

УДК 004.942:656.615

В. А. РЫБАК, ШОКР АХМАД

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Белорусский национальный технический университет

В статье приводятся результаты аналитического обзора и сравнения наиболее распространённых технологий поддержки принятия управленческих решений: метод анализа иерархий, нейронные сети, теория нечётких множеств, генетические алгоритмы и нейро-нечёткое моделирование. Указаны достоинства и недостатки данных подходов. Определены сферы их применения. Показано, что метод анализа иерархий хорошо работает при условии полной начальной информации, но в силу необходимости сравнения экспертами альтернатив и выбора критериев оценки обладает высокой долей субъективизма. Для задач прогнозирования в условиях риска и неопределённости обоснованным представляется использование теории нечётких множеств и нейронных сетей. Также рассмотрена технология принятия коллективных решений, применяемая как на всеобщих выборах, так и в группе экспертов. Она позволяет сократить время на согласительные совещания для достижения консенсуса путём предварительного анализа всех мнений, представляемых на плоскости в виде точек. При этом согласованность мнений определяется расстояниями между ними.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, нейронные сети, теория нечётких множеств, генетические алгоритмы, поддержка принятия решений

Введение

В связи с постоянно увеличивающимся объёмом информации, которая циркулирует и используется людьми в различных сферах жизнедеятельности, возрастает роль автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР). При этом в настоящее время нет общепризнанной классификации СППР, как и не существует универсальной системы, способной решить любую задачу.

Хотя сегодня разработаны и обоснованы многие эффективные инструменты для поддержки принятия управленческих решений, остаётся открытым вопрос об их использовании на местах лицами, принимающими решения (ЛПР). Чаще всего решения принимаются без использования СППР, основываясь лишь на опыте ЛПР и его интуиции.

Не претендуя на всеобъемлющее описание существующих СППР, далее будут рассмотрены некоторые известные инструменты, использование которых во многом снижает долю субъективизма при принятии решений, и тем самым повышая их эффективность.

1. Метод анализа иерархий

Так, метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским математиком Томасом

Саати, не даёт ЛПР однозначный ответ, а скорее предоставляет инструмент сравнения и оценивания рассматриваемых альтернатив. Суть данного метода заключается в том, что для выбора наиболее предпочтительного сценария из нескольких имеющихся эксперт (или группа) определяет ряд критериев, по которым в дальнейшем сравниваются попарно исходные альтернативы. При этом оценочная шкала, как правило, состоит из девяти уровней, которые отражают предпочтения от наименьшего до неоспоримого. Результаты сравнения записываются в матрицу A , где значение на пересечении i -ой строки и j -го столбца отражает оценку ЛПР о предпочтительности i -ой альтернативы над j -ой, а элемент $A_{ji} = 1/A_{ij}$. Важность критериев в процессе использования МАИ может либо ранжироваться для выделения наиболее значимых признаков, либо может быть одинаковой.

В результате матричного анализа данный метод позволяет выделить наиболее предпочтительную альтернативу исходя из оценок и значимости критериев, выбранных ЛПР. Схематично процесс использования МАИ представлен на рис. 1 [1].

Несмотря на кажущуюся простоту и линейность данного метода он является доста-

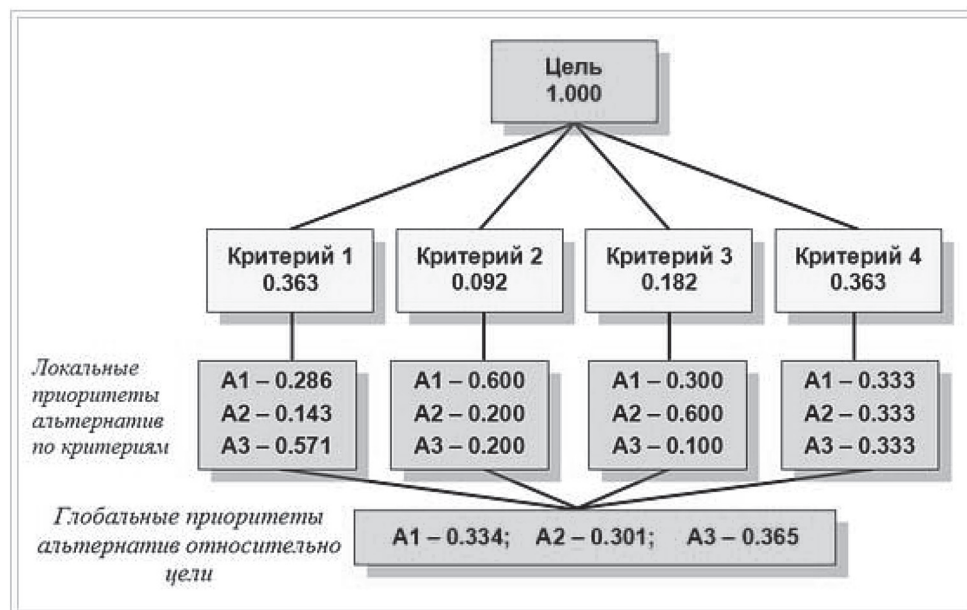


Рис. 1. Схема получения решений МАИ

точно действенным инструментом, и использовался, например, при определении внешней политики США по отношению к Китаю в прошлом веке. Кроме того, около ста китайских университетов предлагают курсы по основам МАИ, и многие соискатели научных степеней выбирают МАИ в качестве объекта научных и диссертационных исследований. Опубликовано более 900 научных статей по данной тематике. Существует китайский научный журнал, специализирующийся в области МАИ. Раз в два года проводится Международный симпозиум, посвященный МАИ (International Symposium on Analytic Hierarchy Process, ISANP), на котором встречаются как ученые, так и практики, работающие с МАИ. В 2007 году симпозиум проходил в Вальпараисо, Чили, где было представлено более 90 докладов ученых из 19 стран, включая США, Германию, Японию, Чили, Малайзию, и Непал [1].

К достоинствам данного метода можно отнести простоту и однозначность получаемых результатов. МАИ можно рекомендовать к применению во многих сферах деятельности, включая государственное управление и ведение бизнеса.

К недостаткам можно отнести условность выполняемых сравнений и выбор критериев. Также данный метод не эффективен для прогнозирования и принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Для преодоления указанных изъянов можно использовать технологию нейро-нечеткого

моделирования (ННМ), объединяющую в себе два элемента искусственного интеллекта – нейронные сети (НС) и теорию нечетких множеств (ТНМ).

2. Нейронные сети

Нейронные сети являются попыткой искусственно воссоздать структуру головного мозга, состоящую из отдельных клеток – нейронов. Выделяют НС с различным количеством входов, выходов и слоев. В упрощенном виде НС можно представить схемой (рис. 2), на которой имеется два входа, один выход и один нейрон [5].

Алгоритм использования НС включает в себя два этапа. На первом, называемом обучением, сеть подстраивается на специально подобранных примерах путем подбора весов связей, чтобы входные сигналы максимально были связаны с выходным по требуемому правилу. Далее, обученная НС используется по назначению.

Применение нейронных сетей особенно эффективно для решения следующего типа задач: распознавание образов, аппроксимация функций, прогнозирование числовых рядов.

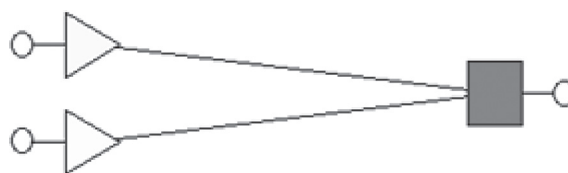


Рис. 2. Структура НС на основе линейной модели

При этом важную роль играет подбор и формирование обучающей выборки, определение количества тренировочных эпох, избегание проблемы переобученности [2].

3. Теория нечетких множеств

Теория нечетких множеств, возникшая на основании трудов Лотфи Заде, предлагает использовать особую логику, когда множество может описывать такие понятия, как «достаточно большое значение», «средний рост», «высокая стоимость» с использованием функций принадлежности. При этом под нечётким множеством A понимается совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества X и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$, причём функция принадлежности (характеристическая функция), указывает в какой степени (мере) элемент x принадлежит нечёткому множеству A .

Над нечеткими множествами возможны ряд операций, подробно описанных в учебниках по искусственному интеллекту, поэтому остановимся подробнее на сфере применения ТНМ.

Для многих приложений, связанных с управлением технологическими процессами, необходимо построение модели рассматриваемого процесса. Знание модели позволяет подобрать соответствующий регулятор (модуль управления). Однако часто построение корректной модели представляет собой трудную задачу, требующую иногда введения различных упрощений. Применение ТНМ для управления технологическими процессами не предполагает знания моделей этих процессов. Следует только сформировать правила поведения в формате нечетких условных суждений типа IF – THEN [3].

При этом в процессе решения большинства прикладных задач регулирования информацию, необходимую для построения и реализации системы управления, можно разделить на две части: численную (количественную), получаемую с измерительных датчиков, и лингвистическую (качественную), поступающую от эксперта. Значительная часть нечетких систем регулирования использует второй вид знаний, чаще всего представляемых в форме базы нечетких правил [8].

В случае, когда возникает необходимость спроектировать нечёткую систему, но в наличии имеются только численные данные, мы

сталкиваемся с серьёзными проблемами. Одним из путей их решения считаются так называемые нейро-нечеткие системы. Они обладают многими достоинствами, однако сдерживающим моментом является длительность наполнения их знаниями в процессе итеративного обучения [3].

4. Нейро-нечеткое моделирование

Реализация нейро-нечеткого моделирования возможна на основе нейронных сетей с добавлением ТНМ. При этом в отличие от классических НС в процессе обучения системы подбираются не веса связей, а нечёткие правила и функции принадлежности. Очевидно, что при этом возникает необходимость в переводе чисел из четкой системы в нечеткую (фазификация) и наоборот (дефазификация).

На рис. 3 представлена структура нейро-нечеткой системы, используемой для прогнозирования числовых рядов [4].

Как видно из рис. 3 данная система имеет кроме входного и выходного слоев дополнительные слои, включая слой нечётких правил. Как показано в [4] данная система, при использовании в качестве инструмента поддержки принятия решений, с меньшей погрешностью по сравнению с другими моделями (линейной и квадратичной регрессией) способна прогнозировать ожидаемые курсы валют. При этом с увеличением количества нечетких правил и нейронов в первом слое увеличивается и точность обучения нейронной сети, однако наращивание числа нейронов упирается в ограничения вычислительных мощностей и время, необходимое для обучения системы. Поэтому обоснованным представляется использование для каждого входного сигнала от трех до семи нейронов во входном слое [4].

К достоинствам нейро-нечеткого моделирования можно отнести возможность использовать лингвистические данные, которыми чаще всего оперируют эксперты. Однако недостатком технологии является необходимость наращивания количества слоев и правил для достижения приемлемой точности, что приводит к дополнительным временным затратам, и требует существенных вычислительных мощностей [2].

5. Генетические алгоритмы

Рассматривая СППР с использованием элементов искусственного интеллекта, необходимо также обсудить генетические алгоритмы

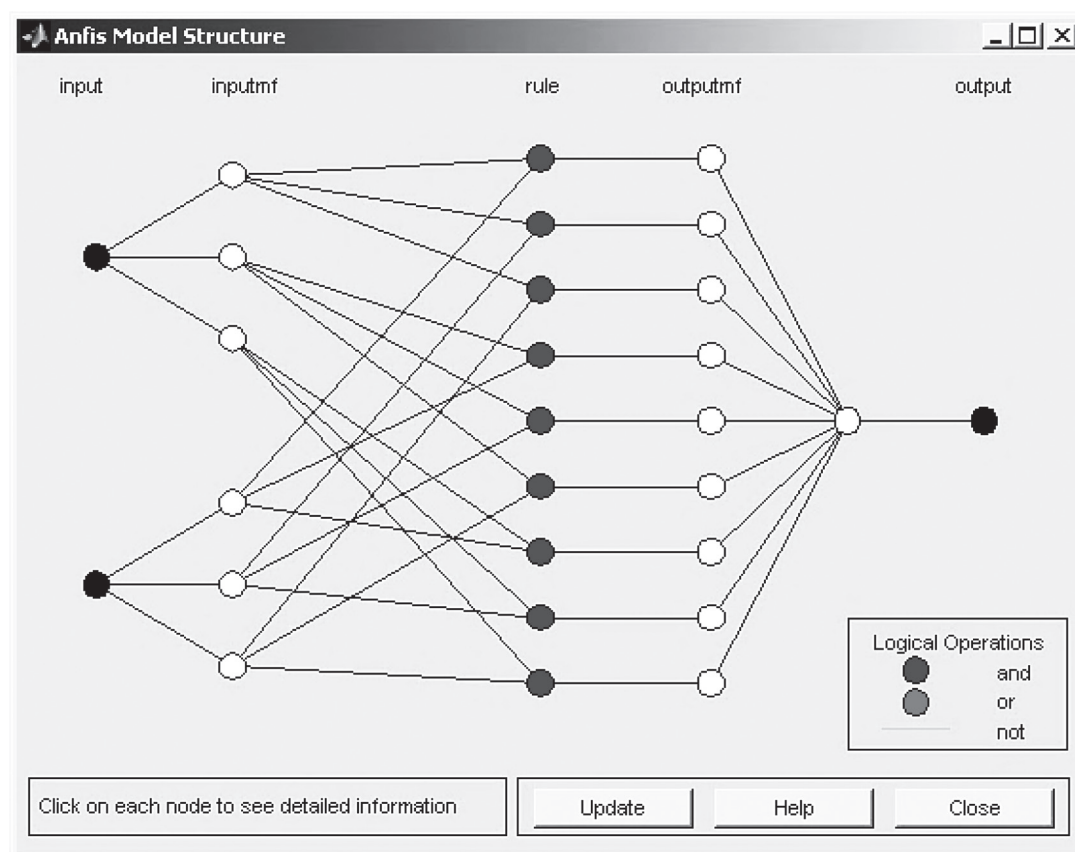


Рис. 3. Структура нейро-нечеткой системы

(ГА), которые как и НС являются технологией, моделирующей естественные процессы в природе. С использованием ГА эффективно решаются задачи оптимизации и нахождения локальных экстремумов.

Генетические алгоритмы – это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. В них используется эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей. Они отличаются от традиционных методов оптимизации несколькими базовыми элементами. В частности, генетические алгоритмы:

- 1) обрабатывают не значения параметров самой задачи, а их закодированную форму;
- 2) осуществляют поиск решения, исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции;
- 3) используют только целевую функцию, а не её производные, либо иную дополнительную информацию;
- 4) применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора.

Перечисленные четыре свойства, которые можно сформулировать также как кодирова-

ние параметров, операции на популяциях, использование минимума информации о задаче и рандомизация операций приводят в результате к устойчивости генетических алгоритмов и к их превосходству над другими широко применяемыми технологиями.

Основной (классический) генетический алгоритм (также называемый элементарным или простым генетическим алгоритмом) состоит из следующих шагов:

- 1) инициализация или выбор исходной популяции хромосом;
- 2) оценка приспособленности хромосом в популяции;
- 3) проверка условия останова алгоритма;
- 4) селекция хромосом;
- 5) применение генетических операторов;
- 6) формирование новой популяции;
- 7) выбор «наилучшей» хромосомы.

Достоинством ГА является то, что с их помощью можно осуществлять поиск по заданным критериям приемлемого, а не единственного оптимального решения в пространстве, ландшафт которого является негладким (содержит несколько экстремумов) [9].

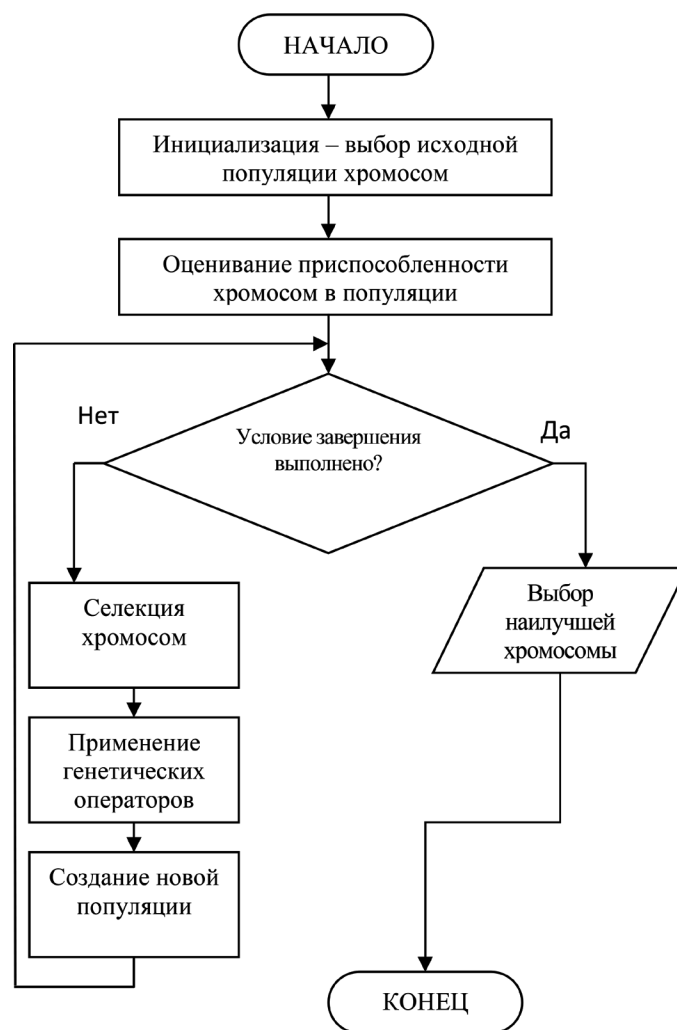


Рис. 4. Блок-схема основного генетического алгоритма

К недостаткам данной технологии можно отнести трудно формализуемую Fitness-функцию, раннюю сходимость алгоритма и погрешность, вызванную вероятностью градиентного спуска именно к локальному, а не глобальному экстремуму.

Рассматривая существующие технологии принятия решений, видится целесообразным обратиться также к механизмам коллективных решений, например, описанным О. И. Ларичевым [6], и берущие своё начало в системах голосования.

Как отмечает автор, существующие уже более 200 лет процедуры выявления победителя на выборах обладают рядом противоречий, выявленных еще Кондорсе и Борда [6]. Систематическое исследование всех возможных систем голосования провел в 1951 г. Кеннет Эрроу из Стенфордского университета [7]. Он поставил вопрос в наиболее общем виде: можно ли создать такую

систему голосования, чтобы она была одновременно рациональной (без противоречий), демократической (один человек – один голос) и решающей (позволяла осуществить выбор)? Вместо попыток изобретения такой системы Эрроу предложил набор требований, аксиом, которым эта система должна удовлетворять. Эти аксиомы были интуитивно понятны, приемлемы с точки зрения здравого смысла и допускали математическое выражение в виде некоторых условий.

Определив пять аксиом – желательных свойств системы голосования, Эрроу доказал, что системы, удовлетворяющие этим аксиомам, обладают недопустимым с точки зрения демократических свобод недостатком: каждая из них является правилом диктатора – личности, навязывающей всем остальным избирателям свои предпочтения [6].

Для перенесения опыта и улучшения метода выявления предпочтений из сферы всеоб-

щего голосования в сферу группового принятия решений, О. И. Ларичев предлагает следующую технологию, состоящую из трех основных этапов: определение списка критериев, разработка шкал оценки по критериям, сбор информации. При этом объекты и члены группы представляются на плоскости точками, расстояние между которыми отражает степень согласия (совпадение мнений).

Заключение

Таким образом, рассмотренные выше технологии поддержки принятия решений позволяют использовать математический аппарат и элементы искусственного интеллекта для

нахождения оптимального решения, отвечающего заданным характеристикам.

Результаты выполненного анализа будут использованы в рамках диссертационного исследования по разработке системы поддержки принятия управленческих решений для обработки параметров инновационных проектов, выполняемого авторами. В частности планируется разработать и реализовать автоматизированную систему, позволяющую в рамках ограниченности финансирования оценивать и выбирать наиболее эффективные инновационные проекты с точки зрения обоснованных эколого-экономических показателей и указывать пути повышения экологичности посредством реализации предлагаемых мероприятий [10].

Литература

1. **Метод** анализа иерархий [Электронный ресурс] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_анализа_иерархий (дата обращения: 12.07.2016).
2. **Рыбак, В. А.** Методы принятия решений в экологии / В. А. Рыбак. – GmbH, 2014. – 367 с.
3. **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
4. **Рыбак, В. А.** Интеллектуальная поддержка принятия решений на рынке Форекс / В. А. Рыбак, Х. М. Сулайман // Информатика. – 2014. – № 4(44). – С. 52–58.
5. **Рыбак, В. А.** Методологические основы принятия решений для управления природоохранной деятельностью / В. А. Рыбак. – Мн.: РИВШ, 2009. – 274 с.
6. **Ларичев, О. И.** Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – М., 2000. – 296 с.
7. **Arrow K. J.** Social Choice and individual values. N. Y.: Wiley, 1951.
8. **Рыбак, В. А.** Использование теории нечетких множеств для оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий / В. А. Рыбак // Инженерный вестник. – 2010. – № 1. – С. 86–93.
9. **Рыбак, В. А.** Применение генетических алгоритмов для решения задач оптимизации качества окружающей среды / В. А. Рыбак // Системный анализ и прикладная информатика. – 2015. – № 2. – С. 65–70.
10. **Войтов, И. В.** Научно-методические основы анализа и оценок технологического прогнозирования развития новых высокотехнологичных промышленных производств: монография / И. В. Войтов, М. А. Гатих, В. А. Рыбак. – Мн., 2015. – 532 с.

References

1. **Method** of analyze of hierarchy [Electronic resource] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Method_of_analyze_of_hierarchy (data access: 12.07.2016).
2. **Rybak, V. A.** Method of decision in ecology / V. A. Rybak. – GmbH, 2014. – 367 s.
3. **Rutkovskaja, D.** Neuronal nets, genetic algorithm and fuzzy systems: Per. s pol'sk. / D. Rutkovskaja, M. Piliń'skij, L. Rutkovskij. – М.: Gorjachaja linija – Telekom, 2006. – 452 s.
4. **Rybak, V. A.** Intelligent decision support system on the market Forex / V. A. Rybak, H. M. Sulajman // Informatics. – 2014. – № 4(44). – S. 52–58.
5. **Rybak, V. A.** Methodological base of decision in environmental protection / V. A. Rybak. – Мн.: RIVSh, 2009. – 274 s.
6. **Larichev, O. I.** Theory and methods of decisions / O. I. Larichev. – М., 2000. – 296 s.
7. **Arrow K. J.** Social Choice and individual values. N. Y.: Wiley, 1951.
8. **Rybak, V. A.** Using of fuzzy sets theory for estimation of ecological and economic effectiveness of environmental protection / V. A. Rybak // Inzhenernyj vestnik. – 2010. – № 1. – S.86–93.
9. **Rybak, V. A.** Using of genetic algorithms for solving of tasks of optimization of quality environmental / V. A. Rybak // System analysis and applied information science. – 2015. – № 2. – S. 65–70.
10. **Vojtov, I. V.** Scientific-methodologically base of analyze and estimation technological forecasting of development of new industrial projects: monographic / I. V. Vojtov, M. A. Gatih, V. A. Rybak. – Мн., 2015. – 532 s.

Поступила
13.07.2016

После доработки
22.07.2016

Принята к печати
15.09.2016

Rybak V. A., Shokr Ahmad

ANALYSIS AND COMPARISON OF EXISTING DECISION SUPPORT TECHNOLOGY

Belarusian National Technical University

The article presents the results of an analytical review and comparison of the most common managerial decision support technologies: the analytic hierarchy method, neural networks, fuzzy set theory, genetic algorithms and neural-fuzzy modeling. The advantages and disadvantages of these approaches are shown. Determine the scope of their application. It is shown that the hierarchy analysis method works well with the full initial information, but due to the need for expert comparison of alternatives and the selection of evaluation criteria has a high proportion of subjectivity. For problems in the conditions of risk and uncertainty prediction seems reasonable use of the theory of fuzzy sets and neural networks. It is also considered technology collective decision applied both in the general election, and the group of experts. It reduces the time for conciliation meetings to reach a consensus by the preliminary analysis of all views submitted for the plane in the form of points. At the same time the consistency of opinion is determined by the distance between them.

Keywords: *hierarchy analysis method, neural networks, fuzzy set theory, genetic algorithms, decision support systems*



Рыбак Виктор Александрович – доцент кафедры «Информационных систем и технологий», кандидат технических наук, Минск, 220013, Беларусь, ул. Ф. Скорины, 25/3, БНТУ, тел.+ 375 29 677 43 38;

Rybak V. A. Research interests: decision support systems including artificial intelligence. e-mail: 6774338@tut.by



Шокр Ахмад – аспирант кафедры «Информационных систем и технологий», Минск, 220114, Беларусь, ул. Ф. Скорины 25/3, учебный корпус 20, БНТУ,

Shokr Ahmad. Research interests: decision support system for industrial projects