

УДК 519.876

UDC 519.876

05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах (технические науки)

Management in social and economic systems

**НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННО-
АКТИВНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ***

**NEURO-FUZZY CONTROL MODEL OF AN
INNOVATION-ACTIVE COMPANY
MANAGEMENT**

Батьковский Александр Михайлович
доктор экономических наук, профессор
SPIN-код: 9024-3229
Scopus ID: 56809408200
batkovskiy_a@instel.ru
*Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
Москва, Россия*

Batkovskiy Aleksandr Mikhaylovich
Doctor of Economics, Professor
RSCI SPIN-code: 9024-3229
Scopus ID: 56809408200
batkovskiy_a@instel.ru
*Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia*

Судаков Владимир Анатольевич
доктор технических наук, доцент, ведущий
научный сотрудник
SPIN-код: 1614-4760
Scopus ID: 7006296922
sudakov@ws-dss.com
*Институт прикладной математики им.
М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия*

Sudakov Vladimir Anatolyevich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Leader researcher
RSCI SPIN code: 1614-4760
Scopus ID: 7006296922
sudakov@ws-dss.com
*Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS,
Moscow, Russia*

Хрусталева Евгений Юрьевич
доктор экономических наук, профессор,
заведующий лабораторией
SPIN-код: 1618-1843
Scopus ID: 56809268200
stalev@cemi.rssi.ru
*Центральный экономико-математический
институт РАН, Москва, Россия*

Khrustalev Evgenii Yurevich
Doctor of Economics, Professor, head of laboratory
RSCI SPIN-code: 1618-1843
Scopus ID: 56809268200
stalev@cemi.rssi.ru
*Central Economics and Mathematics Institute RAS,
Moscow, Russia,*

Рассматриваются концепция и принципы организации нейро-нечеткого управления инновационно-активным предприятием на основе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных средств вычислений. Разработанная информационная модель обеспечивает оперативный контроль текущих ситуаций, обусловленных инновациями в сложных динамических условиях меняющейся рыночной конъюнктуры. Особое внимание обращено на решение проблемы планирования операций и выработки управляющих решений при реализации принципа конкуренции в условиях неопределенности и неполноты исходной информации. Разработанная программная реализация нечеткого ранжирования вариантов управляющих решений размещена в открытом доступе на портале ws-dss.com

The article discusses the concept and the principles of the organization of neuro-fuzzy management of an innovation-active enterprise based on intelligent technologies and high-performance computing tools. The developed information model provides operational control of the current situations caused by innovations in the complex dynamic conditions of the changing market conditions. Particular attention is paid to solving the problem of planning operations and developing management decisions when implementing the principle of competition in the face of uncertainty and incompleteness of the initial information. The developed software implementation of the fuzzy ranking of management solutions options is publicly available on ws-dss.com

Ключевые слова: ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ,

Keywords: INNOVATION-ACTIVE COMPANY, INTELLIGENCE TECHNOLOGY, HIGH-

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-00-00012 (18-00-00011) КОМФИ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА,
ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ, ДИНАМИКА
ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ, ПРИНЦИП
КОНКУРЕНЦИИ

PERFORMANCE MEANS, PLANNING OF
OPERATION, DYNAMIC ENVIRONMENT,
COMPETITION PRINCIPLE

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-153-009>

Постановка проблемы

Механизм оптимизации управления инновационно-активными предприятиями в новых условиях государственного строительства (снижение темпов экономического развития, введение антироссийских санкций и др.) существенно меняется [1]. В нем появляются качественно новые черты, которые должны стать предметом особого внимания при проведении его исследования. Теоретические основы и инструментарий управления инновационно-активными предприятиями являются объектом междисциплинарных исследований, которые проводятся представителями различных научных дисциплин с использованием разных методов [2; 3]. Важнейшую роль среди них играют методы экономико-математического моделирования, которые позволят выявлять измеряемые величины и сопоставлять важность учитываемых взаимосвязей.

Поэтому все общее и существенное в объектах моделирования должно выражаться в уравнениях, отражающих закономерности их развития, а частное и изменяющееся - в начальных и граничных условиях и других параметрах уравнений [4]. Реализация указанных теоретических подходов к анализу управления инновационно-активными предприятиями обуславливает необходимость использования при проведении исследования интеллектуальных технологий. Реализация данных технологий на основе высокопроизводительных вычислительных комплексов является актуальным направлением в создании эффективных систем управления инновационно-активными предприятиями. Концепция динамической NEURO-FUZZY модели (NF-модели) обеспечивает реализацию интеллектуальной системы (ИС), обеспечивающей

оперативный контроль инновационного развития в сложной динамической среде. NF-модель управления разработана в рамках нейро-нечеткого логического базиса и формализованных методов анализа и прогноза поведения участников инновационных процессов (ИП) [5, 6].

Ключевой особенностью интегрированной среды нейро-нечеткого управления является возможность функционирования в условиях неопределенности, неполноты и слабой структурированности первичной информации. Концептуальный базис NF-модели управления должен быть основан на использовании парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде и достижений в области интеллектуальных технологий XXI века [7, 8, 9].

Обоснование требований к методу решения

Структурная схема интегрированной среды управления инновационно-активными предприятиями содержит компоненты, обеспечивающие оценку динамической среды и выработку практических рекомендаций в рамках концепции самоорганизующихся систем [10, 11]. Интеграция этих компонент осуществляется с использованием концептуальной модели ИС управления:

$$S = (F : T \times X \times Q \rightarrow Y), \quad (1)$$

где X – множество элементов аналитической базы данных; S – множество стратегий управления; Q – множество допустимых значений вектора входных воздействий; T – множество анализируемых моментов времени; $A = T \times X \times Q$ – множество закономерностей в данных; F – множество элементов, реализующих принцип конкуренции; Y – множество правил обобщения информации.

На базе системного анализа проблем инновационно-активных предприятий сформулированы принципы построения и синтез концептуального базиса NF-модели. Концептуальная модель проблемной области, определяющая поток информации при функционировании ИС,

предусматривает, что основное системное отношение обеспечивает поддержание функциональной способности целого. Это дает возможность использовать в качестве правила операций с символами алфавита рассматриваемых компонент принцип системной декомпозиции [12]. Соблюдение этого принципа обеспечивается путем выполнения следующих правил системной декомпозиции:

$$R(T) = R(S) \cup \left(\bigcup_{k=1}^K F(k)(o, a)_i \right) \quad (2)$$

$$R(D) = \bigcup \left(\langle (o, a) \rangle_i \times R(k)(o, a)_i \right) \quad (3)$$

$$\forall \langle (o, a) \rangle_j \in F(k)(o, a)_j, (F(k)(o, a)_j = 0), \quad (4)$$

где $R(T)$ и $R(D)$ – элементы множеств, представляющие собой решение задачи построения концептуальной схемы проблемной области, $R(T)$ – множество выделенных пар $(o, a)_i$ (o – объект; a – атрибут) при решении задачи на k -ом шаге декомпозиции; $R(S)$ – общее число задач рассматриваемого множества; $R(D)$ – отношение «зависеть от» $R(D) \subseteq R(T) \times R(T)$; $i=1, \dots, K$; K – общее число шагов решения задачи $(o, a)_i$, а условие (4) определяет последовательность декомпозиции до момента ее завершения, причем множество $F(k)(o, a)_i$ такое, что:

$$\langle (o, a) \rangle_j \times R(k)(o, a)_j \subseteq R(D) \quad (5)$$

Условие (5) устанавливает множество пар имен объектов и атрибутов от которых зависит значение атрибута в постановке задачи на i -ом шаге.

Теоретический базис, положенный в основу NF-модели, представляет собой интерпретирующую теорию, обеспечивающую исследование процессов и явлений в сложных динамических средах, характерных для инновационно-активных предприятий. Выделенные для анализа знания об особенностях динамики инновационно-активных предприятий как управляемого объекта в рассматриваемой ситуации

«кодируются» в форме взаимосвязанных «моделей» и «параметров». В теории систем параметром называют *абстрактный образ свойства*. Поэтому каждый параметр можно рассматривать как *модель соответствующего свойства* [13].

NF-модель определяет взаимосвязь между параметрами инновационно-активного предприятия (свойствами, характеристиками) для исследования его поведения в сложной динамической среде на основании методов классической математики и нейро-нечетких систем.

Формально NF-модель представляется как интегрированная структура, которая получила название «модель моделей» или репромодель RM (от англ. reproduce – воспроизводить, порождать). В рамках такой интерпретации NF-модель осуществляет преобразование:

$$\text{NF-model} = \text{RM}\{NF(J), NF(C), [t_0, t_R] \in T\}, \quad (6)$$

где $NF(J)$ – конструкции, описывающие поток информации в процессе анализа и интерпретации текущей ситуации; $NF(C)$ – когнитивные и фрактальные структуры, используемые при выработке и реализации практических рекомендаций; $[t_0, t_R] \in T$ – заданный интервал времени обработки текущей информации.

Среди множества моделей, составляющих NF-модель наибольший теоретический и практический интерес, представляет динамическая структура, которая рассматривается как универсальная модель, отображающая сложные процессы взаимодействия объектов инновационно-активного предприятия с внешней средой в условиях изменения их поведения.

Под параметром P при интерпретации текущих ситуаций на основе NF-модели будем понимать формализованное свойство (характеристику), определяющую поведение объектов инновационно-активного предприятия в сложной динамической среде.

Понятие «NF-модель» имеет различную интерпретацию в

зависимости от особенностей взаимодействия объектов инновационно-активного предприятия с внешней средой, а моделирование рассматривается как способ отражения сходства исследуемых объектов в виде соответствия между их элементами и отношениями. NF-модель позволяет получить знания о поведении инновационно-активного предприятия и рассматривается как приближенное, неполное, отражение, абстрагированное от ряда признаков. Структура и законы использования NF-модели проще, чем структура и законы функционирования оригинала.

Исследования в области приложений теории динамических систем в ИС новых поколений осуществляются на уровне моделей и параметров. Поэтому при описании динамики взаимодействия объектов инновационно-активного предприятия введем в рассмотрение некоторое формализованное пространство, которое будем называть модельно-параметрическим пространством.

Модельно-параметрическое пространство интегрированной NF-модели рассматривается как множество моделей, параметров и отношений между ними, характеризующих свойства объектов инновационно-активного предприятия при исследовании текущей ситуации в рамках парадигмы [14]. В этом пространстве модели связываются между собой посредством параметров, а параметры – с помощью моделей.

Важное значение при моделировании динамики инновационно-активного предприятия на стадии разработки ИС имеют *функциональная полнота* и *логическая целостность*. NF-модель необходима для решения определенного класса задач геометрической и аналитической интерпретации поведения инновационно-активного предприятия на различных стадиях эволюции. Поэтому она должна включать только необходимые и достаточные для этого свойства.

Функциональная полнота NF-модели подразумевает не максимально полное отражение свойств объектов инновационно-активного

предприятия, а фиксацию лишь тех свойств, которые являются необходимыми и достаточными для решения поставленных задач при интерпретации текущей ситуации. Критерий функциональной полноты NF-модели зависит от класса решаемых задач и в свою очередь требует определения критерия глубины детализации динамической сцены. Именно формальная постановка задач, решаемых с помощью NF-модели, позволяет выделить особенности текущей ситуации, моделирование которых является необходимым и достаточным для решения поставленной задачи.

Выделение функциональных зависимостей и построение модели функциональных отношений при интерпретации динамики инновационно-активного предприятия осуществлено на основе сети параметров, определяющей модели знаний на разных уровнях иерархии [15]. Дуги сети отражают факт наличия функциональной зависимости, а каждое функциональное отношение имеет несколько входов и только один выход. В результате получаем сетевую модель типа иерархии без циклов и петель. Сеть функциональных зависимостей рассматривается как иерархия слоев, построенная на множестве параметров, описывающих подсистему на заданном уровне абстрагирования (детальности рассмотрения). На содержательном уровне сеть зависимостей параметров интерпретируется двумя способами:

- как сценарий, реализующий альтернативный проект развития инновационно-активного предприятия, задаваемый определенной комбинацией значений базовых параметров;
- как дерево целей, формирующего подцели (значения промежуточных и базовых параметров инновационно-активного предприятия), достижение которых связано с реализацией основной цели при заданных значениях целевых параметров.

Применительно к задаче представления и исследования базовых

составляющих динамики инновационно-активного предприятия сеть зависимостей позволяет выделять комбинации факторов и строить функциональные зависимости, соответствующие уровню решаемой задачи на различных этапах анализа и интерпретации ситуации. В простых случаях решение достигается на основе стандартных алгоритмов и критериальных соотношений, в более сложных – используются нетрадиционные процедуры в рамках парадигмы [16].

Анализ научной разработанности рассматриваемой задачи

Основные принципы обработки информации в трудноформализуемых средах с помощью ИС новых поколений сформулированы в работах [17, 18, 19]. Формализация знаний для различных случаев взаимодействия, определяющих стратегию инновационно-активного предприятия, реализуется с помощью механизма логического вывода. Система нечеткого вывода может быть представлена в виде нейро-нечеткой сети ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System), имеющей 5 слоев преобразования информации [20, 21]. Первый слой обеспечивает фаззификацию входных сигналов и содержит функции принадлежности (ФП). Каждому входному сигналу соответствует по 2 ФП: A_1 и A_2 для X , B_1 и B_2 для Y . Второй слой осуществляет умножение входных параметров с целью реализации операции:

$$AND(w_j = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), i = 1, 2) \quad (7)$$

Третий слой вычисляет отношение веса заданного правила к сумме весов всех правил:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2 \quad (8)$$

В четвертом слое вычисляются выходы для каждого правила:

$$f_1 = p_1x + q_1y + r_1, \quad (9)$$

а пятый слой вычисляет общий выход системы как сумму сигналов.

Нейро-нечеткую сеть графически можно представить следующим

образом (см. рисунок 1).

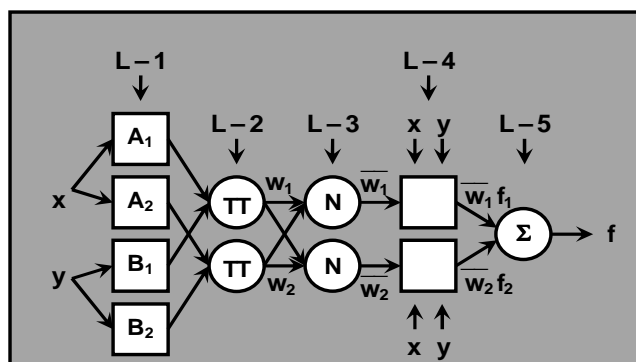


Рисунок 1. Нейро-нечеткая сеть

В приведенной на рисунке 1 нейро-нечеткой сети узлы, обозначенные кругами, являются фиксированными, а узлы в виде квадратов – адаптируемыми, т.е. их параметры могут настраиваться. Изменяемые от узла к узлу функции нейро-нечеткой системы зависят как от решаемой задачи, так и от результатов мониторинга текущей ситуации. Адаптивный узел с параметрами, которые изменяются в процессе обучения, реализует наиболее сложную функцию.

Для постоянных узлов, параметры которых в процессе обучения сохраняются неизменными, характерна более простая функция. Первый слой сети состоит из нейронов, которые содержат функции принадлежности, отражающие степень, с которой входные параметры удовлетворяют лингвистическому значению, соответствующего узла. Таким образом, природа функций зависит от текущей ситуации и решаемой задачи и изменяется от узла к узлу.

Обоснование полученных результатов

Построение нечеткой среды моделирования инновационно-активного предприятия, включающей различные сочетания исследуемых сценариев взаимодействия, осуществляется в виде ситуационной модели игры с управляемым сценарием и динамически меняющимся классом

стратегий. Для решения этой задачи предварительно формулируется сценарий, описываемый конечным графом:

$$G = (S_s, W_s) \tag{10}$$

В (10) структура $S_s = \bigcup_{t_j} S_s^{t_j}$ представляет собой объединение всех рассматриваемых (эталонных) ситуаций $S_s^{t_j}$ с учетом моментов времени, определяющих управления $t_j, j=1, \dots, N$, а структура $W_s \subseteq S_s \times S_s$ описывает переходы между эталонными ситуациями с помощью отображения множества тактик оператора как лица, принимающего решения I_1 – в множество дуг $\delta_A t_j : A^{I(t_j)} \rightarrow W_s$ и полезностей этих тактик – в множество дуг $\delta_U t_j : U^{I(t_j)} \rightarrow W_s$.

Мера адаптации является важной характеристикой NF-модели. Обеспечения максимума информации позволяет лучше адаптировать NF-модель в неопределенной среде. Для оценки эффективности функционирования NF-модели используется понятие взаимной информированности между условиями решения задачи и реакцией системы при реализации процедуры логического вывода. Можно рассмотреть события x и y как реализации дискретных случайных величин X и Y , которые в общем случае являются векторами. В этом случае взаимная информация между X и Y записывается в форме:

$$\begin{aligned} I(X, Y) &= \sum_x \sum_y p(x, y) \log[p(x / y) / p(x)] = \\ &= \sum_y p(y) \sum_x p(x / y) \log[p(x / y) / p(x)] = H(X) - H(X / Y) \end{aligned} \tag{11}$$

где $H(X / Y)$ – условная энтропия, отражающая наличие помех в канале передачи информации, а также «разнообразии ошибок» и неоднозначностей в связях X и Y , возникающих при передаче информации между X и Y , а $H(X)$ – безусловная энтропия (разнообразие или собственная информация), содержащаяся в X .

Энтропии $H(X)$ и $H(X, Y)$ вычисляются по формулам:

$$H(X) = -\sum_x \sum_y p(x, y) \log(p(x));$$

$$H(X/Y) = -\sum_x \sum_y p(x, y) \log(p(x/y)) = -\sum_y p(y) \sum_x p(x/y) \log(p(x/y)) \quad (12)$$

На основании формул (11), (12) можно рассчитать текущее значение энтропии процесса при движении системы к целевому аттрактору, воспользовавшись интерпретацией топологии геометрического пространства с помощью фрактального представления. Для экспресс-оценки энтропии удобно применять формулу:

$$\mathcal{E}_T = -[P_1 \log P_1 + (1 - P_1) \log(1 - P_1)], \quad (13)$$

где $P_1(t) = 1 - \lambda t$ и $P_2(t) = \lambda t$ – вероятности для дискретных состояний системы S_1 и S_2 .

Энтропия (13) как мера неопределенности выбора одного из двух состояний изменяется от нуля до единицы. Она достигает максимума при равенстве 0,5 вероятностей $P_1(t)$ и $P_2(t)$ в критических точках фазового перехода по каждому k -му ресурсу. Отсюда получим моменты критического времени $T = 1/2\lambda$.

Апробация полученных результатов

Была разработана программная реализация процедуры нейро-нечеткого моделирования на языке R позволившая апробировать предложенный подход. R – это, с одной стороны, язык программирования для обработки данных экспериментальных и работы с графикой, а с другой стороны - свободная программная среда вычислений с открытым исходным кодом в рамках проекта GNU. Он обладает элегантным лаконичным синтаксисом и позволил легко и быстро решить поставленную задачу.

Разработанная программная реализация нейро-нечеткой модели размещена в открытом доступе на сайте ws-dss.com. Портал веб-сервисов

поддержки принятия решений WS-DSS позволяет публиковать в сети Интернет требуемые программные реализации математических моделей на языках Ruby, Python, C++ и R с консольным режимом ввода/вывода, а также обеспечивает подключение других веб-сервисов и организывает «цепочки» вызовов математических моделей с передачей входных/выходных параметров между ними [22, 23]. Диспетчером очередей Sidekiq реализована обработка моделей, что позволяет размещать потоки обработчики (workers) на произвольном числе узлов вычислительного комплекса.

Заключение

Разработка экономико-математических моделей решения основных управленческих задач должна осуществляться с учетом приоритетности целей повышения эффективности инновационного развития предприятий [24, 25]. При этом объективные, количественные показатели оценки должны иметь приоритет перед субъективными, оценочными показателями. Объективность результатов исследования управления инновационно-активными предприятиями в значительной мере зависит от устойчивости причинно-следственных связей и постоянства многих количественных характеристик анализируемых объектов [26, 27].

Формализованное ядро NF-модели поддержки процессов управления инновационно-активным предприятием при анализе текущих ситуаций реализуется в рамках нейро-нечеткого логического базиса. Концепция нечетких целей и ограничений является фундаментальной базой такой интерпретации. За счет формализации процесса обработки нечеткой информации в высокопроизводительной вычислительной среде и использования принципа конкуренции достигается повышение эффективности использования NF-модели. Другими принципами являются принципы открытости, сложности и нелинейной самоорганизации. Реализация этих принципов осуществляется в рамках концепции мягких

вычислений. Задача интерпретации на основе NF-модели сводится к построению алгоритма преобразования информации и ее отображению в виде фрактальной структуры с динамически изменяющимся классом стратегий и управляемыми сценариями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батьковский А.М. Теоретические основы и инструментарий управления предприятиями оборонно-промышленного комплекса / А.М. Батьковский, М.А. Батьковский. – М.: Тезаурус, 2015. – 128 с.
2. Авдонин Б.Н. Оптимизация управления развитием оборонно-промышленного комплекса в современных условиях. / Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, Е.Ю. Хрусталеv // Электронная промышленность. – 2014. – №3. – С. 48-58
3. Бородакий Ю.В. Моделирование процесса разработки наукоемкой продукции в оборонно-промышленном комплексе / Ю.В. Бородакий, Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, П.В. Кравчук // Вопросы радиоэлектроники. – 2014. – № 2. – С. 21-34
4. Батьковский А.М. Инновационная модернизация оборонно-промышленного комплекса России / А.М. Батьковский, М.А. Батьковский. – М.: онтоПринт, 2014. – 175 с.
5. Damanpour F. Footnotes to research on management innovation. / F. Damanpour // Organization Studies. – 2014. – No. 35(9). – P. 1265-1285.
6. Karaboga D. Adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) training approaches: a comprehensive survey / D. Karaboga, E. Kaaya // Artificial Intelligence Review. 2018.
7. Парфенова М.Я. Человеческий фактор в интеллектуальных информационных технологиях для профилактики, предупреждения и устранения аварийных ситуаций / М.Я. Парфенова, С.К. Колганов, И.И. Парфенов, В.И. Иванов // Информационные технологии. – 2005. – №5. – С. 21-29
8. Системы искусственного интеллекта в интеллектуальных технологиях XXI века. / под ред. Ю.И. Нечаева. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011
9. Смоляр А.Э. Критерии безопасного функционирования транспортных систем // А.Э. Смоляр / Труды международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM-2002. Т.1. Санкт-Петербург. 2001. – С.114-117
10. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений / Ю.И. Нечаев. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011
11. Хрусталеv Е.Ю. Финансово-экономическая значимость и рисковость наукоемких инновационных проектов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2013. – №8. – С. 2-11
12. Месарович М. Общая теория систем: математические основы. / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Мир, 1978
13. Arentze T. A co-evaluation approach to extracting and predicting linked sets of complex decisions rules from activity diary data / T. Arentze, H.J.P. Timmermans // 80th Annual meeting of the transportation research board. – Washington. D.C, 2001
14. Нечаев Ю.И. Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени / Ю.И. Нечаев // Труды 5-й всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика – 2003». М.: МИФИ, 2003. Лекции по нейроинформатике. Часть 2. – С.119-179

15. Силич М.П. Поиск решений на модели функциональных отношений / М.П. Силич, Н.Ю. Хабибулина // Информационные технологии. – 2004. – №9. – С. 27-33
16. Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов / Отв. ред. В.И. Аршинов, В.Г. Буданов, В.Э. Войцехович. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 536 с.
17. Фоминых И.Б. Интеграция логических и образных методов отражения информации в системах искусственного интеллекта / И.Б. Фоминых // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №3. – С.76-86
18. Kerner B.S. Experimental features of self-organization in traffic flow / B.S. Kerner // Physical Review Letters. – 1998. Vol.81. – No.17
19. Kerner B.S. The physics and traffic / B.S. Kerner. – Berlin. Springer, 2004.
20. Shiftan Y. A practical policy sensitive activity-based model / Y. Shiftan, M. Ben-Akiva // 11th International conference on travel behaviour research. – Kyoto, 2006.
21. Zadeh L. Fuzzy logic, neural networks and soft computing / L. Zadeh // Commutation on the ASM-1994. – Vol. 37. – No.3. – P. 77-84
22. Дутов А.В. Нечеткие области предпочтений и их применение в задаче выбора электронного планшета легчика / А.В. Дутов, В.А. Нестеров, В.А. Судаков, К.И. Сыпало // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2018. – № 2. – С. 60–68
23. Осипов В.П. Комбинированный метод поддержки принятия многокритериальных решений / В.П. Осипов, В.А. Судаков // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2015. – № 30. – 21 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-30>
24. Батьковский А.М. Прогнозирование инновационного развития предприятий радиопромышленности / А.М. Батьковский, М.А. Батьковский, А.П. Мерзлякова // Радиопромышленность. – 2011. – № 3. – С. 32-42
25. Фрейшанет Т.В. Ключевая роль инноваций для экономики России и меры по их стимулированию / Т.В. Фрейшанет, Е.Ю. Хрусталева // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2016. – №5. – С. 313-325
26. Батьковский А.М., Мерзлякова А.П. Оценка инновационных стратегий предприятия // Вопросы инновационной экономики. – 2011. – № 7. – С. 10-17
27. Куприн И.Л. Концептуальные основы формирования перспективных стратегий инновационного развития высокотехнологичных комплексов / И.Л. Куприн, И.П. Тихонов, О.Е. Хрусталева // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – №16. – С. 19-24

References

1. Bat'kovskiy A.M. Teoreticheskiye osnovy i instrumentariy upravleniya predpriyatiyami oboronno-promyshlennogo kompleksa / A.M. Bat'kovskiy, M.A. Bat'kovskiy. – М.: Tezaurus, 2015. – 128 s.
2. Avdonin B.N. Optimizatsiya upravleniya razvitiyem oboronno-promyshlennogo kompleksa v sovremennykh usloviyakh. / B.N. Avdonin, A.M. Bat'kovskiy, Ye.Yu. Khrustalev // Elektronnyaya promyshlennost'. – 2014. – №3. – S. 48-58
3. Borodakiy YU.V. Modelirovaniye protsessa razrabotki naukoemkoy produktsii v oboronno-promyshlennom komplekse / YU.V. Borodakiy, B.N. Avdonin, A.M. Bat'kovskiy, P.V. Kravchuk // Voprosy radioelektroniki. – 2014. – № 2. – S. 21-34
4. Bat'kovskiy A.M. Innovatsionnaya modernizatsiya oboronno-promyshlennogo kompleksa Rossii / A.M. Bat'kovskiy, M.A. Bat'kovskiy. – М.: ontoPrint, 2014. – 175 s.
5. Damanpour F. Footnotes to research on management innovation. / F. Damanpour // Organization Studies. – 2014. – No. 35(9). – P. 1265-1285.
6. Karaboga D. Adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) training approaches: a comprehensive survey / D. Karaboga, E. Kaya // Artificial Intelligence Review. 2018.

7. Parfenova M.YA. Chelovecheskiy faktor v intellektual'nykh informatsionnykh tekhnologiyakh dlya profilaktiki, preduprezhdeniya i ustraneniya aviarynykh situatsiy / M.YA. Parfenova, S.K. Kolganov, I.I. Parfenov, V.I. Ivanov // Informatsionnyye tekhnologii. – 2005. – №5. – S. 21-29
8. Sistemy iskusstvennogo intellekta v intellektual'nykh tekhnologiyakh XXI veka. / pod red. Yu.I. Nechayeva. – SPb.: Art-Ekspress, 2011
9. Smolyar A.E. Kriterii bezopasnogo funktsionirovaniya transportnykh sistem // A.E. Smolyar / Trudy mezhdunarodnoy konferentsii po myagkim vychisleniyam i izmereniyam SCM-2002. T.1. Sankt-Peterburg. 2001. – S.114-117
10. Nechayev Yu.I. Teoriya katastrof: sovremennyy podkhod pri prinyatii resheniy / Yu.I. Nechayev. – SPb.: Art-Ekspress, 2011
11. Khrustalev E.Yu. Finansovo_ekonomicheskaya znachimost i riskovost naukoemkih innovatsionnykh proektov // Finansovaya analitika: problemi i resheniya. – 2013. – №8. – S. 2-11
12. Mesarovich M. Obshchaya teoriya sistem: matematicheskiye osnovy. / M. Mesarovich, YA. Takakhara. – M.: Mir, 1978
13. Arentze T. A co-evaluation approach to extracting and predicting linked sets of complex decisions rules from activity diary data / T. Arentze, H.J.P. Timmermans // 80th Annual meeting of the transportation research board. – Washington. D.C, 2001
14. Nechayev Yu.I. Matematicheskoye modelirovaniye v bortovykh intellektual'nykh sistemakh real'nogo vremeni / Yu.I. Nechayev // Trudy 5-y vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Neyroinformatika – 2003». M.: MIFI, 2003. Lektsii po neyroinformatike. Chast' 2. – S.119-179
15. Silich M.P. Poisk resheniy na modeli funktsional'nykh otnosheniy / M.P. Silich, N.YU. Khabibulina // Informatsionnyye tekhnologii. – 2004. – №9. – S. 27-33
16. Sinergeticheskaya paradigma. Mnogoobraziye poiskov i podkhodov / Otv. red. V.I. Arshinov, V.G. Budanov, V.E. Voytsekhovich. – M.: Progress-Traditsiya, 2000. – 536 s.
17. Fominykh I.B. Integratsiya logicheskikh i obraznykh metodov otrazheniya informatsii v sistemakh iskusstvennogo intellekta / I.B. Fominykh // Novosti iskusstvennogo intellekta. – 1998. – №3. – S.76-86
18. Kerner B.S. Experimental features of self-organization in traffic flow / B.S. Kerner // Physical Review Letters. – 1998. Vol.81. – No.17
19. Kerner B.S. The physics and traffic / B.S. Kerner. – Berlin. Springer, 2004.
20. Shifan Y. A practical policy sensitive activity-based model / Y. Shifan, M. Ben-Akiva // 11th International conference on travel behaviour research. – Kyoto, 2006.
21. Zadeh L. Fuzzy logic, neural networks and soft computing / L. Zadeh // Commutation on the ASM-1994. – Vol. 37. – No.3. – P. 77-84
22. Dutov A.V. Nechetkiye oblasti predpochteniy i ikh primeneniye v zadache vybora elektronnoy plansheta letchika / A.V. Dutov, V.A. Nesterov, V.A. Sudakov, K.I. Sypalo // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. – 2018. – № 2. – S. 60–68
23. Osipov V.P. Kombinirovannyi metod podderzhki prinyatiya mnogokriterial'nykh resheniy / V.P. Osipov, V.A. Sudakov // Preprinty IPM im. M.V. Keldysha. – 2015. – № 30. – 21 s. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-30>
24. Bat'kovskiy A.M. Prognozirovaniye innovatsionnogo razvitiya predpriyatiy radiopromyshlennosti / A.M. Bat'kovskiy, M.A. Bat'kovskiy, A.P. Merzlyakova // Radiopromyshlennost'. – 2011. – № 3. – S. 32-42
25. Freishanet T.V. Klyuchevaya rol innovatsii dlya ekonomiki Rossii i meri po ih stimulirovaniyu / T.V. Freishanet, E.Yu. Khrustalev // Politematicheskii setevoi elektronnyy nauchnyy jurnal KubGAU. – 2016. – №5. – S. 313-325
26. Bat'kovskiy A.M., Merzlyakova A.P. Otsenka innovatsionnykh strategiy

predpriyatiya // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. – 2011. – № 7. – S. 10-17

27. Kuprin I.L. Konceptualnie osnovi formirovaniya perspektivnih strategii innovacionnogo razvitiya visokotehnologichnih kompleksov / I.L. Kuprin, I.P. Tihonov, O.E. Khrustalev // Nacionalnie interesi: prioriteti i bezopasnost. – 2013. – №16. – S. 19-24