технике и экономике. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 342-344.
8. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Кравчук П.В. и др. Моделирование процесса формирования и реализации проектов диверсификации производства продукции на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. // Оригинальные исследования. - 2022. - Т. 12. - № 9. - С. 151-160.
9. Матвеев И.В. Экономико-математическое моделирование стратегии диверсификации предприятия. // В сборнике: Компьютерные технологии в моделировании, управлении и экономике. Сборник материалов VIII межвузовской научно-практической конференции. Под общей редакцией А.В. Полянина. - 2016. - С. 104-107.

10. Батьковский А.М., Коновалова А.В., Фомина А.В. Оценка рисков реализации инновационных проектов в радиоэлектронной промышленности. // Вопросы радиоэлектроники. - 2014. - Т. 2. - № 3. - С. 168-182.
11. Ломазов В.А., Ломазова В.И., Мирошниченко И.В. и др. Информационное обеспечение имитационного моделирования организационно-технологических процессов. // В книге: Роль науки в удвоении валового регионального продукта. Материалы XXV Международной научно-производственной конференции. - 2021. - С. 240-241.
12. Батьковский М.А., Кравчук П.В. Моделирование развития оборонно-промышленного комплекса. // Фундаментальные и академические прикладные исследования: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. 15 мая 2017 г. Москва: НОО «Профессиональная наука». - 2017. - С. 27-49.
13. Саидов И.Д. Экономико-математическое моделирование стратегии диверсификации предприятия. // В книге: Интеграция науки и практики: взгляд молодых ученых. - 2016. - С. 282-284.
14. Батьковский А.М., Фомина А.В., Хрусталева Е.Ю. Риски реализации проектов создания продукции военного назначения. // Вопросы радиоэлектроники. - 2014. - Т. 1. - № 2. - С. 32-52.
15. Грачёв И.Д., Неволин И.В. Диверсификация ОПК: модель сравнительной динамики отраслей. // Цифровая экономика. - 2022. - № 3(19). - С. 60-63.

References:

1. Ozhiganov E.N. Influence of diversification and vertical integration of production on the interaction of state corporations and private sector companies. // In the collection: Intellectual and scientific potential of the XXI century. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. - 2016. - pp. 113-118.
2. Batkovsky A.M., Klochkov V.V., Fomina A.V. etc. Management of the production potential of the military-industrial complex. // Radio Electronics Issues, General Technical series (FROM). Issue 3. - 2015. - № 5. - pp. 222-246.
3. Rakhimov Zh.B. Economic and mathematical modeling of the enterprise diversification strategy. // In the collection: Modeling and high-tech information technologies in technical and socio-economic systems. Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. - 2016. - pp. 265-267.
4. Batkovsky A.M., Konovalova A.V., Fomina A.V. Risk assessment of the implementation of innovative projects in the radio-electronic industry. // Questions of radio electronics. - 2014. - Vol. 2. - No. 3. - pp. 168-182.
5. Chebyshev I.I. Information support of internal control of diversification programs of enterprises of the military-industrial complex. // Accounting and taxation in budget organizations. - 2021. - No. 7. - pp. 24-31.
6. Batkovsky A.M. Economic and mathematical tools for the analysis of innovative activity of high-tech enterprises. // Economic Analysis: Theory and practice. - 2011. - № 12 (219). - Pp. 51-60.

7. Mammadov F.M. Economic and mathematical modeling of the enterprise diversification strategy. // In the collection: Modeling in Engineering and Economics. Collection of materials of the international scientific and practical conference. - 2016. - pp. 342-344.
8. Batkovsky A.M., Batkovsky M.A., Kravchuk P.V. etc. Modeling of the process of formation and implementation of projects for the diversification of production at enterprises of the military-industrial complex. // Original research. - 2022. - Vol. 12. - No. 9. - pp. 151-160.
9. Matveev I.V. Economic and mathematical modeling of the enterprise diversification strategy. // In the collection: Computer technologies in modeling, management and economics. Collection of materials of the VIII interuniversity scientific and practical conference. Under the general editorship of A.V. Polyanin. - 2016. - pp. 104-107.
10. Batkovsky A.M., Konovalova A.V., Fomina A.V. Risk assessment of the implementation of innovative projects in the radio-electronic industry. // Questions of radio electronics. - 2014. - Vol. 2. - No. 3. - pp. 168-182.
11. Lomazov V.A., Lomazova V.I., Miroshnichenko I.V. etc. Information support of simulation modeling of organizational and technological processes. // In the book: The role of science in doubling the gross regional product. Materials of the XXV International Scientific and Industrial Conference. - 2021. - pp. 240-241.
12. Batkovsky M.A., Kravchuk P.V. Modeling of the development of the military-industrial complex. // Fundamental and academic applied research: collection of scientific papers based on the materials of the I International Scientific and Practical Conference, May 15. 2017. Moscow: NOO "Professional science". - 2017. - pp. 27-49.
13. Saidov I.D. Economic and mathematical modeling of the enterprise diversification strategy. In the book: Integration of Science and Practice: the view of young scientists. - 2016. - pp. 282-284.
14. Batkovsky A.M., Fomina A.V., Khrustalev E.Y. Risks of implementing projects to create military products. // Questions of radio electronics. - 2014. - Vol. 1. - No. 2. - pp. 32-52.
15. Grachev I.D., Nevolin I.V. Diversification of the defense industry: a model of comparative dynamics of industries. // Digital Economy. - 2022. - № 3 (19). - Pp. 60-63.