

СУЩНОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

THE ESSENCE OF GENETIC ALGORITHMS AND THEIR APPLICATION IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT IN ORGANIZATIONS

A. Oshkin
V. Pavlov

Summary. In the modern conditions of functioning of economic systems, problems caused by a high degree of uncertainty and turbulence of the external environment are of particular relevance. Multicriteriaity of management decisions, caused by a variety of possible vectors of development of organizations, is complicated by incompleteness of information flows, presence of errors in data and inconsistency of initial parameters. These factors significantly limit the effectiveness of traditional methods of optimization of business processes. In these conditions, genetic algorithms demonstrate high potential as a tool for solving multifactorial management problems, which helps to maximize the effectiveness of management decisions in dynamic economic systems. The essence of genetic algorithms is analyzed, various interpretations and definitions are considered. The features and advantages of using this technique in the field of business process management in organizations are considered. The features of the application of genetic algorithms in the financial management of an organization, as well as the determinants of the popularization of this method in various organizations are considered.

Keywords: genetic algorithm, population, individual, chromosome, gene, evolution, operator, business process, financial management.

Ошкин Андрей Владимирович

Аспирант,

Московский финансово-юридический университет

Andrey.OshkinVL@yandex.ru

Павлов Валерий Анатольевич

кандидат экономических наук, доцент,

Московский финансово-юридический университет

29359332@s.mfua.ru

Аннотация. В современных условиях функционирования экономических систем особую актуальность приобретают проблемы, обусловленные высокой степенью неопределенности и турбулентности внешней среды. Многокритериальность управленческих решений, вызванная разнообразием возможных векторов развития организаций, осложняется неполнотой информационных потоков, наличием погрешностей в данных и противоречивостью исходных параметров. Данные факторы существенно ограничивают эффективность применения традиционных методов оптимизации бизнес-процессов. В этих условиях генетические алгоритмы демонстрируют высокий потенциал как инструмент решения многофакторных задач управления, что способствует максимизации эффективности управленческих решений в динамических экономических системах. Проанализирована сущность генетических алгоритмов, рассмотрены разные толкования и дефиниции. Рассмотрены особенности и преимущества применения данной методики в сфере управления бизнес-процессами в организациях. Рассмотрены особенности применения генетических алгоритмов в управлении финансами организации, а также детерминанты популяризации данного метода в различных организациях.

Ключевые слова: генетический алгоритм, популяция, особь, хромосома, ген, эволюция, оператор, бизнес-процесс, финансовое управление.

Генетические алгоритмы, методическая основа которых позаимствована из процессов эволюции и естественного отбора в природе, играют важную роль в повышении производительности при решении сложных задач в разнообразных дисциплинах, в том числе в области биоинформатики, инженерии и даже экономики. Эти уникальные методы выделяются своей способностью эффективно находить наилучшие решения для сложных задач. Эпоха развития генетических алгоритмов наступила в 1960-е гг., когда происходили значительные изменения в социальной, экономической, технологической и интеллектуальной сферах. В это время не только проводились теоретические исследования, но и создавались необходимые технические условия, которые способствовали появлению и прогрессу генетических алгоритмов [5].

В основе генетических алгоритмов лежат принципы, вытекающие из теории эволюции, которая, в свою очередь, прошла длительный путь развития и получила эмпирическое подтверждение через идеи о непостоянстве природного мира. Эти идеи были впервые артикулированы античными философами, в числе которых выделяются Гераклит, Эмпедокл, Демокрит, и Лукреций. Они предполагали, что органические формы подвержены изменениям и трансформациям, что приводит к возникновению новых видов на основе уже существующих [12]. Эти начальные представления нашли свое развитие в работах первопроходцев в области изучения эволюции, среди которых были Р. Гук, Э. Дарвин (предок Чарльза Дарвина), Д. Дидро, Ж.Л. Бюффон, Э.Ж. Сент-Илер, К.Ф. Рулье и Ж.Б. Ламарк. Однако, именно с публикацией в 1859 году работы Чарльза Дарвина «О происхождении

видов», теория эволюции обрела широкое признание и популярность, что в дальнейшем положило начало разработке генетических алгоритмов, которые строятся на основе эволюционных принципов, подразумевая наличие механизмов естественного отбора и вариации, способствующих оптимизации и адаптации [11]. Для выявления особенностей применения данного метода рассмотрим мнения разных авторов в отношении толкования понятия «генетические алгоритмы». Соответствующее исследование представлено в таблице 1.

Согласно таблице 1, разные исследователи различным образом подходят к определению сущности методики, основанной на генетических алгоритмах, преимуще-

ственно выделяя аспектные характеристики. При этом общее рассмотрение всех представленных дефиниции позволяет сформировать комплексный подход к определению сущности метода, его специфики. Прежде чем сформулировать уточненное толкование содержания понятия «генетические алгоритмы», рассмотрим мнения авторов научных исследований и публикации по исследуемой тематике.

А.С. Ткаченко [13] акцентирует внимание на том, что генетические алгоритмы относят к области мягких вычислений. Этот инновационный метод включает в себя объединение различных передовых технологий, среди которых нечеткая логика, искусственные нейронные

Таблица 1.

Анализ толкований понятия «генетические алгоритмы»

Автор/ источник	Содержание определения	Комментарии
1	2	3
А.С. Ткаченко [13]	Генетические алгоритмы относят к области мягких вычислений. Этот инновационный метод включает в себя объединение различных передовых технологий, среди которых нечеткая логика, искусственные нейронные сети, вероятностные алгоритмы, а также эволюционные и генетические алгоритмы. Эти технологии отличались гибкостью применения, как в комбинации, так и по отдельности, для разработки сложных интеллектуальных систем. В этом контексте, генетические алгоритмы выделялись, подчеркивая ценность совмещения разнообразных подходов для достижения прогресса в области мягких вычислений и создания эффективных интегрированных решений.	Данный подход отражает одно из свойств данного метода — мягкость вычислений. При этом не отражает механизм действия, особенности метода, его целевую характеристику.
Ш.Р. Давронов [4]	Генетический алгоритм — это алгоритм, скопированный из процессов естественного отбора и известен как генетический, принадлежащий к семейству эволюционных техник. Его принципы укоренены в понимании, что выживание возможно только для наиболее адаптированных.	В данном случае автор описывает особенности методики, ее отличие от других, но при этом не рассматривает механизм действия, сферы применения, особенности целевого аспекта.
Т.В. Панченко [9]	В области оптимизационных задач наблюдается растущая тенденция применения генетических алгоритмов. Эти методы уникальны тем, что они могут быть настроены для удовлетворения конкретных потребностей любой задачи, черпая вдохновение из генетического наследования и естественного отбора, процессов, присущих биологии. В своей работе генетические алгоритмы не только занимаются заимствованием биологической терминологии, но также эффективно применяют ключевые аспекты линейной алгебры в их упрощенной версии	Данное определение отражает особенности методики, ее связь с естественными процессами в природе, а также универсальность применения. При этом автор не уточняет механизм применения и особенности использования в рамках решения конкретных задач
А.С. Бровкина, С.В. Пальмов [2]	Главная цель, которую преследует генетический алгоритм, заключается в поиске оптимального решения, соответствующего установленным требованиям специфической задачи, что делает его представителем эвристических подходов	Авторы рассматривают целевой аспект применения методики, ее эвристическую природу. При этом не выделяют механизм, особенности и сферы его применения
М.А. Шукин [14]	Целью, которую преследуют генетические алгоритмы, является преобразование изначального множества неидеальных ответов в коллекцию оптимальных решений. Для достижения этой цели применяются уникальные методы, характерные только для генетических алгоритмов. Эти алгоритмы стремятся найти наилучшие решения для специфических заданий или проблем, используя имеющиеся данные, благодаря своему специализированному функционалу.	Следует уточнить, что целью метода является поиск наилучшего решения среди полученных в рамках конечной популяции. Кроме того, автор не рассматривает механизм и не выделяет особенности метода, его отличие от других оптимизационных методов.

Автор/ источник	Содержание определения	Комментарии
1	2	3
А.А. Мицель [8]	Генетические алгоритмы, относящиеся к обширному семейству эволюционных алгоритмов, представляют собой передовые методы адаптации, используемые для выявления высококачественных ответов на проблемы оптимизации и поиска. Они уникальны тем, что вдохновлены механизмами естественного отбора, применяя принцип «выживания наиболее подходящего» к ряду поколений для идентификации наилучших решений. Эти методы отличаются использованием интеллектуальных стратегий случайного поиска, усиленных обзором исторических данных, и направлены на фокусировку усилий в зонах с потенциально высокой эффективностью.	Автор описывает особенности метода, первичный образец их формирования и действия, при этом не отражены условия применения метода, сферы и эффективность его применения.
О.А. Мелихова [7]	Генетический алгоритм — это один из методов создания искусственного интеллекта и, равно как и искусственные нейронные сети, лежит в основе биологического подхода к моделированию ИИ	Авторы отражают общий принцип формирования искусственного интеллекта на основе данной методики. При этом не рассматривается сама суть методики, механизм действия, целевой аспект, сферы применения.
К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова [10]	Генетический алгоритм является частью широкого спектра самообучающихся методик. Этот подход позволяет ему выполнять функции, схожие с теми, что применяются в области машинного обучения, включая способность к адаптации и переработке данных. В основе машинного обучения лежит идея, что искусственный интеллект может развиваться, погружаясь в изучение уже известных решений похожих задач. Это обеспечивает его способность к решению новых задач на основе накопленных знаний, даже если он с такими задачами ранее не сталкивался.	

Источник: составлено автором на основе представленных источников

сети, вероятностные алгоритмы, а также эволюционные и генетические алгоритмы. Эти технологии отличались гибкостью применения, как в комбинации, так и по отдельности, для разработки сложных интеллектуальных систем. В этом контексте, генетические алгоритмы выделялись, подчеркивая ценность совмещения разнообразных подходов для достижения прогресса в области мягких вычислений и создания эффективных интегрированных решений. Данный подход отражает одно из свойств данного метода — мягкость вычислений. При этом не отражает механизм действия, особенности метода, его целевую характеристику.

Ш.Р. Давронов [4] выделяет аспект первичного заимствования методики из природных процессов. По его мнению, генетический алгоритм — это алгоритм, скопированный из процессов естественного отбора и известен как генетический, принадлежащий к семейству эволюционных техник. Его принципы укоренены в понимании, что выживание возможно только для наиболее адаптированных. В данном случае автор описывает особенности методики, ее отличие от других, но при этом не рассматривает механизм действия, сферы применения, особенности целевого аспекта.

Т.В. Панченко [9] отмечает, что в области оптимизационных задач наблюдается растущая тенденция применения генетических алгоритмов. Эти методы уникальны тем, что они могут быть настроены для удовлетворения

конкретных потребностей любой задачи, черпая вдохновение из генетического наследования и естественного отбора, процессов, присущих биологии. В своей работе генетические алгоритмы не только занимаются заимствованием биологической терминологии, но также эффективно применяют ключевые аспекты линейной алгебры в их упрощенной версии. Данное определение отражает особенности методики, ее связь с естественными процессами в природе, а также универсальность применения. При этом автор не уточняет механизм применения и особенности использования в рамках решения конкретных задач.

Согласно исследованиям А.С. Бровкиной и С.В. Пальмова [2], генетический алгоритм направлен на поиск наилучшего решения, удовлетворяющего всем условиям поставленной задачи. Эта особенность относит его к классу эвристических методов, которые фокусируются на достижении оптимального результата. В данном случае исследователи определяют целевой аспект применения методики, при этом не отражают цельность категории, не выделяют механизм, особенности и сферы применения генетического алгоритма.

По мнению М.А. Шукина [14], целью, которую преследуют генетические алгоритмы, является преобразование изначального множества неидеальных ответов в коллекцию оптимальных решений. Для достижения этой цели применяются уникальные методы, характерные только

для генетических алгоритмов. Эти алгоритмы стремятся найти наилучшие решения для специфических заданий или проблем, используя имеющиеся данные, благодаря своему специализированному функционалу. Следует уточнить, что целью метода является поиск наилучшего решения среди полученных в рамках конечной популяции. Кроме того, автор не рассматривает механизм и не выделяет особенности метода, его отличие от других оптимизационных методов.

А.А. Мицель [8] считает, что генетические алгоритмы, относящиеся к обширному семейству эволюционных алгоритмов, представляют собой передовые методы адаптации, используемые для выявления высококачественных ответов на проблемы оптимизации и поиска. Они уникальны тем, что вдохновлены механизмами естественного отбора, применяя принцип «выживания наиболее подходящего» к ряду поколений для идентификации наилучших решений. Эти методы отличаются использованием интеллектуальных стратегий случайного поиска, усиленных обзором исторических данных, и направлены на фокусировку усилий в зонах с потенциально высокой эффективностью. Автор описывает особенности метода, первичный образец их формирования и действия, при этом не отражены условия применения метода, сферы и эффективность его применения.

По мнению О.А. Мелиховой [7], генетический алгоритм — это один из методов создания искусственного интеллекта и, равно как и искусственные нейронные сети, лежит в основе биологического подхода к моделированию искусственного интеллекта. К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова [10] добавляют, что генетический алгоритм является частью широкого спектра самообучающихся методик. Этот подход позволяет ему выполнять функции, схожие с теми, что применяются в области машинного обучения, включая способность к адаптации и переработке данных. В основе машинного обучения лежит идея, что искусственный интеллект может развиваться, погружаясь в изучение уже известных решений похожих задач. Это обеспечивает его способность к решению новых задач на основе накопленных знаний, даже если он с такими задачами ранее не сталкивался. Авторы отражают общий принцип формирования искусственного интеллекта на основе данной методики. При этом не рассматривается ее суть, механизм действия, целевой аспект, сферы применения.

Таким образом, в результате проведенного критического анализа дефиниций сформулируем уточненное определение исследуемого понятия: по нашему мнению, генетические алгоритмы — это методика поиска наилуч-

Таблица 2.

Основные понятия, используемые в рамках методике генетических алгоритмов

Понятие	Значение	Применение в сфере управления бизнес-процессами в организациях
1	2	3
Популяция	Популяция P_t	Это набор исходных и модифицированных решений в бизнес-процессах, либо вариации действий для каждого конкретного бизнес-процесса и этапа
Особь или хромосома	Элементы, из которых состоят популяции: $P^t = \{P_1, P_2, \dots, P_p, \dots, P_{N_p}\}$ есть множество элементов $P_p, t = 0, 1, 2, \dots$, — номер генерации генетического алгоритма, N_p — размер популяции	Конкретное решение в рамках исходных (родители) либо модифицированных решений (родители и дети)
Гены	Элементы, из которых состоят особи, хромосомы $P^t = \{g^1, g^2, \dots, g^n\}$	Элемент варианта, решения (например, выбор материалов, места реализации проекта, состава исполнителей и т.д.)
Лocus	Позиция в хромосоме	Определяет обозначение (нумерацию) решения
Аллель	Функциональное значение гена	Функция элемента варианта, решения
Родители, дети	Это особи (хромосомы): родители — исходные вариации, дети — вариации, получаемые в результате скрещивания	Это исходные либо полученные в результате скрещивания варианты, решения
Эволюция популяции	Это чередование поколений (популяций) с целью формирования популяции, наиболее приспособленной к внешней среде, то есть системы наилучших вариаций	Отбор наилучших решений
Оператор	Это инструменты выполнения генетического алгоритма: скрещивания, образования новых популяций	Определяет варианты скрещивания, например, посредством замены одного либо нескольких элементов варианта, решения

Источник: составлено автором на основе источника: [3]

шего варианта, решения, способствующего наиболее эффективному достижению цели в рамках процесса, задачи, проекта, основанному на применении природных механизмов эволюции и естественного отбора и их совершенствовании посредством расширения вариаций формирования потомков и проработки каждого возможного варианта популяции с целью получения наилучшего решения среди полученных в рамках конечной популяции. Методика лежит в основе формирования и развития искусственного интеллекта и его применения в разных сферах деятельности.

Прежде чем рассмотреть особенности применения генетических алгоритмов в сфере управления бизнес-процессами в организациях, выделим основные понятия, используемые в рамках методики. Соответствующие данные представлены в таблице 2.

Результаты, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что использование системы обозначений, отражающей естественные природные процессы, способствует более глубокому пониманию методологического принципа, а также расширяет возможности её практического применения в рамках искусственно формируемых систем и задач. При этом следует уточнить содержание и функционал оператора. В условиях природы варианты скрещивания ограничены, что обусловлено особенностями хромосомных строений и природных процессов. В условиях искусственного применения алгоритма, например, для решения задач в рамках экономических систем и бизнес-процессов варианты скрещиваний определяются целями и задачами конкретного процесса.

Рассмотрим механизм действия генетического алгоритма (рисунок 1).

Согласно рисунку 1, механизм действия исследуемой методики состоит в реализации алгоритма по формированию популяций. Представленная схема является циклом формирования каждой следующей популяции, которая будет лучше предыдущей. Важным аспектом в системе реализации данного алгоритма является определение фитнес-функции особей в популяции, которая представляет собой уровень приспособленности особи к внешней среде. В бизнес-процессах это означает уровень соответствия варианта, решения, действия целям и задачам, наилучшей реализации процессов. Важным инструментом в системе оценки уровня приспособляемости является ранжирование особей по данному критерию. Сокращение расширенной популяции до исходного размера предполагает, что полученная в результате скрещивания популяция, состоящая из родителей и детей должна быть сокращена посредством исключения наименее жизнеспособных особей, то есть наименее соответствующих целям и задачам вариантов, действий, проектов и т.д. в бизнес-среде.



Рис. 1. Механизм действия генетического алгоритма
 Источник: Составлено автором на основе источников: [1], [15]

Рассмотрим пример применения генетических алгоритмов в бизнес-среде. Основу деятельности хозяйствующего субъекта составляют бизнес-процессы. Бизнес-структуры строятся на основе взаимосвязанных элементов, формирующих их основу. Эти элементы, отличающиеся в рамках отраслевой специфики, направлены на развитие и улучшение производственных мощностей, внедрение инноваций и повышение технологической эффективности, в том числе и привлекательности для инвесторов. Главная цель этих усилий — увеличение производительности компаний, снижение затрат и улучшение качества продукции. Основными элементами бизнес-процесса являются: ресурсы, технология, управляющая и исполняющая системы и продукт (результат) (рисунок 2). Управлять бизнес-процессом — значит обеспечить реализацию варианта, обеспечивающего наилучший результат. Качество бизнес-процесса может определяться скоростью его реализации и конкретными целевыми параметрами продукта (результата).

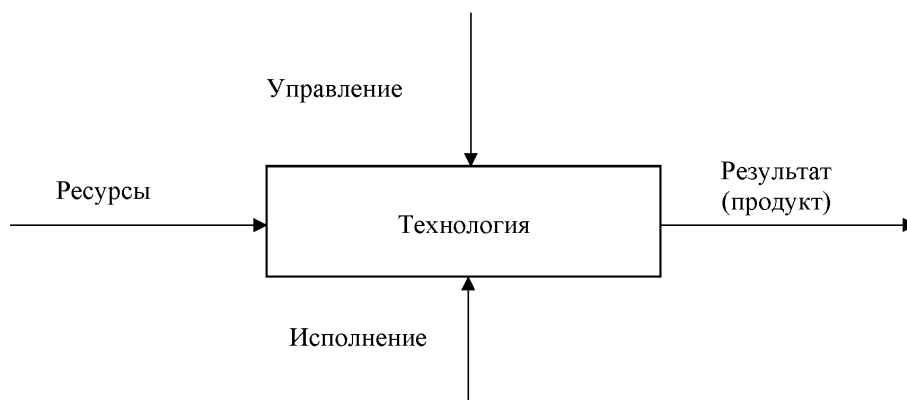


Рис. 2. Структура бизнес-процесса

Источник: составлено автором

Одним из важнейших бизнес-процессов организации является управление финансами [6]. Для данного бизнес-процесса также характерно наличие входов и выходов, технологии, управляющей и исполняющей систем. Одним из направлений финансового управления организации является размещение свободных денежных средств с целью получения дохода. Ресурсами процесса являются свободные денежные ресурсы, информация о возможном размещении средств, информационные ресурсы и системы, с помощью которых будут размещаться средства. Технология — вариант размещения денежных средств. Управляющая система — определяет вариант размещения, исполняющая система — выполняет выбранный алгоритм. Результатом является объем полученной прибыли от размещения свободных денежных средств в установленный период времени.

С помощью генетических алгоритмов в данном случае можно определить технологию бизнес-процесса, то есть вариант размещения денежных средств. Определим элементы генетического алгоритма для данной ситуации. Соответствующая информация представлена в таблице 3.

Согласно таблице 3, для выделенного бизнес-процесса популяцией является набор вариантов размещения денежных средств. Особь, или хромосома — это конкретный вариант размещения денежных средств (в один или несколько продуктов), гены — это продукт размещения денежных средств. Родители — исходные варианты размещения (как правило, моно-вариации с одним продуктом), дети — модифицированные варианты размещения денежных средств. Эволюцией будет являться отбор наилучших решений. С помощью операторов скрещивания будут осуществляться в соответствии с параметрами: объем свободных денежных средств, срок размещения, максимальный уровень риска в денежном выражении. Конечной популяцией станет набор вариантов с наибольшим уровнем доходности. В конечной популяции будет выбрано наибольшее значение, которое и определит технологию бизнес-процесса.

Таблица 3.

Элементы генетического алгоритма для управления бизнес-процессом — управление финансами организации

Наименование элемента	Содержание элемента для бизнес-процесса
Популяция	Набор вариантов размещения денежных средств
Особь или хромосома	Конкретный вариант размещения денежных средств (несколько продуктов)
Гены	Продукт размещения денежных средств
Родители, дети	Родители — исходные продукты размещения денежных средств; Дети — модифицированные варианты размещения денежных средств
Эволюция популяции	Отбор наилучших решений
Оператор	Подбор вариантов с учетом заданных параметров: — объем свободных денежных средств; — срок размещения; — максимальный уровень риска (в денежном выражении)

Источник: составлено автором

Преимущества данного метода в системе управления бизнес-процессами организации заключаются в простоте и понятности механизма реализации. С другой стороны, трудоемкость процесса требует применения программного средства. Такой ресурс должен справляться не только с конкретными задачами в системе управления, но и обладать универсальным механизмом, что позволит эффективно применять его в бизнес-среде. Для обеспечения широты использования данного метода разными хозяйствующими структурами требуется создание простого интерфейса с понятным вводом данных, результат должен быть представлен в локальной форме в виде конкретного решения (рисунок 3).

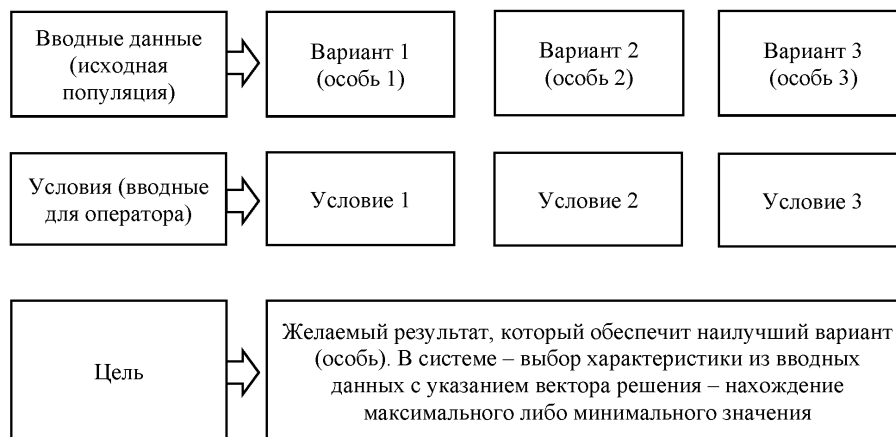


Рис. 3. Интерфейс программного средства для ввода данных с целью решения задачи управления бизнес-процессами с применением генетических алгоритмов

Источник: составлено автором

Формирование универсального программного средства с понятным интерфейсом обеспечит широкое применение методов на основе генетических алгоритмов в системе управления организациями, в том числе малыми и средними предприятиями. Это, в свою очередь, обеспечит повышение качества управления в бизнес-среде, снижение себестоимости, повышение доступности продукции на рынке, а также устойчивость малых предприятий в условиях рынка за счет разработки быстрых и качественных управленческих решений.

Таким образом, стратегия использования генетических алгоритмов заключается в их применении для оптимизации, целью которой является идентификация наиболее эффективного решения или подхода, способствующего улучшению достижения целей в различных проектах и заданиях. В основе этого метода лежит меха-

низм процессов натурального отбора и эволюции, при этом особенностью является его способность к усовершенствованию этих процессов путем создания разнообразия в потомстве и детального рассмотрения каждой альтернативы в популяции для определения наиболее подходящего исхода. Важность этой техники особенно заметна в развитии и создании искусственного интеллекта. Разработка инструмента с интуитивно понятным интерфейсом для использования генетических алгоритмов в менеджменте может кардинально изменить подход к управлению как в крупных, так и в малых и средних компаниях. Это приведет к улучшению общего уровня управления в бизнесе, сокращению издержек, увеличению конкурентоспособности продукции и, как следствие, к более высокой адаптации малого бизнеса к рыночным условиям благодаря способности оперативно и эффективно принимать управленческие решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова Л.В., Сагаева И.Д. Генетические алгоритмы и задачи актуарной математики: учебно-методическое пособие. Саратов: СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2015. 30 с.
2. Бровкина А.С., Пальмов С.В. Основные возможности генетических алгоритмов // Форум молодых ученых. 2018. №5-1 (21). С. 597–600.
3. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы / Под ред. В.М. Курейчика. 2-е изд., исправл. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 368 с.
4. Давронов, Ш. Р. Обзор современных генетических алгоритмов и их применение на практике / Ш. Р. Давронов // Молодой ученый. 2023. №36 (483). С. 15–18.
5. Клуб Е.А. Алгоритмы оптимизации, вдохновленные биологическими процессами и эволюцией // Современные инновации. 2018. №1 (23). С. 30–32.
6. Лукьянов Р.В. Управление финансами как бизнес-процесс и способы обеспечения его непрерывности // Вестник науки. 2023. №5 (62). С. 43–47.
7. Мелихова О.А. Применение генетических алгоритмов для построения систем искусственного интеллекта // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №7 (144). С. 53–58.
8. Мицель А.А. Эвристические методы оптимизации: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. 2022. 73 с.
9. Сердюков К.Е. Исследование возможностей генетического алгоритма для извлечения релевантных прецедентов в системах поддержки принятия решений / К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Сборник трудов III международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2017). Самара: Новая техника, 2017. С. 1864–1870.
10. Сойфер В.Н. Чарлз Дарвин и эволюционная теория // Наука из первых рук. 2010. №4 (34). С. 86–101.
11. Степанов К.А. История возникновения генетических алгоритмов // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2015. №2. С. 29–32.
12. Ткаченко А.С. Генетические алгоритмы как интеллектуальный метод стабилизации для системы визуального контроля БПЛА // Вестник науки. 2024. Том 4. №6 (75). С. 1388–1397.
13. Щукин М.А. Генетические алгоритмы как метод решения математических задач // Вестник УРАО. 2014. №5. С. 168–172.
14. Chengxiong Zhou, Lean Yu, Tao Huang, Shouyang Wang, Kin Keung Lai. Selecting Valuable Stock Using Genetic Algorithm // Conference: Simulated Evolution and Learning, 6th International Conference, SEAL 2006, Hefei, China, October 15–18, 2006, Proceedings. DOI:10.1007/11903697_87.

© Ошкин Андрей Владимирович (Andrey.OshkinVL@yandex.ru); Павлов Валерий Анатольевич (29359332@s.mfu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»